“ESTRUCTURACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN OBRAS HIDRÁULICAS SISTEMA DE ACUEDUCTO MUNICIPIO DE LA ESPERANZA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.”

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

EDGAR VILLEGAS PALLARES
INGENIERO CIVIL
ESPECIALISTA EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL
MP. 54202136467 NTS

ENERO DE 2026

CONTENIDO

PÁGINA

1. ALCANCE DEL ESTUDIO 10

1.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA. 11
1.1.1 Con registros de caudal en el sitio de interés. 11
1.1.2 Con registros de caudal en la misma corriente, pero no en el sitio de interés: transposición de datos de caudal 12
1.1.3 Con registros de caudal en la misma cuenca, pero no en el sitio de interés: análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales. 13
1.1.4 Sin registros de caudal: modelos lluvia escorrentía. 14

1.2 METODOLOGÍA PARA LOS CÁLCULOS HIDROLÓGICOS 14

2. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS 15

2.1 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS. 15

2.2 DELIMITACIÓN DE LA RED HÍDRICA. 15
2.2.1 Clasificación del cauce 15

2.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS. 16
2.3.1 Áreas de drenaje de estaciones limnigráficas y captaciones. 16
2.3.2 Índice de compacidad (Rio San Pablo y Quebrada El Caraño) 22

2.4 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS. 22
2.4.1 Precipitación. 23

2.5 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. 25

3. CAUDALES MÁXIMOS EN LA ZONA DE ESTUDIO RIO SAN PABLO 27

3.1. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN EL HOYO [23197410]. 27
3.1.1 Pruebas estadísticas. 28
3.1.1 Por distribución normal 32
3.1.2 Por distribución Gumbell 32
3.1.3 Por distribución Log Pearson tipo III 33
3.1.4 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov 34
3.1.5 Caudal Tr100 rio San Alberto. Estación limnigráfica El Hoyo. 39

3.2. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN: LA CABAÑA – AUT [16057030] 41
3.2.1 Pruebas estadísticas. 42
3.2.1 Por distribución normal 46

3.2.2 Por distribución Gumbell..... 47
3.2.3 Por distribución log Pearson tipo III..... 48
3.2.4 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov 49
3.2.5. Caudal Tr100 rio Algodonal. Estación limnigráfica La Cabaña - Aut. 55

3.3. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN LAS VEGAS [16057010] 56
3.3.1 Pruebas estadísticas..... 58
4.3.2 Por distribución normal..... 61
3.3.3 Por distribución Gumbell..... 62
3.3.4 Por distribución log Pearson tipo III..... 63
3.3.5 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov. 64
3.3.6. Caudal Tr100 rio Frio. Estación limnigráfica Las Vegas. 69

3.4. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN PUENTE ABREGO - AUT [16047010] 71
3.4.1 Pruebas estadísticas..... 72
3.4.2 Por distribución normal..... 76
3.4.3 Por distribución Gumbell..... 77
3.4.4 Por distribución log Pearson tipo III..... 77
3.4.5 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov. 78
3.4.6 Caudal Tr100 rio Tarra. Estación limnigráfica Puente Abrego – Aut. . 83

3.5. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN SAN RAFAEL [23197370]..... 85
3.5.1 Pruebas estadísticas..... 86
3.5.2 Por distribución normal..... 90
3.5.3 Por distribución Gumbell..... 91
3.5.4 Por distribución log Pearson tipo III..... 92
3.5.5 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov. 93
3.5.6 Caudal Tr100 rio Tarra. Estación limnigráfica San Rafael [23197370].99

4. ANÁLISIS REGIONAL DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES (RIO SAN PABLO). 101

4.1 PROCEDIMIENTO DE CALCULO..... 101

4.2 CALCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN... 102

5. MODELO LLUVIA ESCORRENTÍA: Q95 Y Q50 DE LA QUEBRADA EL CARAÑO Y EL RIO SAN PABLO. 106

5.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES POR EL MÉTODO DE LAS ISOYETAS. 107
5.1.1 Estaciones meteorológicas (IDEAM). 107
5.1.2. Calculo de precipitaciones mensuales en las cuencas hidrográficas. 117

5.2 CALCULO DEL Q95 YQ50 EN LA QUEBRADA EL CARAÑO: CAPTACIÓN EXISTENTE. 129
5.2.1 Caudal con el 95% del tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales. 129

5.3 CALCULO DEL Q95 YQ50 EN EL RIO SAN PABLO: CAPTACIÓN NUEVA. 134
5.2.1 Caudal con el 95% del tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales. 134

6. CALCULO DEL CAUDAL AMBIENTAL: QUEBRADA EL CARAÑO Y RIO SAN PABLO. 139

6.1 MÉTODO DEL PERÍMETRO MOJADO 139
6.1.1 Caudal ambiental en la quebrada El Caraño: captación existente. 139
6.1.2 Caudal ambiental en el rio San Pablo: captación nueva 144

7. ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA REGIÓN EN ESTUDIO. . 153

7.1 CAUDALES CALCULADOS EN LA CAPTACIÓN EXISTENTE Y PROPUESTA. 154

8. CONCLUSIONES 156

BIBLIOGRAFÍA 158

TABLAS

Tabla 1. Clasificación general de las corrientes de agua (Adaptado de Veri-tech, 1998). 16

Tabla 2. Parámetros morfométricos de cuencas hidrográficas..... 16

Tabla 3. Referencias del índice de compacidad de Gravelius..... 22

Tabla 4. Estaciones meteorológicas usadas en modelos lluvia escorrentía..... 25

Tabla 5. Estaciones limnimétricas usadas en modelos con registros de caudales. 25

Tabla 6. Valores máximos mensuales de caudales estación El Hoyo. 27

Tabla 7. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación El Hoyo. 31

Tabla 8. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación El Hoyo. 32

Tabla 9. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación El Hoyo. 33

Tabla 10. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, estación Aguas Claras..... 34

Tabla 11. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal. 34

Tabla 12. Cálculos de la prueba chi cuadrado para los resultados de la distribución Gumbell. 36

Tabla 13. Cálculos de la prueba chi cuadrado para los resultados de la distribución Log Pearson Tipo III. 38

Tabla 14. Caudales máximos calculados Rio San Alberto: Estación El Hoyo 39

Tabla 15.Cuantiles de caudal y coherencia hidrológica. 40

Tabla 16. Valores máximos mensuales de caudales estación La Cabaña Aut 41

Tabla 17. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación La Cabaña – Aut. 45

Tabla 18. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación La Cabaña – Aut. 47

Tabla 19. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación La Cabaña – Aut. 47

Tabla 20. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, estación La Cabaña – Aut. 48

Tabla 21. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal. 49

Tabla 22. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell. 51

Tabla 23. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson tipo III. 53

Tabla 24. Caudales máximos calculados Rio Algodonal: Estación La Cabaña – Aut 55

Tabla 25. Cuantiles de caudal y coherencia hidrológica. 56

Tabla 26. Valores máximos mensuales de caudales estación Las Vegas. 56

Tabla 27. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación Las Vegas (16057010). 60

Tabla 28. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación Las Vegas. 62

Tabla 29. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación Las Vegas. 62

Tabla 30. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, Las Vegas. 63

Tabla 31. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal. 64

Tabla 32. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell. 66

Tabla 33. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson. 67

Tabla 34. Caudales máximos calculados Rio Frio: Estación Las Vegas. 69

Tabla 35. Cuantiles de caudal y coherencia hidrológica. 70

Tabla 36. Valores máximos mensuales de caudales estación Puente Abrego - Aut. 71

Tabla 37. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación Puente Abrego – Aut (16047010). 75

Tabla 38. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación Puente Abrego – Aut (16047010). 76

Tabla 39. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación Puente Abrego – Aut (16047010). 77

Tabla 40. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, Puente Abrego – Aut (16047010)..... 78

Tabla 41. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal..... 78

Tabla 42. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell..... 80

Tabla 43. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson..... 81

Tabla 44. Caudales máximos calculados Rio Frio: Estación Puente Abrego - Aut..... 83

Tabla 45. Comparación de cuantiles de caudal y coherencia hidrológica. 84

Tabla 46. Valores máximos mensuales de caudales estación San Rafael [23197370]..... 85

Tabla 47. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación San Rafael [23197370]..... 89

Tabla 48. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación San Rafael [23197370]. 91

Tabla 49. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación San Rafael [23197370]..... 91

Tabla 50. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, San Rafael [23197370]. 92

Tabla 51. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal..... 93

Tabla 52. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell..... 95

Tabla 53. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson..... 97

Tabla 54. Caudales máximos calculados rio Lebrija: estación San Rafael. 99

Tabla 55. Comparación de cuantiles de caudal y coherencia hidrológica. 100

Tabla 56. Caudales para diferentes periodos de retorno en cada estación. 103

Tabla 57. Relaciones QT/Q2.33 para cada estación..... 103

Tabla 58. Caudales para Diferentes Periodos de Retorno. 105

Tabla 59. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: EL CAOBO. 108

Tabla 60. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: EL LÍBANO. 109

Tabla 61. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: ESCUELA AGRÍCOLA CACHIRA. 110

Tabla 62. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: LA MARIA. 111

Tabla 63. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: LA VEGA. 112

Tabla 64. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: SAN ALBERTO..... 113

Tabla 65. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: VILLACARO. 114

Tabla 66. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: LOS PLANES. 115

Tabla 67. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: SAN RAFAEL. 116

Tabla 68. Valores máximos mensuales de precipitaciones en 24 horas: cuenca hidrográfica quebrada El Caraño..... 130

Tabla 69. Valores medios mensuales de caudal: quebrada El Caraño. 131

Tabla 70. Duración de caudales: quebrada El Caraño. 132

Tabla 71. Valores máximos mensuales de precipitaciones en 24 horas: cuenca hidrográfica rio San Pablo. 135

Tabla 72. Valores medios mensuales de caudal: rio San Pablo..... 136

Tabla 73. Duración de caudales: rio San Pablo. 137

Tabla 74. Resultados modelación hidráulica del Q95 quebrada El Caraño. 140

Tabla 74. Resultados modelación hidráulica del Q95 quebrada El Caraño. 144

Tabla 24. Variabilidad de las precipitaciones en el área de estudio. 153

Tabla 25. Caudales calculados para el rio San Pablo la quebrada El Caraño. ... 155

FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital de la ubicación del estudio. 10

Figura 2. Parámetros morfométricos de cuencas hidrográficas de estaciones limnigráficas. 17

Figura 3. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica Rio San Pablo (Captación nueva). 18

Figura 4. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica quebrada El Caraño (Captación existente). 19

Figura 5. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica – Rio San Pablo. 20

Figura 6. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica – Quebrada El Caraño. 21

Figura 7. Régimen (Bm3): Santanderes, Boyacá y Altiplano Cundiboyacense (IDEAM) 23

Figura 8. Zonificación de la lluvia por régimen pluviométrico (IDEAM). 24

Figura 9. Cuencas hidrográficas de segundo orden (Norte de Santander) 26

Figura 10. Caudales máximos anuales, rio San Alberto: estación limnigráfica El Hoyo (23197410) 30

Figura 11. Caudales máximos anuales, rio Algodonal: Estación La Cabaña - Aut (16057030)..... 44

Figura 12. Caudales máximos anuales rio Frio, estación limnigráfica: Las Vegas (16057010)..... 59

Figura 13. Caudales máximos anuales, rio Lebrija: estación limnigráfica San Rafael. 88

Figura 14. Relaciones QT/Q2.33 para cada estación..... 104

Figura 15. Relación QT/Q2.33 vs Área 105

Figura 16. Curva de duración de caudales en la captación existente: quebrada El Caraño. 133

Figura 17. Curva de duración de caudales en la captación nueva: rio San Pablo. 138

Figura 18. Modelación hidráulica quebrada El Caraño con el Q95 calculado. ... 140

Figura 19. Calculo de caudal ambiental: método del perímetro mojado..... 143

Figura 20. Modelación hidráulica rio San Pablo con el Q95 calculado..... 144

Figura 21. Calculo del caudal ambiental: método del perímetro mojado..... 152

1. ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio está orientado al cálculo de caudales en la captación existente y captación propuesta en el marco de la “ESTRUCTURACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN OBRAS HIDRÁULICAS SISTEMA DE ACUEDUCTO MUNICIPIO DE LA ESPERANZA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER.” Se debe hacer claridad que los resultados obtenidos son aplicables a la zona específica donde se desarrollara la obra civil.

Objetivos específicos del estudio:

1. Calculo de caudal con periodo de retorno de 100 años del rio San Pablo en el sitio de la captación propuesta (nueva).
2. Calculo de caudales Q95 y Q50 de la quebrada El Caraño en el sitio de la captación existente y en el sitio de captación propuesta ubicada en el rio San Pablo.

El análisis se desarrolló contemplando todos los parámetros relacionados con la hidrología, el estudio cumple las disposiciones aplicables al proyecto de la resolución 0330 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio; asi como las del Manual de Drenajes Para Carreteas del INVIAS.

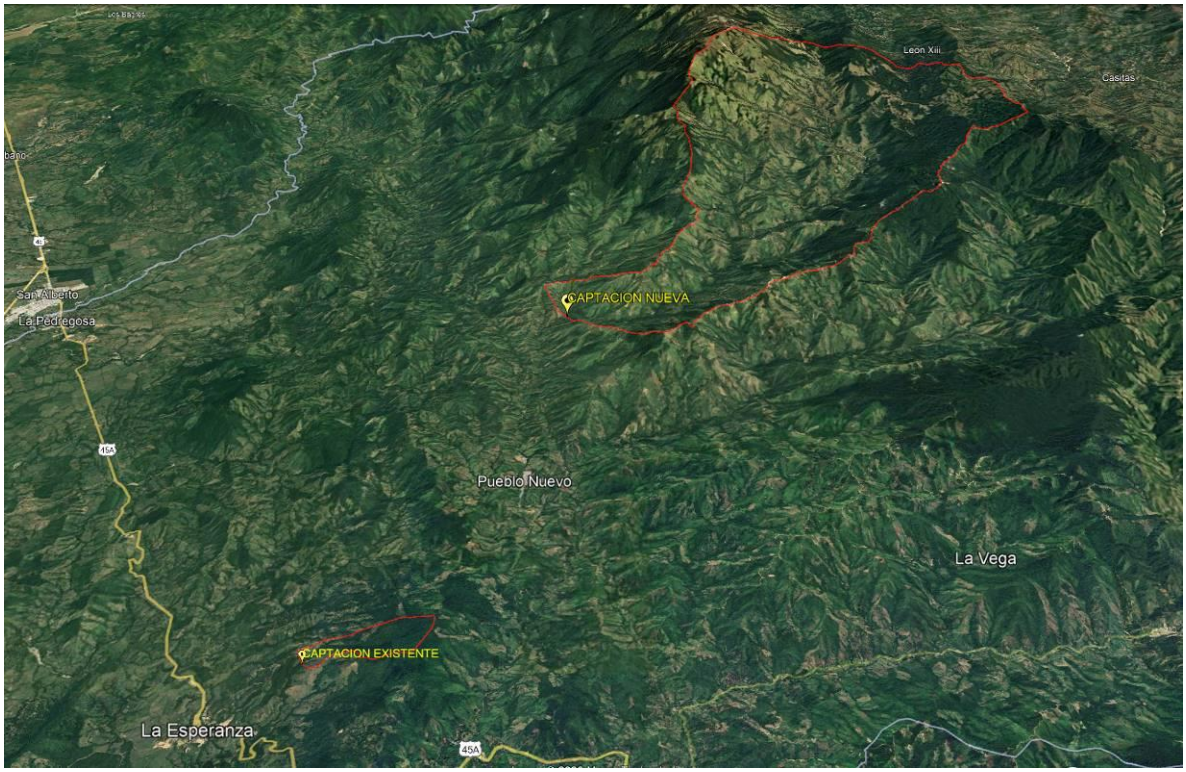


Figura 1. Imagen satelital de la ubicación del estudio.

1.1 MODELACIÓN HIDROLÓGICA.

Para la elaboración de estudios que involucren avenidas torrenciales se requiere la determinación del caudal de creciente para el período de retorno deseado, para lo cual se puede hacer uso de distintos análisis hidrológicos en función de la calidad y cantidad de información existente para el sitio de interés.

Si existen registros de caudal en el sitio de interés, puede llevarse a cabo un análisis de frecuencia de caudales máximos.

Si no hay registros de caudal disponibles, se debe llevar a cabo un análisis de transformación de lluvia en escorrentía con el fin de determinar el caudal para el período de retorno deseado.

Cuando al punto de interés confluye una cuenca compuesta por varias subcuencas representativas se determina el hietograma de lluvia para el período de retorno deseado, se encuentra un hidrograma unitario sintético de cada subárea de la cuenca y se calcula el hidrograma de escorrentía directa de cada subcuenca. Dichos hidrogramas se transitan aguas abajo y se suman para determinar el hidrograma de escorrentía directa total en la parte más baja de la cuenca de drenaje. El caudal pico del hidrograma del punto localizado en el extremo aguas abajo se utiliza como el caudal de la creciente de diseño.

1.1.1 Con registros de caudal en el sitio de interés.

En el caso de contar con una estación limnimétrica o limnigráfica en el sitio de interés con datos históricos de caudal máximo instantáneo, se toman sus valores máximos instantáneos anuales, se ajustan a distribuciones probabilísticas conocidas, y se hacen inferencias estadísticas.

Se debe tener en cuenta que los caudales máximos instantáneos son los valores de caudal máximo que cruzan por una sección hidrométrica en una corriente, y son registrados en estaciones limnigráficas o limnimétricas a través de datos de lecturas de miras máximas instantáneas, integradas con la respectiva curva de calibración de caudales líquidos.

Se debe tener en cuenta que las estaciones limnimétricas solamente se pueden calcular valores puntuales de caudal en las horas del día en las cuales se leen las lecturas de mira de las mismas.

1.1.2 Con registros de caudal en la misma corriente, pero no en el sitio de interés: transposición de datos de caudal.

Cuando la estación limnimétrica o limnigráfica se encuentre en la misma cuenca hidrográfica pero no en el sitio de interés se pueden transferir caudales máximos instantáneos anuales de diferentes periodos de retorno de esta estación hasta el sitio de interés, mediante relaciones de áreas de drenaje,

así:

QSP = QEH x (ASP/AEH)x

Dónde:

QSP: Caudal en el sitio de proyecto, en metros cúbicos por segundo (m3/s).

QEH: Caudal en la estación limnimétrica o limnigráfica, en metros cúbicos por segundo (m3/s).

ASP: Área de la cuenca hidrográfica hasta el sitio de proyecto, en kilómetros cuadrados (km2).

AEH: Área de la cuenca hidrográfica hasta la estación limnimétrica o limnigráfica, en kilómetros cuadrados (km2).

El exponente x es un valor que fluctúa usualmente entre 0.5 y 0.75. A falta de datos de investigación, se acostumbra tomar un valor igual a 0.5.

Para la aplicación de esta metodología la diferencia entre las áreas de drenaje no podrá ser mayor o menor al 50 % del valor original del área de drenaje.

Cabe aclarar que esta metodología se puede aplicar para cuencas hidrográficas que sean hidrológica y climatológicamente homogéneas.

1.1.3 Con registros de caudal en la misma cuenca, pero no en el sitio de interés: análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales.

Cuando se cuenta con varias estaciones hidrométricas con datos de caudales máximos instantáneos anuales históricos en una región de cierta magnitud e hidrológicamente homogénea, se puede aplicar el método del análisis regional de frecuencias de esta variable hidrológica.

Para ello, se sigue la siguiente metodología:

a) Se calculan los valores de caudal para diferentes periodos de retorno en cada una de las estaciones hidrométricas.

b) Se calcula la relación generalizada para la región, entre el caudal con periodo de retorno de 2.33 años Q2.33 (caudal promedio en la distribución Gumbel) y el área de drenaje A, con base en los datos de cada una de las estaciones hidrométricas.

Q2.33 = f(A)

c) Para cada estación, se calcula la relación entre el caudal para cada periodo de retorno T definido (dando valores de periodos de retorno iguales a 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años) y el caudal con periodo de retorno de 2.33 años QT/Q2.33).

d) Se debe realizar un ensayo de homogeneidad estadístico, con el fin de asegurar que los datos obtenidos correspondan a una región hidrológicamente homogénea. Si el resultado de una de las estaciones queda por fuera de la franja de confianza del referido ensayo, se debe eliminar tal valor.

La pregunta de si los datos en un grupo de estaciones son homogéneos, se puede contestar en un sentido estadístico determinando si ellos difieren de uno a otro por cantidades que no pueden ser explicadas al azar. Por otro lado, donde esas diferencias no son más que debidas a la casualidad, se puede concluir que los datos representan aspectos diferentes de la misma entidad y, por consiguiente, pueden ser tenidos como homogéneos.

e) Se calcula el valor promedio o el valor mediano de la relación QT/Q2.33 para la región para los diferentes periodos de retorno considerados, con base en los valores individuales para cada estación.

f) Para una estación no aforada en la región con un área de drenaje A, el valor del caudal con un periodo de retorno determinado QT se calcula estableciendo, en

primer lugar, el valor del Q2.33 con la relación generalizada Q2.33 = f (A) para la región y, luego, utilizando la relación generalizada QT/Q2.33 para la referida región.
Aunque esta metodología es relativamente antigua, aún hoy en día conserva su validez por su respaldo académico y sencillez.

1.1.4 Sin registros de caudal: modelos lluvia escorrentía.

Los modelos de transformación lluvia en escorrentía son utilizados cuando no existe la posibilidad de obtener medidas directas de caudales de drenaje en las cuencas hidrográficas.
Dichos modelos calculan la escorrentía superficial a partir de datos históricos de lluvias de corta duración existentes en la cuenca de interés y representativas de ella, en función de sus características geométricas, de suelos, vegetación y usos del suelo.
Se pueden utilizar metodologías tales como, el método racional, método del hidrograma de escorrentía superficial o modelos computacionales como el HEC-HMS.

1.2 METODOLOGÍA PARA LOS CÁLCULOS HIDROLÓGICOS

Luego de analizarse la informacion meteorológica disponible por el IDEAM para el área de influencia del proyecto, se escogen las siguientes metodologías de modelación hidrológica:

1. **Regionalización de datos de caudal**: Calculo de caudal para periodo de retorno de 100 años del rio San Pablo en el sitio de la captación propuesta.
2. **Modelos lluvia escorrentía**: Cálculos del caudal Q95 y Q50 de la quebrada El Caraño y el rio San Pablo en el sitio de la captación existente y la captación propuesta.
3. **Método del perímetro mojado**: cálculo de caudal ecológico en los sitios de captación: existente y propuesta.
4. **Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia**: ajuste de caudales torrenciales al cambio climático en el periodo de diseño (Tr100).

2. ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

2.1 DELIMITACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

Se delimitaron las cuencas hidrográficas de las estaciones limnimétricas seleccionadas para la regionalización de caudales; tambien se delimito la cuenca hidrográfica de la quebrada El Caraño y el rio San Pablo tomando como sumideros las captaciones: existente y propuesta.

Los análisis morfométricos mencionados se llevaron a cabo mediante la utilización del software de procesamiento de información geográfica (QGIS 3.40.12), partiendo de una pre localización de las cuencas con los softwares Google Earth Pro y Global Mapper 22.1.

Las cuencas hidrográficas se delimitaron en sus divisorias de aguas mediante un polígono de color rojo, obteniéndose parámetros necesarios para el desarrollo de las metodologías escogidas.

2.2 DELIMITACIÓN DE LA RED HÍDRICA.

Se delimito la red hídrica de las cuencas hidrográficas seleccionadas mediante la utilización del software de procesamiento de información geográfica (QGIS 3.40.12).

2.2.1 Clasificación del cauce

En relación a la continuidad del flujo en el tiempo, los cauces se clasifican en Perenne: flujo permanente todo el tiempo.

En relación a la forma de los cauces, se clasifican en Torrente: ríos de alta montaña.

En relación entre erosión y sedimentación, se clasifican en degradación: los cauces se están profundizando por erosión.

Tabla 1. Clasificación general de las corrientes de agua (Adaptado de Veri-tech, 1998).

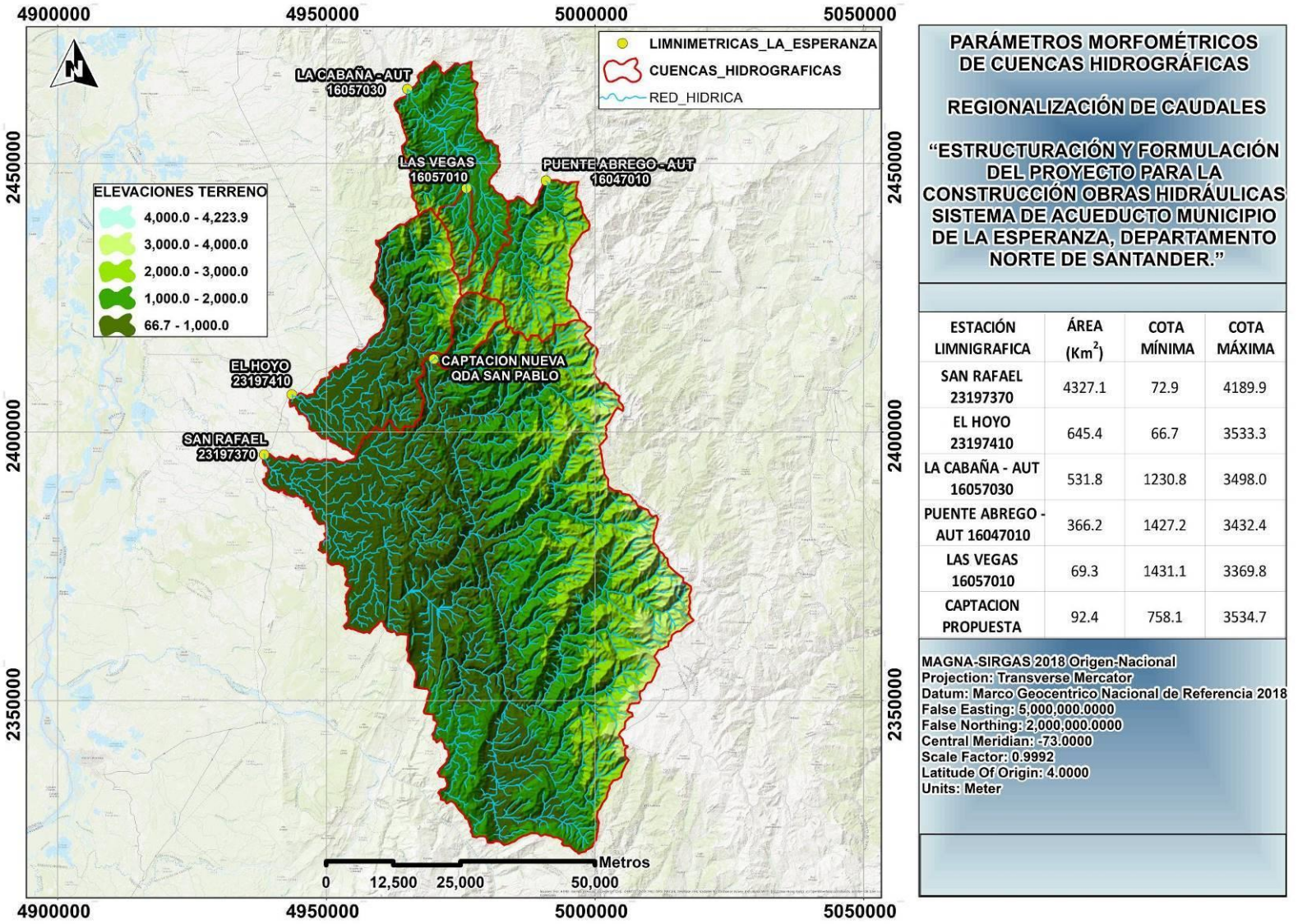
Propiedad	Clasificación	Características
Libertad para moverse	Aluvial	Cambia de tamaño y forma de acuerdo al caudal y a los sedimentos
	No aluvial	Fondo en roca. No puede moverse
Continuidad del flujo en el tiempo	Perenne	Flujo permanente todo el tiempo
	Intermitente	En temporadas secas el flujo desaparece
	Efímero	Sólo tiene flujo en el momento de las lluvias
Relación entre erosión y sedimentación	En degradación	El cauce se está profundizando por erosión
	En agradación	El cauce se está levantando por sedimentación
Forma del cauce	Semirecto	Sinuosidad menor a 1.1
	Sinuoso	Sinuosidad de 1.1 a 1.5
	Trenzado	Se forman trenzas e islas de depósitos dentro del cauce
	Anaramificado	Se forman varios canales independientes
	Torrente	Ríos de alta montaña
	Delta	Se forman canales dentro de los depósitos en la desembocadura
	Meándrico	La sinuosidad es mayor de 1.5

2.3 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS.

2.3.1 Áreas de drenaje de estaciones limnigráficas y captaciones.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de cuencas hidrográficas.

CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE ESTACIONES LIMNIGRÁFICAS					
ESTACIÓN LIMNIGRÁFICA	**ÁREA (m^2)**	**ÁREA (Km^2)**	**ÁREA (Ha)**	**COTA MÍNIMA**	**COTA MÁXIMA**
SAN RAFAEL 23197370	4327069058.6	4327.1	432706.9	72.9	4189.9
EL HOYO 23197410	645362392.8	645.4	64536.2	66.7	3533.3
LA CABAÑA - AUT 16057030	531770115.3	531.8	53177.0	1230.8	3498.0
PUENTE ABREGO - AUT 16047010	366203187.0	366.2	36620.3	1427.2	3432.4
LAS VEGAS 16057010	69262706.4	69.3	6926.3	1431.1	3369.8
CAPTACIÓN PROPUESTA RIO SAN PABLO	92371496.7	92.4	9237.1	758.1	3534.7
CAPTACIÓN EXISTENTE QUEBRADA EL CARAÑO	1226971.3	1.2	122.7	312.9	933.0



PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

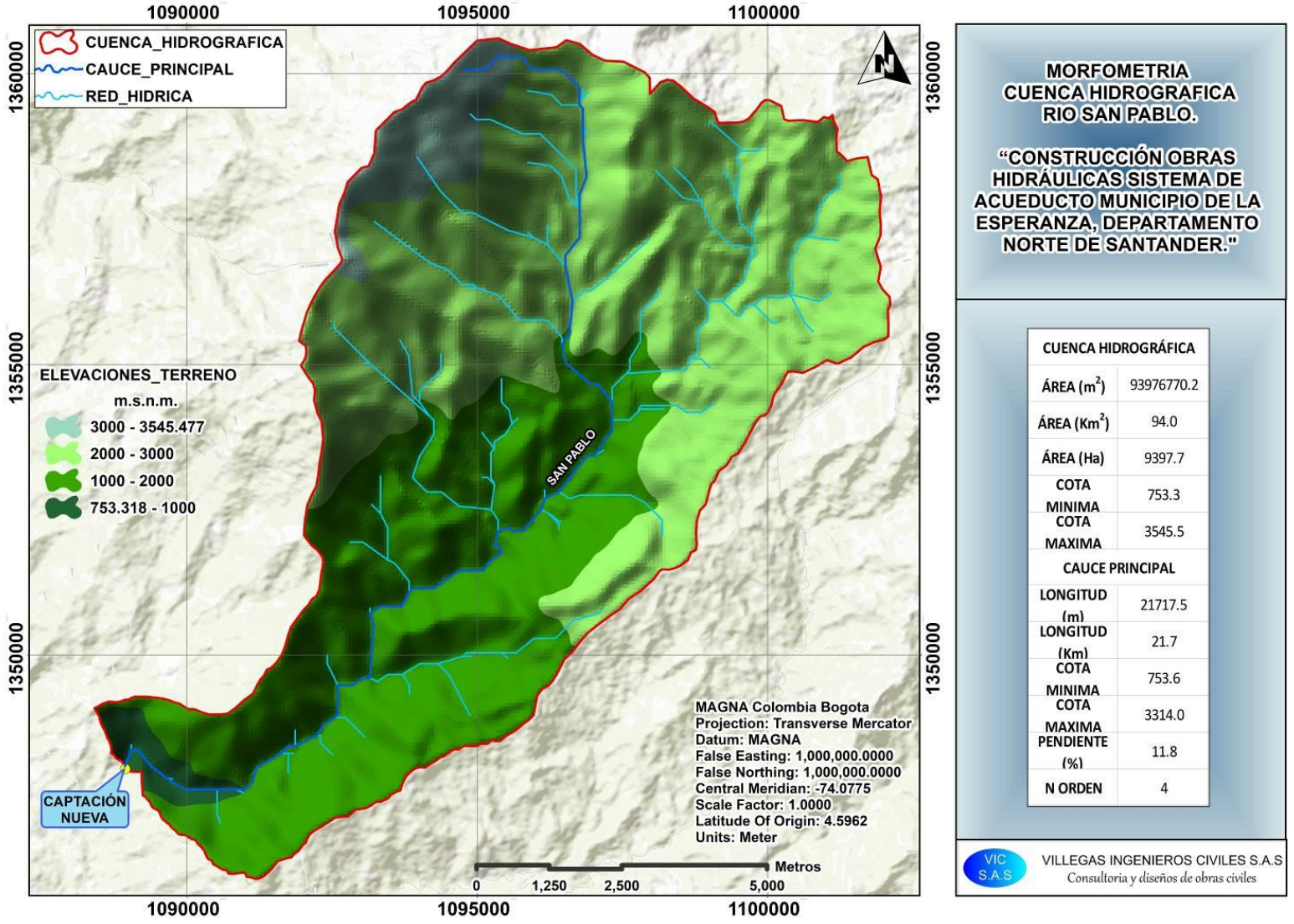
REGIONALIZACIÓN DE CAUDALES

"ESTRUCTURACIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROYECTO PARA LA CONSTRUCCIÓN OBRAS HIDRÁULICAS SISTEMA DE ACUEDUCTO MUNICIPIO DE LA ESPERANZA, DEPARTAMENTO NORTE DE SANTANDER."

ESTACIÓN LIMNIGRAFICA	ÁREA (Km^2)	COTA MÍNIMA	COTA MÁXIMA
SAN RAFAEL 23197370	4327.1	72.9	4189.9
EL HOYO 23197410	645.4	66.7	3533.3
LA CABAÑA - AUT 16057030	531.8	1230.8	3498.0
PUENTE ABREGO - AUT 16047010	366.2	1427.2	3432.4
LAS VEGAS 16057010	69.3	1431.1	3369.8
CAPTACION PROPUESTA	92.4	758.1	3534.7

MAGNA-SIRGAS 2018 Origen-Nacional
Projection: Transverse Mercator
Datum: Marco Geocentrico Nacional de Referencia 2018
False Easting: 5,000,000.0000
False Northing: 2,000,000.0000
Central Meridian: -73.0000
Scale Factor: 0.9992
Latitude Of Origin: 4.0000
Units: Meter

Figura 2. Parámetros morfométricos de cuencas hidrográficas de estaciones limnigráficas.



CUENCA HIDROGRÁFICA	
ÁREA (m^2)	93976770.2
ÁREA (Km^2)	94.0
ÁREA (Ha)	9397.7
COTA MINIMA	753.3
COTA MAXIMA	3545.5
CAUCE PRINCIPAL	
LONGITUD (m)	21717.5
LONGITUD (Km)	21.7
COTA MINIMA	753.6
COTA MAXIMA	3314.0
PENDIENTE (%)	11.8
N ORDEN	4

Figura 3. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica Rio San Pablo (Captación nueva).

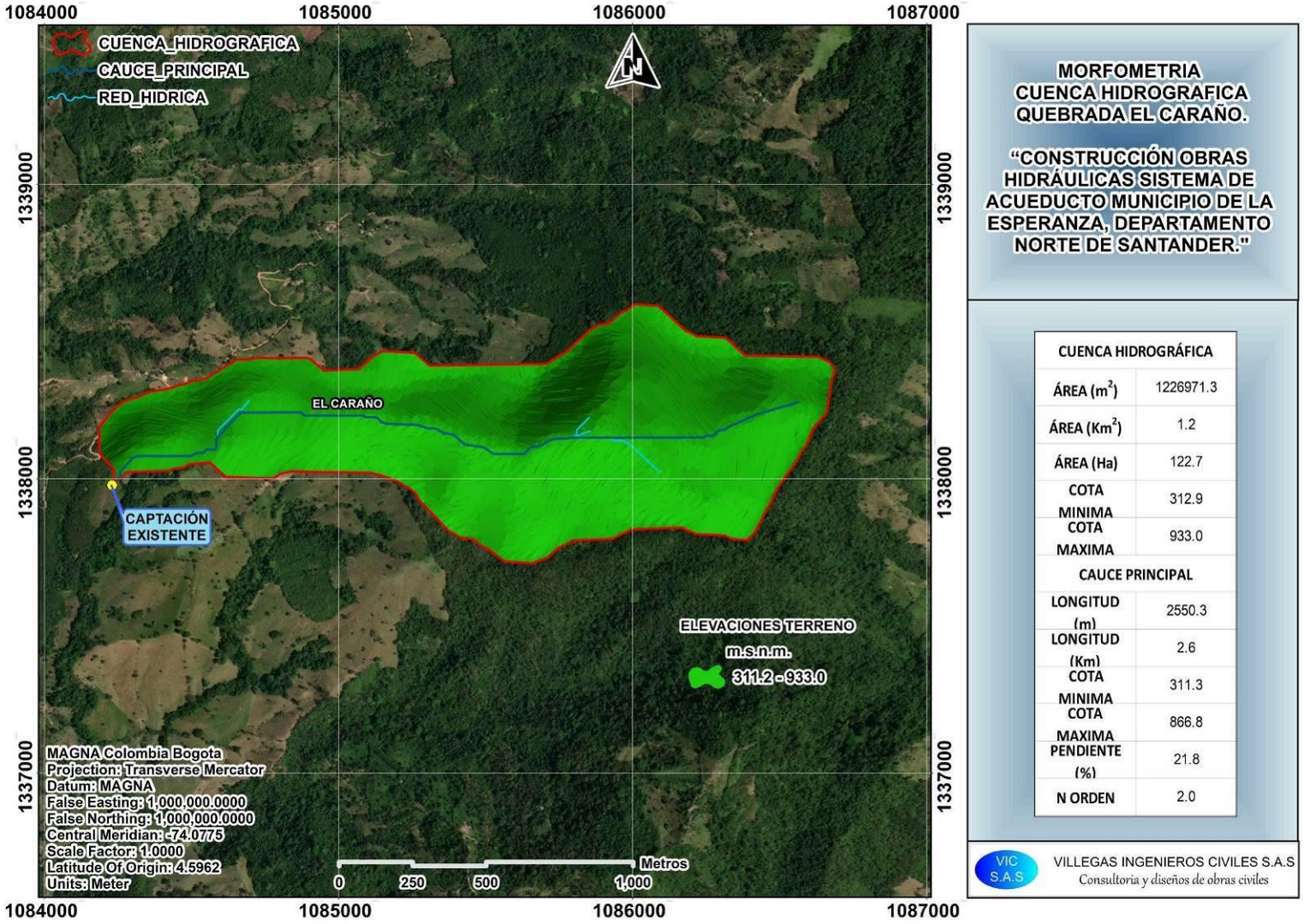


Figura 4. Parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica quebrada El Caraño (Captación existente).

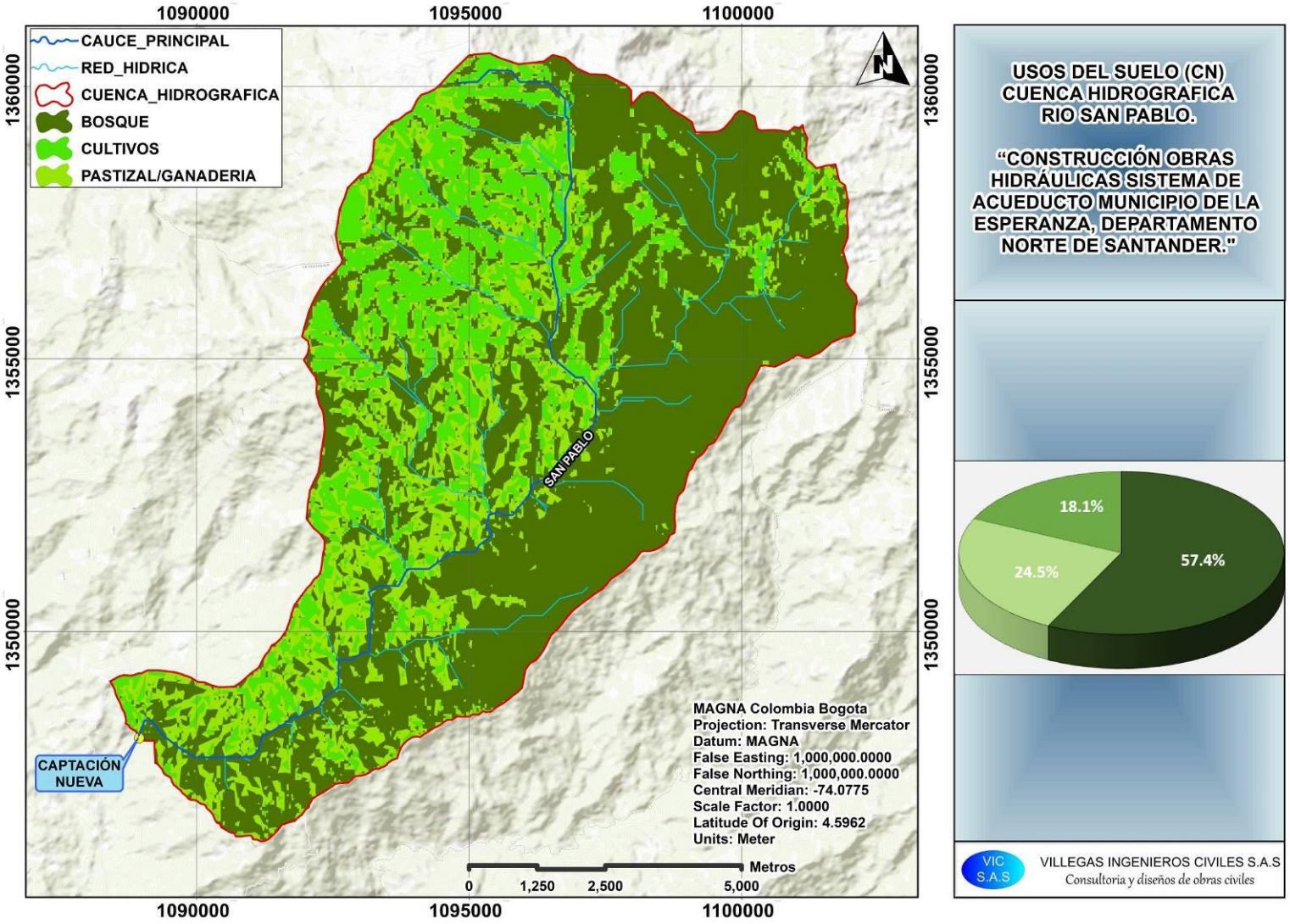


Figura 5. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica – Rio San Pablo.

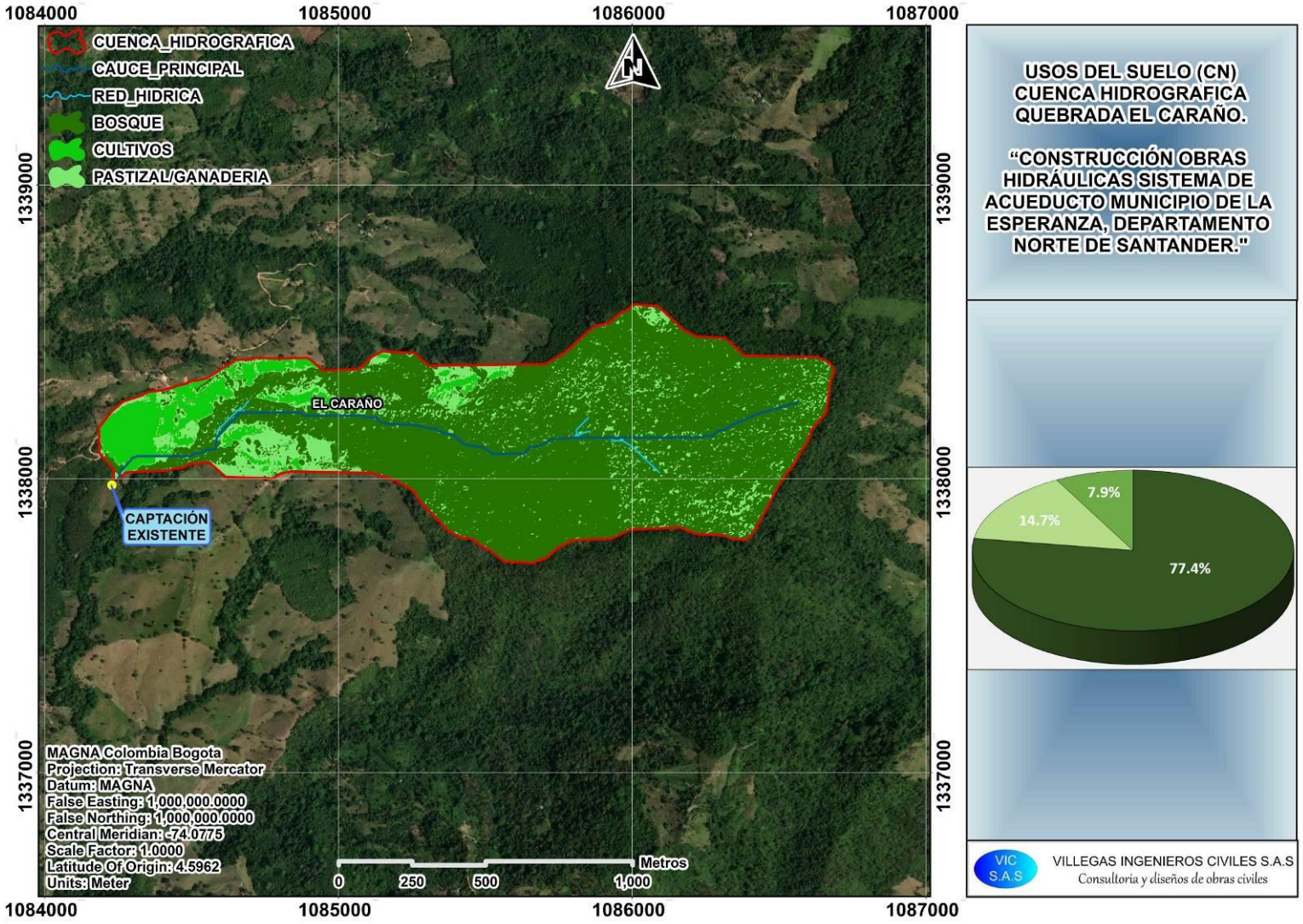


Figura 6. Usos del suelo en la cuenca hidrográfica – Quebrada El Caraño.

2.3.2 Índice de compacidad (Rio San Pablo y Quebrada El Caraño)

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo que tenga igual área que ésta; en la medida que el índice se acerque más a la unidad, la forma tiende a ser más redondeada y con mayor peligro de que se produzcan avenidas máximas.

$$K = \frac{0.28\ P}{\sqrt{Ac}}$$

Rio San Pablo= 1.40

Qda. El Caraño= 1.50

El cálculo permitió determinar que los índices de compacidad están incluidos en el límite de la clase K2 que define la forma de la cuenca, como casi oblonga a oval oblonga.

Tabla 3. Referencias del índice de compacidad de Gravelius

Índice	Forma
1 – 1,25	Casi redonda a oval redonda (compacta)
1,25 – 1,5	Casi oblonga a oval oblonga
1,5 – 1,75	Casi oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Casi rectangular (alargada)

2.4 ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS.

El clima es la variación de las condiciones atmosféricas, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados. Se describe a partir de variables atmosféricas como la temperatura y la precipitación, denominados elementos climáticos; sin embargo, se podría identificar también con las variables de otros de los componentes del sistema climático.

El comportamiento climático en las cinco regiones que conforman el país se encuentra registrada por el IDEAM en el Atlas Climatológico, de Radiación Solar y de Vientos y Energía Eólica de Colombia después de realizado un seguimiento decadal, mensual y anual de las principales variables climatológicas como precipitación, temperatura, brillo solar, humedad del aire, presión atmosférica, entre otras.

Para la recepción de datos el IDEAM cuenta con estaciones meteorológicas que es un lugar de observación y medición sobre la superficie, mediante instrumentos que miden la radiación solar, el viento, la humedad, la precipitación, la temperatura, la presión atmosférica, entre otras variables meteorológicas. Mediante el estudio de estas variables es posible establecer el comportamiento atmosférico de la zona donde se encuentra la estación.
En la zona no se cuenta con una estación lo suficientemente cerca para la obtención de datos puntuales del sitio en estudio, por esta razón se recurre a información general a la región en la que se encuentra.

2.4.1 Precipitación.

En Colombia, la distribución de la precipitación obedece a dos tipos de régimen: monomodal y bimodal. El primero se caracterizar por presentar una temporada seca y una lluviosa durante el transcurso del año, mientras en el régimen bimodal se registran dos temporadas secas alternadas con dos lluviosas.

2.4.1.1. Régimen Bimodal 3 (Bm3).

Bimodal 3 (Bm3). Es característico del Nororiente de la Región Andina, se presenta en los Santanderes, Boyacá y El Altiplano Cundiboyacense, sobre las cuencas de los Ríos Lebrija, Chicamocha, Sogamoso y Bogotá. También tiene dos épocas secas y dos de mayores lluvias; a diferencia del anterior, la primera temporada seca es menos prolongada y más deficitaria que la de mitad de año y las épocas de mayores lluvias son similares, la del primer semestre tiene como meses lluviosos abril y mayo y en el segundo semestre el mes más lluvioso es octubre seguido por noviembre.

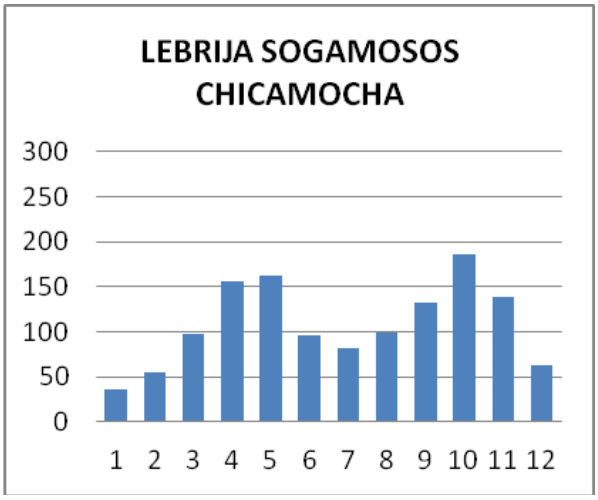


Figura 7. Régimen (Bm3): Santanderes, Boyacá y Altiplano Cundiboyacense (IDEAM)

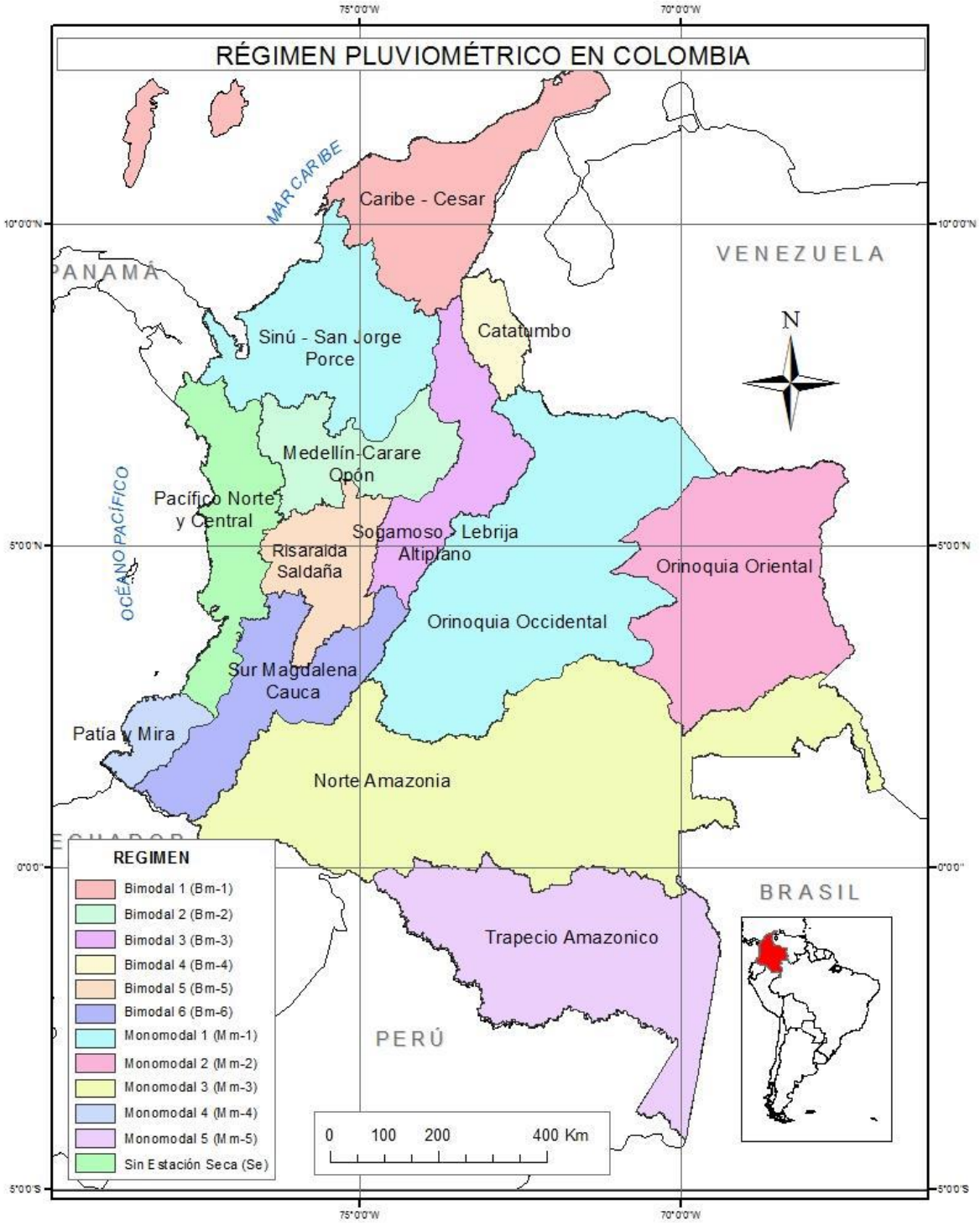


Figura 8. Zonificación de la lluvia por régimen pluviométrico (IDEAM).

Tabla 4. Estaciones meteorológicas usadas en modelos lluvia escorrentía.

ESTACIONES METEOROLÓGICAS	
EL CAOBO [23190510]	**117.0**
EL LÍBANO [23190110]	**113.4**
ESCUELA AGRÍCOLA CACHIRA [23195180]	**49.0**
LA MARÍA [16040050]	**79.1**
LA VEGA [23190540]	**77.4**
SAN ALBERTO [23190500]	**120.5**
VILLA CARO [16030090]	**66.4**
LOS PLANES [23190810]	**103.2**
SAN RAFAEL [23190560]	**133.3**

2.5 ASPECTOS HIDROGRÁFICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

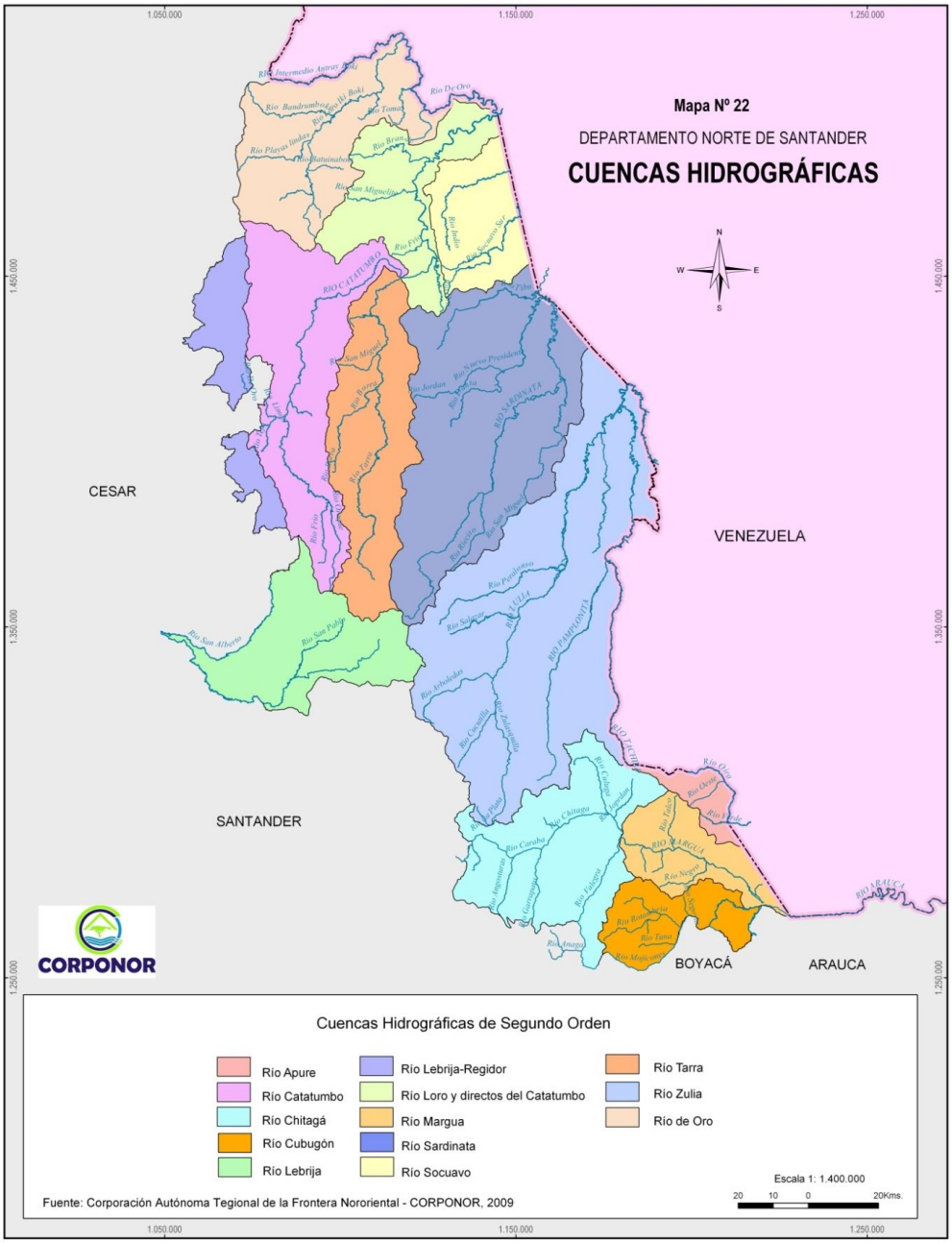
Norte de Santander tiene una geografía variada y está compuesta por serranías, páramos, mesetas, llanuras y cerros, con municipios de alturas muy variadas, esto lo hace inmensamente rico en paisajes y climas. A lo largo de su territorio lo recorren ríos y quebradas, presentando además algunas lagunas.

Por la distribución del relieve, las corrientes fluviales del departamento de Norte de Santander pertenecen a tres cuencas hidrográficas: por el occidente la del Magdalena, por el norte, la del Catatumbo y por el sureste la del Orinoco. Dentro de los principales ríos que riegan sus tierras se encuentran el Margua, Borra, Catatumbo, Cucutilla, Chitagá, Guaramito, Nuevo Presidente, Oirá, Oro, Pamplonita, Peralonso, San Miguel, Sardinata, Táchira, Tarra, Tibú, Valegrá y Zulia.

La zona de estudio pertenece a la subcuenca del río Lebrija. (Véase la figura 6).

Tabla 5. Estaciones limnimétricas usadas en modelos con registros de caudales.

ESTACIONES LIMNIMÉTRICAS
EL HOYO [23197410]
LA CABAÑA – AUT [16057030]
LAS VEGAS [16057010]
PUENTE ABREGO - AUT [16047010]
SAN RAFAEL [23197370]



Fuente: Corporación autónoma Regional de la Frontera Nororiental. CORPONOR 2009

Figura 9. Cuencas hidrográficas de segundo orden (Norte de Santander)

3. CAUDALES MÁXIMOS EN LA ZONA DE ESTUDIO RIO SAN PABLO.

Para la obtención de caudales máximos en la zona de estudio se contó con los datos de las estaciones limnigráficas del IDEAM: EL HOYO [23197410]; LA CABAÑA - AUT [16057030]; LAS VEGAS [16057010]; PUENTE ABREGO - AUT [16047010] y SAN RAFAEL [23197370]. Las estaciones anteriormente mencionadas, se encuentran ubicadas en la misma zona geográfica del estudio; presentando condiciones climáticas similares en sus cuencas hidrográficas, por lo cual estos datos se pueden emplear para obtener el caudal en el sector en estudio mediante el ***método de Análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales.***

Para la obtención de caudales máximos con diferentes periodos de retorno para cada estación se usaron varios métodos con el fin de elegir los resultados con la tendencia más adecuada. Los métodos empleados fueron; distribución normal, distribución Gumbell y distribución Log Pearson Tipo III.

3.1. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN EL HOYO [23197410].

Tabla 6. Valores máximos mensuales de caudales estación El Hoyo.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE CAUDAL (m^3/s) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2026/01/02										ESTACION : EL HOYO (23197410)			
LATITUD 7.68 N			TIPO EST LIMNIMETRICA				DEPTO EL CESAR				FECHA-INSTALACION 15/08/1974		
LONGITUD -73.51 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SAN ALBERTO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 77 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE						
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1974									150.5	152.7	153.1	53	153.1
1976	37.5	25.16	33.36	34	90.3	27.83	14.5	9.08	29.48	120.9	73.56	16.98	120.9
1977	10.6	5.4	9.8	55	61.5	125	97.1	55	76.3			65.3	125.0
1978	9.8	9.8	48.6	91.05	101.7	87.5	73.25	55.45	76.81	122	163.5	16.5	163.5
1979	11.4	5.4	3.6	91	97.5	91	67.5	119	137.5	154	154	51.7	154.0
1980				31.5	111.2	51.7	51.7	63.5	91	127.5	78	51.7	127.5
1981	51.7	17	13.2	52.9	71	104.7				160	104	119	160.0

1982	108.5	45.3	53.2	135	57.7	53.2	37.7	52.4	52.8	103.2	103.2	37.7	135.0
1983	13	15.7	26.5	122.5	64.2	53.5	19.4	43.5	39.5	95.5	117.9	53.5	122.5
1984	26.5	58.7	102.7	129	129	64.2	11.1	70	82.2	70	95.5	23.9	129.0
1985	48.5	7.6	11.1	135.6	116.1	30.2	43.5	39.5	70	109.5	61.5	60.4	135.6
1986	9.6	79.7	64.2	108.8	152.6	109.5	14	64.2	64.2	162.7	64.2	38.2	162.7
1987	35.7	86.5	40.8	138.9	138.9	60.7	65.8	111.9	122.4	159.3	99.5	97.6	159.3
1988	97.6	19.8	6.8	66.3	61.2	118.4	86.5	148.5	151.6	124.1	119	122.4	151.6
1989	66.3	51	126.4	45.9	179.9	40.8	56.1	58.7	102.8	172	156.1	119	179.9
1990	35.7	51	40.8	130.1	106	179.9	93	14.6	12.1	115.8	175.9	179.9	179.9
1991	8.3	3.8	42.3	15.8	71.3	51	61.2	23.8	106	175.9	148.7	40.8	175.9
1992	29.7	7.1	15.8	18.6	66.3	61.2	23.8	40.8	56.1	66.3	119	119	119.0
1993	43.1	22.2	53	113.9	141	64.8	30.4	50.5	76	58.9	145.6	80.3	145.6
1994			39	99.1	120.8	32.6	107.1	70.4	32.6	79.3	79.3	36	120.8
1995	9.6	5.7	31.7	110.4	110.4	94.5	21.6	115.5	84.9	110.4	99.9	67.8	115.5
1996	13.9	35.4	75	84.9	82.43	84.9	84.9	70.2	39.1	75	70.2		84.9
1997	70.2	39.1	11.75	39.1	75	78.47	58.2	16.3	79.95	79.95	77.47		80.0
1998		84.9	39.1		81.9	48.6	76	55.8	28.1	106.4	60.6	56.3	106.4
2000				72.6	75	70.2	46.8	60.6	70.2	65.4	94.5	70.2	94.5
2002	33.53	39.09	99.96	74.99	77.47	74.99	39.09	60.59	84.9	99.96	72.12	27.36	100.0
2003	11.9	13.2	48.6	51.3	75	84.9	89.7	53.5	70.2	123.7	128.5	75	128.5
2004				69.7	91.4	24.5	25.1				108.8	26	108.8
2005	24.8			129.4	143.7	44.5	95.6	70.8		108.1	76	24.5	143.7
2006	24.59	24.26	24.26	85.3	79.4	79.4	61.99	67.72	117.3	117.3	137	68.25	137.0
2007	24.26	7.83	41.34	73.5	106.4	61.48	45.22	73.5	49.71	73.5	100.1	52.85	106.4
2008	21	40.49	27.52	39.23	137	130.2	130.2	70.88	123.4	120	136.3	90.02	137.0
2009	27.52	17.85	137	106.4	55.39	103	26.87	63	35.43	72.45	103	123.4	137.0
2010	7.83	11.08	39.65	122	137	48.36	57.93	63	135	116.6	137.1	137.1	137.1
2011	31.9	45.75	125.3	119	144	50.75	83	69.9	83	131.5	137.1	155.3	155.3
2012	23.89	17	51	50.75	119			50.5	41.95	100.8	106.5	45.75	119.0
2013		20.3	45.75	102.6	95.9	32.2	16.29	32.2	144	70.62	119	61.18	144.0
2014	36.63	20.11	32.2	23.94	99.7	20.11	20.11	37.64	84.51	137.8	109.3	70.62	137.8
2015	16.93	63.7	41.67	64.33	61.18	27.77	32.2	20.11	20.11	68.1	99.7	32.2	99.7
2016	6.49	7.30	6.16	137.00	64.33	147.80	23.94	20.11	22.41	137.00	121.70	70.62	147.8
2017	22.41	6.90	77.57	70.62	128.00	82.43	41.67	63.07	58.66	165.00	104.52	128.00	165.0
2018	95.90	20.11	22.02	59.29	165.00	81.04	25.09	32.20	123.50	63.34	54.02	17.63	165.0
2019	10.86	12.95	25.32	73.61	73.61	54.02	15.03	17.63	60.24	73.61	85.13	38.79	85.1
2020	61.48	10.37	10.86	34.25	170.65	77.90	46.01	80.76	57.13	80.76	48.68	22.78	170.7
2021	11.90	12.74	47.61	70.03	125.91	63.34	46.01	85.13	75.79	94.75	96.50	73.61	125.9
2022	20.23	47.08	48.68	94.75	72.17	78.62	60.24	63.34	57.13	89.50	60.24	47.61	94.7
2023	46.01	30.03	52.96	60.24	49.75	48.68	48.68	12.95	23.41	48.68	52.96	26.27	60.2
MED	24.695	20.11	40.8	73.6055	96.7	64.2	46.405875	59.645	72.99534375	108.1	103.1	56.3	135.6
MAX	108.5	86.5	137	138.9	179.9	179.9	130.2	148.5	151.6	175.9	175.9	179.9	179.9
MIN	6.4877	3.8	3.6	15.8	49.7508	20.11	11.1	9.08	12.1	48.6825	48.6825	16.5	60.2

3.1.1 Pruebas estadísticas.

PROM. LOG=	2.11
DES. ES. LOG=	0.10
# DATOS	47
K_n=	2.744

$$\mathrm{Log}(Q_{max,min}) = \mu_{LogQ} \pm K_n * \sigma_{LogQ}$$

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

LOG (Qmax)=	2.390	Q(Lim-sup)=	245.5	Qmax=	179.9
LOG (Qmin)=	1.830	Q(Lim-inf)=	67.6	Qmin=	60.2

Todos los datos de caudal se encuentran dentro de los límites permitidos por la prueba, por lo tanto; la totalidad de los datos se usaron en los cálculos hidrológicos.

PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD (F.D.P.)			
PARÁMETRO	**POBLACIÓN**	**MUESTRA**	**VALOR**
NUMERO DE DATOS		**n**	47
PROMEDIO			132.08
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		**S**	28.15
VARIANZA		**s2**	792.26
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		**CV**	0.21
CAUDAL MÁXIMO (Qmax)		**Qmax**	180
CAUDAL MÍNIMO (Qmin)		**Qmin**	60.24
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA		**Cs**	-0.38

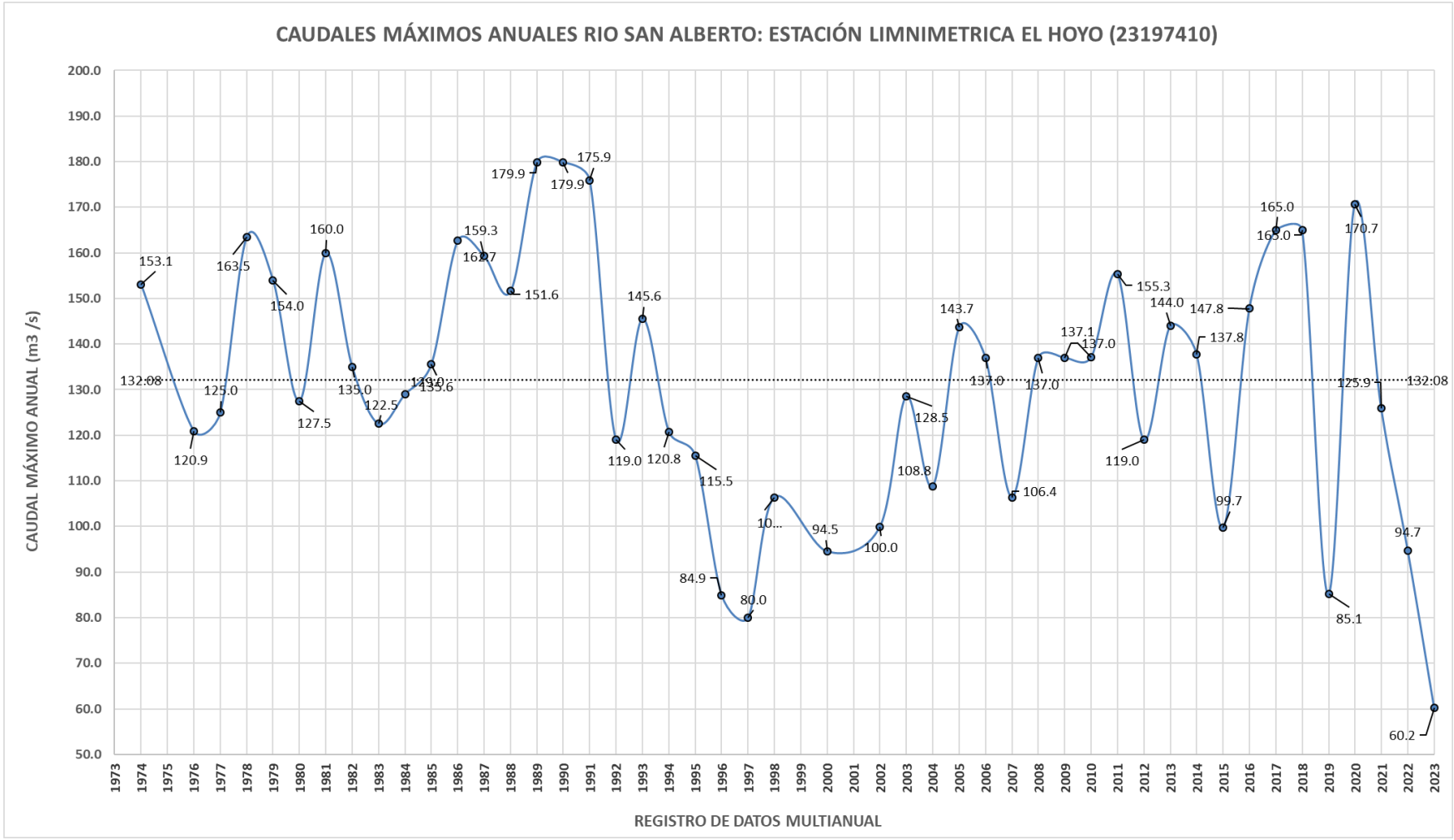


Figura 10. Caudales máximos anuales, rio San Alberto: estación limnigráfica El Hoyo (23197410)

Tabla 7. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación El Hoyo.

CAUDALES MÁXIMOS ANUALES EL HOYO (23197410)			
AÑO	N	Q (m^3/seg)	LOG Q
1974	1	153.10	2.184975191
1976	3	120.90	2.082426301
1977	4	125.00	2.096910013
1978	5	163.50	2.213517757
1979	6	154.00	2.187520721
1980	7	127.50	2.105510185
1981	8	160.00	2.204119983
1982	9	135.00	2.130333768
1983	10	122.50	2.088136089
1984	11	129.00	2.11058971
1985	12	135.60	2.13225969
1986	13	162.70	2.211387553
1987	14	159.30	2.202215776
1988	15	151.60	2.180699201
1989	16	179.90	2.255031163
1990	17	179.90	2.255031163
1991	18	175.90	2.245265839
1992	19	119.00	2.075546961
1993	20	145.60	2.163161375
1994	21	120.80	2.082066934
1995	22	115.50	2.062581984
1996	23	84.90	1.92890769
1997	24	79.95	1.902818468
1998	25	106.40	2.026941628
2000	27	94.50	1.975431809
2002	29	99.96	1.999826247
2003	30	128.50	2.108903128
2004	31	108.80	2.036628895
2005	32	143.70	2.157456768
2006	33	137.00	2.136720567
2007	34	106.40	2.026941628
2008	35	137.00	2.136720567
2009	36	137.00	2.136720567
2010	37	137.10	2.137037455
2011	38	155.30	2.191171456
2012	39	119.00	2.075546961
2013	40	144.00	2.158362492
2014	41	137.80	2.139249218
2015	42	99.70	1.998695158
2016	43	147.80	2.169674434
2017	44	165.00	2.217483944
2018	45	165.00	2.217483944
2019	46	85.13	1.930104952
2020	47	170.65	2.232118508
2021	48	125.91	2.100046427
2022	49	94.75	1.976575552
2023	50	60.24	1.77985252
	MEDIA	**132.08**	**2.109929965**

s =	28.15
s_{LOGQ} =	0.10
COEF.AS.LOG=	-0.9977
k =	-0.1663

3.1.1 Por distribución normal

Se emplea la siguiente ecuación.

$$Q = \overline{Q} + K_T \ \sigma_Q$$

K_T: factor de frecuencia que depende del periodo de retorno del evento.

Por distribución normal K_T se halla con la siguiente ecuación:

$$K_T = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$W = \left[Ln\left(\frac{1}{P^2}\right)\right]^{1/2}$$

P: probabilidad de ocurrencia del evento.

$$P = \frac{1}{T}$$

T: periodo de retorno del evento, (años).

Tabla 8. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación El Hoyo.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTACIÓN EL HOYO (23197410)				
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.1774100	-0.00000010	132.08
2.33	0.43	1.3006677	0.17809969	137.09
5	0.20	1.7941226	0.84145672	155.77
10	0.10	2.1459660	1.28172876	168.16
25	0.04	2.5372725	1.75107653	181.37
50	0.02	2.7971496	2.05418859	189.90
100	0.01	3.0348543	2.32678533	197.57

3.1.2 Por distribución Gumbell

El procedimiento es similar al anterior, pero en el factor de frecuencia del evento se emplea el factor de frecuencia de Gumbell, el cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\Pi}\left\{0.5772 + Ln\left[Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

Tabla 9. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación El Hoyo.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN GUMBELL ESTACIÓN EL HOYO (23197410)			
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	-0.164272	127.46
2.33	0.43	0.001082	132.11
5	0.20	0.719457	152.33
10	0.10	1.304563	168.80
25	0.04	2.043846	189.61
50	0.02	2.592288	205.05
100	0.01	3.136681	220.37

3.1.3 Por distribución Log Pearson tipo III

Esta distribución emplea para la predicción de los caudales los logaritmos en base 10 de los datos presentes en el registro histórico.

$$\text{LOG Q} = \overline{LOGQ} + K_T \ \sigma_{LOGQ}$$

El factor de frecuencia de Log Pearson se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(Z^3 - 6Z)k^2 - (Z^2 - 1)k^3 + Zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Z: Se calcula igual que el factor de frecuencia de distribución normal.

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

Cs: Coeficiente de asimetría que se calcula con los logaritmos de los datos.

$$Cs = \frac{n\sum(logx - \overline{logx})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma logx)^3}$$

k =- 0.0812

Tabla 10. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, estación Aguas Claras

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III ESTACIÓN EL HOYO (23197410)						
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	Z	K_T	LOG Q	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.17741002	-0.0000001010	0.161647	2.13	133.79
2.33	0.43	1.30066773	0.1780996895	0.324956	2.14	139.03
5	0.20	1.79412258	0.8414567174	0.848220	2.20	157.22
10	0.10	2.14596603	1.2817287565	1.127253	2.22	167.87
25	0.04	2.53727248	1.7510765311	1.370930	2.25	177.77
50	0.02	2.79714962	2.0541885887	1.501420	2.26	183.30
100	0.01	3.03485426	2.3267853326	1.602269	2.27	187.70

3.1.4 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov

Tabla 11. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	132.08	DESV.EST=	28.15

DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	z = KT	F-normal	D
1	179.9	0.021	0.979	1.699	0.955	0.024
2	179.9	0.042	0.958	1.699	0.955	0.003
3	175.9	0.063	0.938	1.557	0.940	0.003
4	170.7	0.083	0.917	1.370	0.915	0.002
5	165.0	0.104	0.896	1.170	0.879	0.017
6	165.0	0.125	0.875	1.170	0.879	0.004
7	163.5	0.146	0.854	1.116	0.868	0.014
8	162.7	0.167	0.833	1.088	0.862	0.028
9	160.0	0.188	0.813	0.992	0.839	0.027
10	159.3	0.208	0.792	0.967	0.833	0.042
11	155.3	0.229	0.771	0.825	0.795	0.024
12	154.0	0.250	0.750	0.779	0.782	0.032
13	153.1	0.271	0.729	0.747	0.772	0.043
14	151.6	0.292	0.708	0.693	0.756	0.048
15	147.8	0.313	0.688	0.558	0.712	0.024
16	145.6	0.333	0.667	0.480	0.684	0.018
17	144.0	0.354	0.646	0.423	0.664	0.018
18	143.7	0.375	0.625	0.413	0.660	0.035
19	137.8	0.396	0.604	0.203	0.581	0.024
20	137.1	0.417	0.583	0.178	0.571	0.013
21	137.0	0.438	0.563	0.175	0.569	0.007
22	137.0	0.458	0.542	0.175	0.569	0.028
23	137.0	0.479	0.521	0.175	0.569	0.049
24	135.6	0.500	0.500	0.125	0.550	0.050
25	135.0	0.521	0.479	0.104	0.541	0.062

26	129.0	0.542	0.458	-0.109	0.456	0.002
27	128.5	0.563	0.438	-0.127	0.449	0.012
28	127.5	0.583	0.417	-0.163	0.435	0.019
29	125.9	0.604	0.396	-0.219	0.413	0.017
30	125.0	0.625	0.375	-0.252	0.401	0.026
31	122.5	0.646	0.354	-0.340	0.367	0.013
32	120.9	0.667	0.333	-0.397	0.346	0.012
33	120.8	0.688	0.313	-0.401	0.344	0.032
34	119.0	0.708	0.292	-0.465	0.321	0.029
35	119.0	0.729	0.271	-0.465	0.321	0.050
36	115.5	0.750	0.250	-0.589	0.278	0.028
37	108.8	0.771	0.229	-0.827	0.204	0.025
38	106.4	0.792	0.208	-0.912	0.181	0.028
39	106.4	0.813	0.188	-0.912	0.181	0.007
40	100.0	0.833	0.167	-1.141	0.127	0.040
41	99.7	0.854	0.146	-1.150	0.125	0.021
42	94.7	0.875	0.125	-1.326	0.092	0.033
43	94.5	0.896	0.104	-1.335	0.091	0.013
44	85.1	0.917	0.083	-1.668	0.048	0.036
45	84.9	0.938	0.063	-1.676	0.047	0.016
46	80.0	0.958	0.042	-1.852	0.032	0.010
47	60.2	0.979	0.021	-2.552	0.005	0.015

D K-S =	**0.062**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.198**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.062 < 0.198, No rechaza la hipótesis nula.

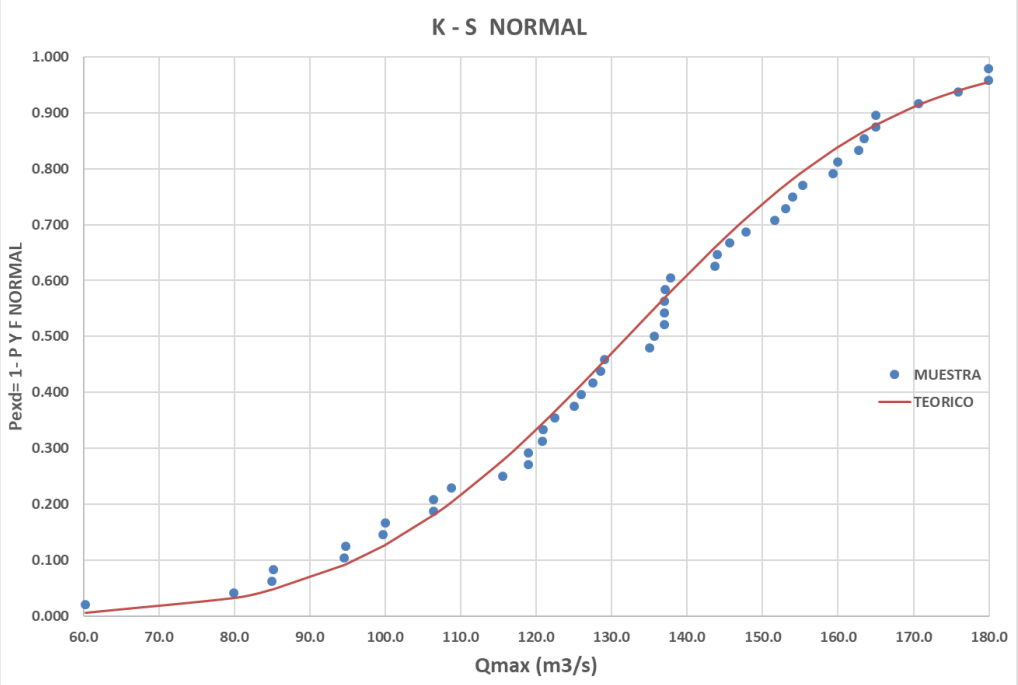


Tabla 12. Cálculos de la prueba chi cuadrado para los resultados de la distribución Gumbell.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	132.08	a=	21.9
			DESV.EST=	28.15	u=	119.4
DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	Y	F-Gumbel	D
1	179.9	0.021	0.979	2.756	0.938	0.041
2	179.9	0.042	0.958	2.756	0.938	0.020
3	175.9	0.063	0.938	2.574	0.927	0.011
4	170.7	0.083	0.917	2.335	0.908	0.009
5	165.0	0.104	0.896	2.077	0.882	0.014
6	165.0	0.125	0.875	2.077	0.882	0.007
7	163.5	0.146	0.854	2.009	0.874	0.020
8	162.7	0.167	0.833	1.972	0.870	0.037
9	160.0	0.188	0.813	1.849	0.854	0.042
10	159.3	0.208	0.792	1.817	0.850	0.058
11	155.3	0.229	0.771	1.635	0.823	0.052
12	154.0	0.250	0.750	1.576	0.813	0.063
13	153.1	0.271	0.729	1.535	0.806	0.077
14	151.6	0.292	0.708	1.467	0.794	0.086
15	147.8	0.313	0.688	1.293	0.760	0.073
16	145.6	0.333	0.667	1.193	0.738	0.072
17	144.0	0.354	0.646	1.120	0.722	0.076
18	143.7	0.375	0.625	1.107	0.718	0.093
19	137.8	0.396	0.604	0.838	0.649	0.045
20	137.1	0.417	0.583	0.806	0.640	0.056
21	137.0	0.438	0.563	0.801	0.638	0.076
22	137.0	0.458	0.542	0.801	0.638	0.097
23	137.0	0.479	0.521	0.801	0.638	0.118
24	135.6	0.500	0.500	0.738	0.620	0.120
25	135.0	0.521	0.479	0.710	0.612	0.133
26	129.0	0.542	0.458	0.437	0.524	0.066
27	128.5	0.563	0.438	0.414	0.516	0.079
28	127.5	0.583	0.417	0.368	0.501	0.084
29	125.9	0.604	0.396	0.296	0.475	0.079
30	125.0	0.625	0.375	0.255	0.461	0.086
31	122.5	0.646	0.354	0.141	0.419	0.065
32	120.9	0.667	0.333	0.068	0.393	0.059
33	120.8	0.688	0.313	0.063	0.391	0.079
34	119.0	0.708	0.292	-0.019	0.361	0.069
35	119.0	0.729	0.271	-0.019	0.361	0.090
36	115.5	0.750	0.250	-0.178	0.303	0.053
37	108.8	0.771	0.229	-0.484	0.198	0.032
38	106.4	0.792	0.208	-0.593	0.164	0.045
39	106.4	0.813	0.188	-0.593	0.164	0.024
40	100.0	0.833	0.167	-0.886	0.088	0.078
41	99.7	0.854	0.146	-0.898	0.086	0.060

42	94.7	0.875	0.125	-1.124	0.046	0.079
43	94.5	0.896	0.104	-1.135	0.045	0.060
44	85.1	0.917	0.083	-1.562	0.008	0.075
45	84.9	0.938	0.063	-1.573	0.008	0.054
46	80.0	0.958	0.042	-1.798	0.002	0.039
47	60.2355	0.979	0.021	-2.696	0.000	0.021

D K-S =	**0.133**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.198**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.133 < 0.198, No se rechaza la hipótesis nula.

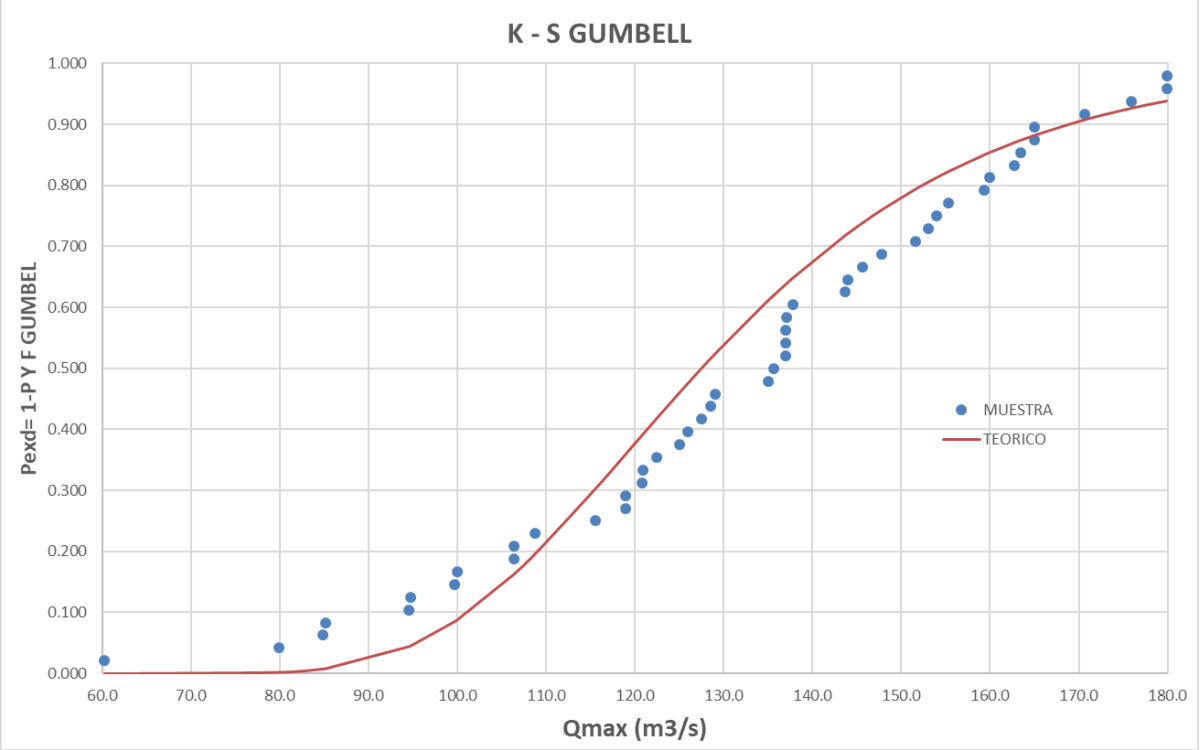


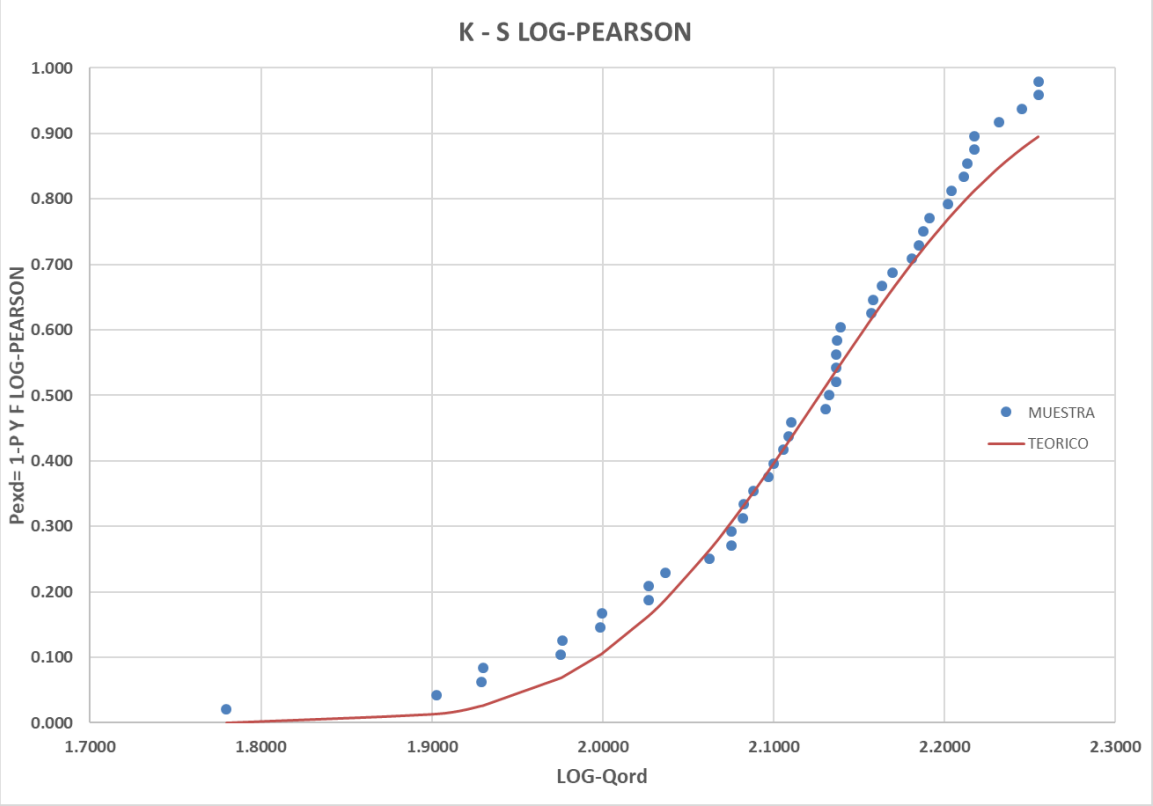
Tabla 13. Cálculos de la prueba chi cuadrado para los resultados de la distribución Log Pearson Tipo III.

Wwbull b=	0	**PROMEDIO=**	2.11	**COEF. ASI=**	-1.00	**D K-S =**	**0.084**	**Nivel significa**	**a**	0.05
		DESV.EST=	0.10	**k=**	-0.17	**D Critico =**	**0.198**	**Nivel confianza**	**1 - a**	0.95

DISTRIBUCION MUESTRA				DISTRIBUCION TEORICO						DIFERENCIA
n	**LOG-Qord**	**P**	**Pexd= 1-P=F**	**KT Datos**	**P Log-pearson**	**Z**	**KT Log-pearson**	**Error KT**	**F Log-pearson**	**D**
1	2.2550	0.021	0.979	1.422	0.105	1.255	1.422	0.000000	0.895	0.084
2	2.2550	0.042	0.958	1.422	0.105	1.255	1.422	0.000000	0.895	0.063
3	2.2453	0.063	0.938	1.326	0.123	1.160	1.326	0.000000	0.877	0.061
4	2.2321	0.083	0.917	1.197	0.151	1.031	1.197	0.000000	0.849	0.068
5	2.2175	0.104	0.896	1.054	0.187	0.888	1.054	0.000000	0.813	0.083
6	2.2175	0.125	0.875	1.054	0.187	0.888	1.054	0.000000	0.813	0.062
7	2.2135	0.146	0.854	1.015	0.198	0.849	1.015	0.000000	0.802	0.052
8	2.2114	0.167	0.833	0.994	0.204	0.828	0.994	0.000000	0.796	0.037
9	2.2041	0.188	0.813	0.923	0.225	0.757	0.923	0.000000	0.775	0.037
10	2.2022	0.208	0.792	0.904	0.230	0.738	0.904	0.000000	0.770	0.022
11	2.1912	0.229	0.771	0.796	0.264	0.630	0.796	0.000000	0.736	0.035
12	2.1875	0.250	0.750	0.760	0.276	0.594	0.760	0.000000	0.724	0.026
13	2.1850	0.271	0.729	0.735	0.285	0.569	0.735	0.000000	0.715	0.014
14	2.1807	0.292	0.708	0.693	0.299	0.527	0.693	0.000000	0.701	0.007
15	2.1697	0.313	0.688	0.585	0.338	0.419	0.585	0.000000	0.662	0.025
16	2.1632	0.333	0.667	0.522	0.361	0.355	0.522	0.000000	0.639	0.028
17	2.1584	0.354	0.646	0.475	0.379	0.308	0.475	0.000000	0.621	0.025
18	2.1575	0.375	0.625	0.466	0.382	0.299	0.466	0.000000	0.618	0.007
19	2.1392	0.396	0.604	0.287	0.452	0.121	0.287	0.000000	0.548	0.056
20	2.1370	0.417	0.583	0.266	0.460	0.099	0.266	0.000000	0.540	0.044
21	2.1367	0.438	0.563	0.262	0.462	0.096	0.262	0.000000	0.538	0.024
22	2.1367	0.458	0.542	0.262	0.462	0.096	0.262	0.000000	0.538	0.003
23	2.1367	0.479	0.521	0.262	0.462	0.096	0.262	0.000000	0.538	0.018
24	2.1323	0.500	0.500	0.219	0.479	0.053	0.219	0.000000	0.521	0.021
25	2.1303	0.521	0.479	0.200	0.487	0.034	0.200	0.000000	0.513	0.034
26	2.1106	0.542	0.458	0.006	0.563	-0.160	0.006	0.000000	0.437	0.022
27	2.1089	0.563	0.438	-0.010	0.570	-0.176	-0.010	0.000000	0.430	0.007
28	2.1055	0.583	0.417	-0.043	0.583	-0.210	-0.043	0.000000	0.417	0.000
29	2.1000	0.604	0.396	-0.097	0.604	-0.263	-0.097	0.000000	0.396	0.000
30	2.0969	0.625	0.375	-0.128	0.616	-0.294	-0.128	0.000000	0.384	0.009
31	2.0881	0.646	0.354	-0.214	0.648	-0.380	-0.214	0.000000	0.352	0.002
32	2.0824	0.667	0.333	-0.269	0.668	-0.436	-0.269	0.000000	0.332	0.002
33	2.0821	0.688	0.313	-0.273	0.670	-0.439	-0.273	0.000000	0.330	0.018
34	2.0755	0.708	0.292	-0.337	0.693	-0.503	-0.337	0.000000	0.307	0.016
35	2.0755	0.729	0.271	-0.337	0.693	-0.503	-0.337	0.000000	0.307	0.037
36	2.0626	0.750	0.250	-0.464	0.736	-0.630	-0.464	0.000000	0.264	0.014
37	2.0366	0.771	0.229	-0.718	0.812	-0.884	-0.718	0.000000	0.188	0.041
38	2.0269	0.792	0.208	-0.813	0.836	-0.979	-0.813	0.000000	0.164	0.045

39	2.0269	0.813	0.188	-0.813	0.836	-0.979	-0.813	0.000000	0.164	0.024
40	1.9998	0.833	0.167	-1.079	0.893	-1.245	-1.079	0.000000	0.107	0.060
41	1.9987	0.854	0.146	-1.090	0.895	-1.256	-1.090	0.000000	0.105	0.041
42	1.9766	0.875	0.125	-1.307	0.930	-1.473	-1.307	0.000000	0.070	0.055
43	1.9754	0.896	0.104	-1.318	0.931	-1.484	-1.318	0.000000	0.069	0.035
44	1.9301	0.917	0.083	-1.762	0.973	-1.928	-1.762	0.000000	0.027	0.056
45	1.9289	0.938	0.063	-1.774	0.974	-1.940	-1.774	0.000000	0.026	0.036
46	1.9028	0.958	0.042	-2.029	0.986	-2.195	-2.029	0.000000	0.014	0.028
47	1.7799	0.979	0.021	-3.234	1.000	-3.400	-3.234	0.000000	0.000	0.020

Como 0.084 < 0.198, No se rechaza la hipótesis nula.



3.1.5 Caudal Tr100 rio San Alberto. Estación limnigráfica El Hoyo.

Tabla 14. Caudales máximos calculados Rio San Alberto: Estación El Hoyo

T (años)	NORMAL	GUMBEL	LOG-PEARSON
2	132.1	127.5	133.8
2.33	137.1	132.1	139.0
5	155.8	152.3	157.2
10	168.2	168.8	167.9
25	181.4	189.6	177.8
50	189.9	205.0	183.3
100	197.6	220.4	187.7

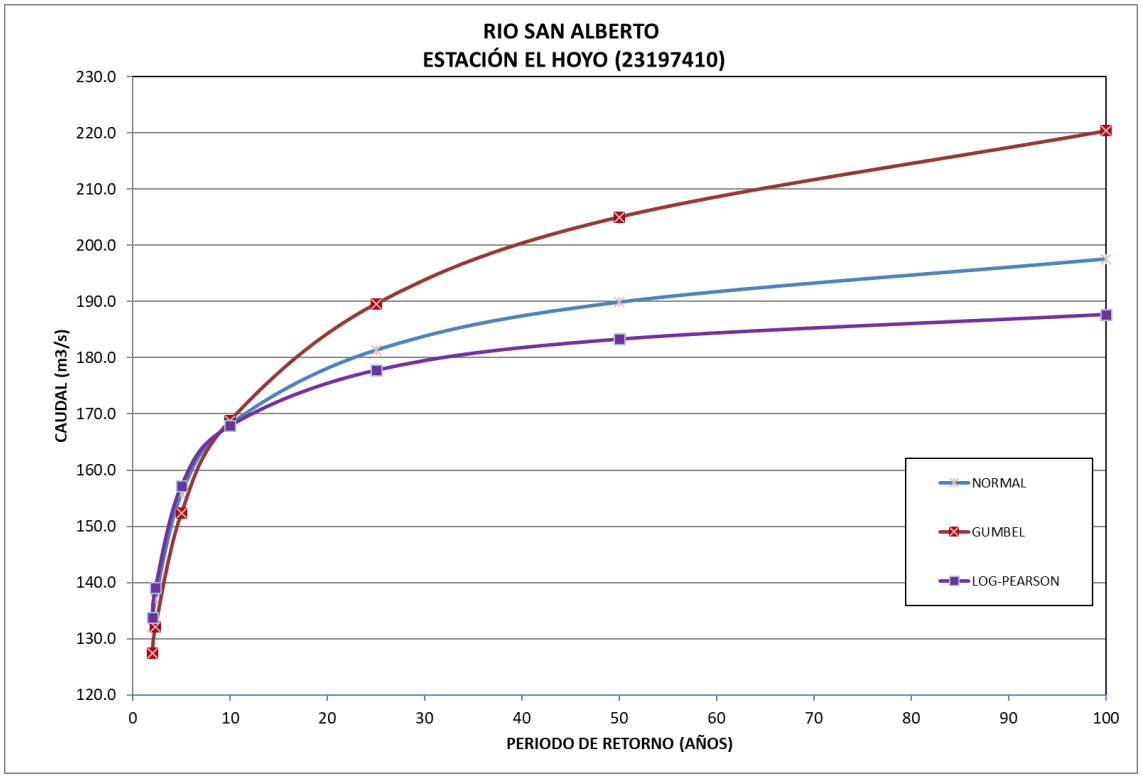


Tabla 15.Cuantiles de caudal y coherencia hidrológica.

CUANTILES DE CAUDAL Y COHERENCIA HIDROLÓGICA			
Tr (Años)	DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD (m^3/s)		
	NORMAL	GUMBEL	LOG-PEARSON III
2	132.1	127.5	133.8
2.33	137.1	132.1	139.0
5	155.8	152.3	157.2
10	168.2	168.8	167.9
25	181.4	189.6	177.8
50	189.9	205.0	183.3
100	197.6	220.4	187.7
Q_{100}/Q_{MAX}	**1.10**	**1.22**	**1.04**
Evaluación Hidrológica	**Conservadora**	**Crecimiento coherente**	**Subestima extremos**

Aunque las tres distribuciones superaron la prueba de Kolmogorov–Smirnov, la distribución Log-Pearson Tipo III fue descartada por subestimar los cuantiles extremos. Entre Gumbel y Normal, la primera mostró un crecimiento progresivo y una relación más equilibrada con el máximo observado, por lo cual fue seleccionada como la más coherente hidrológicamente para el análisis de caudales máximos.

3.2. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN: LA CABAÑA – AUT [16057030]

Tabla 16. Valores máximos mensuales de caudales estación La Cabaña Aut

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDAL (m^3/s) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO: 2026/01/02										ESTACIÓN: LA CABANA – AUT [16057030]			
LATITUD 8.20 N			TIPO EST LIMNIMÉTRICA				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACIÓN 15/08/1974		
LONGITUD -73.32 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO OCAÑA				FECHA-SUSPENSIÓN		
ELEVACIÓN 1220 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES – ARAUCA				CORRIENTE						
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1972	97	9.9	22.4	126	59	24	8.8	14.4	79	46	16	4.3	126.0
1973	3.13	2.4	57.7	52.5	26.2	126	23.2	27.3	185	185	348.7	20	348.7
1974	7.4	10.6	8.4	32.8	115.4	24	25.1	20.8	223.5	255	24	10.6	255.0
1975	7	6.5	32.8	56.4	113.1	75.2	59	52.5	1008	303.2	319.8	178	1008.0
1976	9.88	5.65	10.6	97	89	22.4	10.24	69.8	11.68	85	13.3	4.3	97.0
1977	3.4	7.1	6.1	19.8	157	89.8	45.1	82.8	54.1	181.8	84.2	3.9	181.8
1978	2.56	4.85	80	119.6	113.2	57.6	60.2	49.12	22.26	35.27	23.97	7.56	119.6
1979	6.43	5.32	5.69	22.5	24.96	50.6	17.77	21.54	66.93	15.49	26.46	8.92	66.9
1980	8.73	4.636	7.95	8.34	19.17	16.4	10.14	36.35	31.32	28.74	34.21	12.01	36.4
1981	3.78	4.81	11.16	60.5	208.9	102	53.1	159.2	72.5	87.8	103.2	76.8	208.9
1982	11.32	26.67	19.94	54.92	225.9	30.7	10.49	24.08	54.92	67.46	19.37	8.01	225.9
1983	3.4	19.9	9.7	66.4	117.1	159.2	58.7	49.6	70.5	90.1	23.4	10.1	159.2
1984	5.3	37.3	13.1	58.7	36.5	13.1	53.1	106.9	298.1	112	90.1	9.7	298.1
1985	6	13.6	14.1	23.4	42.8	48.7	22.8	154.7	162.2	87.8	62.4	46.1	162.2
1986	9.7	10.5	10.9	58.7	44.4	44.4	8	16.1	59.6	264.8	71.5	7	264.8
1987	7.68	15.11	24.08	43.61	72.49	23.44	21.65	54.92		54.92	53.05	51.32	72.5
1988	5.4	6.6	4.12	38.05	70.64	58.4	43.78	87.2	78.8	40.3	78.8	19.8	87.2
1989	14.22	17.94	24.76	15.46	41.17	44.65	22.9	39.55	68.6	68.6	32.12	45.52	68.6
1990	6.6	7	6.6	33.6	42.9	35	49	81.2	43.8	112.4	52.8	9.1	112.4
1991	7.95	6.2	7.6	46.39	86	63.72	10.42	13.6	64.48	44.65	23.52	3.8	86.0
1992	36.55	2.02	1.18	43.78	58.4	58.4	10.05	14.78	26.36	13.02	26.36	15.05	58.4
1993	6.73	14.78	21.86	20.59	29	19.15	13.02	12.26	32.63	30.85	24.61	9.5	32.6
1994	6	24.61	14.78	21.54	30.85	15.86	7.73	16.13	19.43	24.03	32.63		32.6
1995				32.86	81.09	23.57	27.81	21.97	62.32	88.02	18.6	9.21	88.0
1996	5.27	5.55	20.43	40.38	34.66	35.14	24.74	50.31	36.19	45.61	9.42	7.76	50.3
1997	5.29	9.58	3.81			3.13	16.42	15.47	17.48	37.66	32.12	9.58	37.7
1998	7.1	13.6	22.7	45.5	20.6	43.2	28.4	54.9	66.6	138.7	43.2	44.4	138.7
1999	5.3	39.9	43.2	15.9		41.5	47.9	21.7	60.8	123.8	77.9	24.7	123.8

2000	6.4	6.77		11.66	24.73	12.14	7.51	9.17	69.54	18	15.95	8.34	69.5
2001	2.91	1.45	7.92	2.91	7.51	4.18						14.04	14.0
2002	4.55	3.59	7.92	12.61	21.69								21.7
2003												33.78	33.8
2004	25.74	7.51	6.4	50.8	47.87	45.53	46.7	29.98	45.53	47.87	43.19	17.48	50.8
2005	7.51	6.03	19.05	27.83	63.68	47.87	16.42	36.55	21.16	38.76	50.8	17.48	63.7
2006	31.05	14.52	31.05	101.5	85.96	51.39	50.8	77.86	110.6	67.19	47.87	10.41	110.6
2007	4.985	2.446	9.48	41.8	57.55	19	36.8	92.11	114.2	157.4	57.55	8.08	157.4
2008	4.985	6.68	4.716	25.3	98.42	36.8	25.3	58.5	144.8	143.6	44.5	14.7	144.8
2009	9.83	9.48	40	17.09	70.1	80.57	16.13	76.38	65.15	45.4	70.1	9.83	80.6
2010	3.909	4.178	49	19.63	68	150.6	68	144.8	173.4	52.8	58.5	120.5	173.4
2011	16.13	12.9	41.8	83.71	156.3	105.8	74.28	143.6	198.5	60.4	85.81	53.75	198.5
2012	8.78	8.43	9.13	88.95	78.47	11.15	22.78	43.6	45.4	68	96.32	48.1	96.3
2013	4.447	12.9	10.71	45.4	44.5	29.99	11.59	74.28	74.28	61.35	128.9	21.52	128.9
2014	7.03	20.89	29.99	25.3	78.47	4.178	2.645	22.15	111.1	96.32	100.5	9.83	111.1
2016	12.2	12.9	18.6	32.9	266.1	73.2	5.1	47.1	14.0	109.7	68.3	69.5	266.1
2017	6.3	5.1	67.1	91.0	152.6	171.1	200.3	249.7	239.8	249.7	192.3	17.2	249.7
2018	29.2	3.3	13.3	157.9	197.6	165.8	42.6	46.2	176.4	300.7	53.7	6.0	300.7
2019	3.6	2.8	10.3	94.2	84.5	44.4	6.3	14.9	21.7	24.9	20.5	7.4	94.2
2020	3.0	2.9	4.3	6.1	16.3	9.4	14.0	8.6	16.3	12.9	14.0	9.4	16.3
2021	3.3	1.6	3.9		74.8	281.5	105.5	266.1	176.4	176.4	203.6	10.7	281.5
2022	6.3	12.2	26.1	122.2									122.2
MED	6.415	7.05	13.1	41.8	69.05	44.4	23.05	46.63	66.6	67.73	49.335	10.6	111.75
MAX	97	39.9	80	157.902	266.13	281.474	200.27	266.13	1008	303.2	348.7	178	1008
MIN	2.56	1.45	1.18	2.91	7.51	3.13	2.645	8.552	11.68	12.907	9.42	3.8	14.04

3.2.1 Pruebas estadísticas.

PROM. LOG=	2.02
DES. ES. LOG=	0.36
# DATOS	50
K_n=	2.768

$$\mathrm{Log}(Q_{max,min}) = \mu_{LogQ} \pm K_n * \sigma_{LogQ}$$

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

LOG (Qmax)=	3.030	Q(Lim-sup)=	1071.9	Qmax=	1008.0
LOG (Qmin)=	1.010	Q(Lim-inf)=	10.2	Qmin=	14.0

Todos los datos de caudal se encuentran dentro de los límites permitidos por la prueba; por lo tanto, la totalidad de los datos se usaron en los cálculos hidrológicos.

PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD (F.D.P.)			
PARÁMETRO	**POBLACIÓN**	**MUESTRA**	**VALOR**
NUMERO DE DATOS		**n**	50
PROMEDIO			146.66
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		**S**	150.69
VARIANZA		**s2**	22706.99
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		**CV**	1.03
CAUDAL MÁXIMO (Qmax)		**Qmax**	1008
CAUDAL MÍNIMO (Qmin)		**Qmin**	14.04
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA		**Cs**	4.00

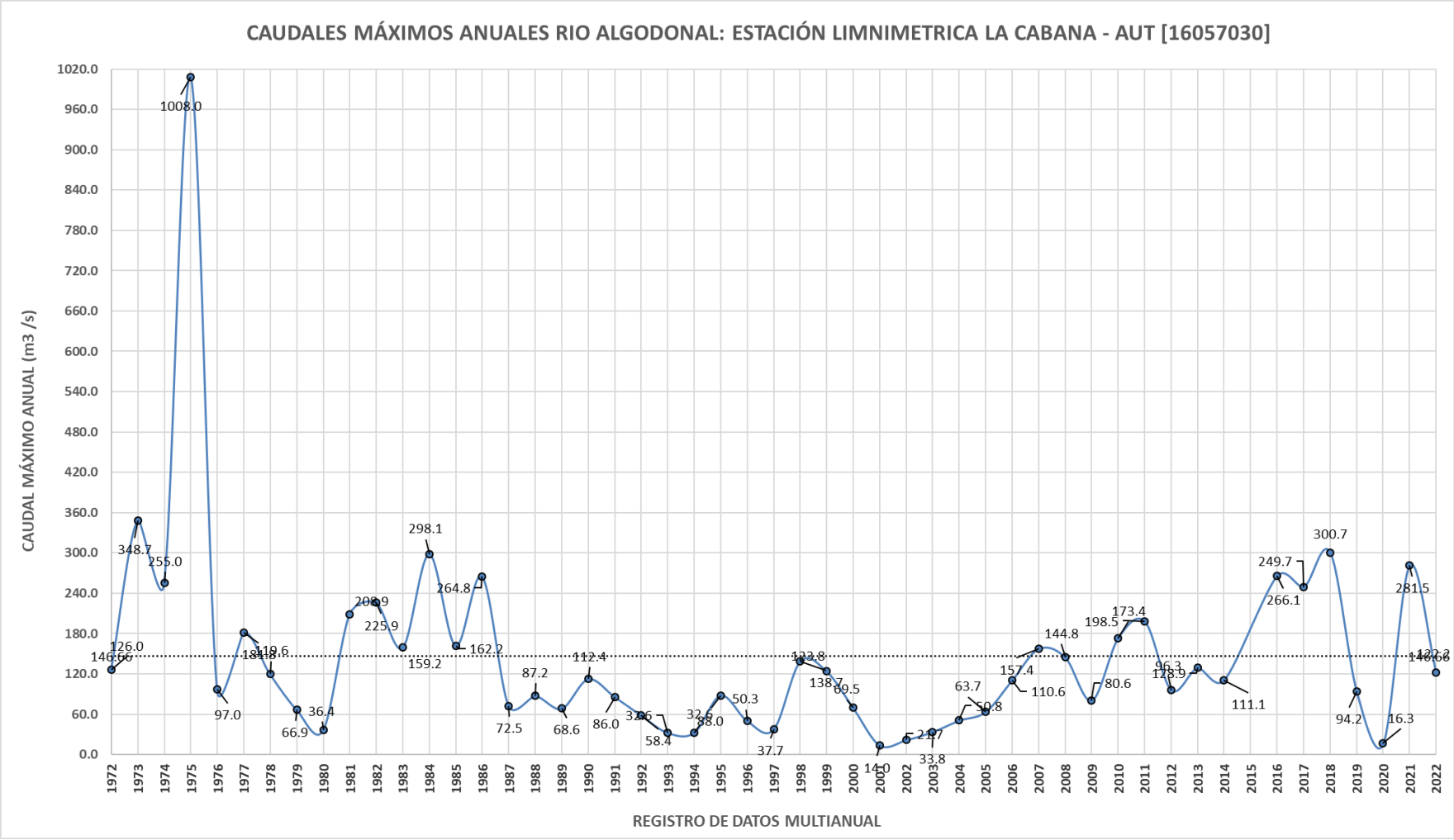


Figura 11. Caudales máximos anuales, rio Algodonal: Estación La Cabaña - Aut (16057030)

Tabla 17. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación La Cabaña – Aut.

CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN LA CABANA – AUT [16057030]			
AÑO	N	Q (m^3/seg)	LOG Q
1972	1	126.00	2.100370545
1973	2	348.70	2.542451947
1974	3	255.00	2.40654018
1975	4	1008.00	3.003460532
1976	5	97.00	1.986771734
1977	6	181.80	2.259593879
1978	7	119.60	2.07773118
1979	8	66.93	1.825620825
1980	9	36.35	1.560504415
1981	10	208.90	2.31993844
1982	11	225.90	2.353916231
1983	12	159.20	2.201943063
1984	13	298.10	2.474361976
1985	14	162.20	2.21005085
1986	15	264.80	2.422917981
1987	16	72.49	1.8602781
1988	17	87.20	1.940516485
1989	18	68.60	1.836324116
1990	19	112.40	2.050766311
1991	20	86.00	1.934498451
1992	21	58.40	1.766412847
1993	22	32.63	1.513617074
1994	23	32.63	1.513617074
1995	24	88.02	1.944581364
1996	25	50.31	1.701654317
1997	26	37.66	1.575880316
1998	27	138.70	2.142076461
1999	28	123.80	2.092720645
2000	29	69.54	1.842234686
2001	30	14.04	1.147367108
2002	31	21.69	1.336259552
2003	32	33.78	1.528659645
2004	33	50.80	1.705863712
2005	34	63.68	1.804003055
2006	35	110.60	2.043755127
2007	36	157.40	2.197004728
2008	37	144.80	2.160768562
2009	38	80.57	1.906173364
2010	39	173.40	2.239049093

2011	40	198.50	2.297760511
2012	41	96.32	1.983716474
2013	42	128.90	2.110252917
2014	43	111.10	2.045714059
2016	44	266.13	2.425093834
2017	45	249.67	2.397357664
2018	46	300.65	2.478066986
2019	47	94.19	1.974011713
2020	48	16.33	1.21285319
2021	49	281.47	2.449438285
2022	50	122.22	2.087156493
	MEDIA	**146.66**	**2.019833562**

s =	150.69
s_{LOGQ} =	0.36
COEF.AS.LOG=	-0.1943
k =	-0.0324

3.2.1 Por distribución normal

Se emplea la siguiente ecuación.

$$Q = \overline{Q} + K_T \ \sigma_Q$$

K_T: factor de frecuencia que depende del periodo de retorno del evento.

Por distribución normal K_T se halla con la siguiente ecuación:

$$K_T = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$W = \left[Ln\left(\frac{1}{P^2}\right)\right]^{1/2}$$

P: probabilidad de ocurrencia del evento.

$$P = \frac{1}{T}$$

T: periodo de retorno del evento, (años).

Tabla 18. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación La Cabaña – Aut.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTACIÓN LA CABANA – AUT [16057030]				
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.1774100	-0.00000010	146.66
2.33	0.43	1.3006677	0.17809969	173.50
5	0.20	1.7941226	0.84145672	273.46
10	0.10	2.1459660	1.28172876	339.80
25	0.04	2.5372725	1.75107653	410.53
50	0.02	2.7971496	2.05418859	456.20
100	0.01	3.0348543	2.32678533	497.28

3.2.2 Por distribución Gumbell

El procedimiento es similar al anterior, pero en el factor de frecuencia del evento se emplea el factor de frecuencia de Gumbell, el cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\Pi}\left\{0.5772 + Ln\left[Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

Tabla 19. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación La Cabaña – Aut.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN GUMBELL ESTACIÓN LA CABANA – AUT [16057030]			
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	-0.164272	121.91
2.33	0.43	0.001082	146.83
5	0.20	0.719457	255.08
10	0.10	1.304563	343.24
25	0.04	2.043846	454.65
50	0.02	2.592288	537.29
100	0.01	3.136681	619.32

3.2.3 Por distribución log Pearson tipo III

Esta distribución emplea para la predicción de los caudales los logaritmos en base 10 de los datos presentes en el registro histórico.

$$\text{LOG Q} = \overline{LOGQ} + K_T \ \sigma_{LOGQ}$$

El factor de frecuencia de Log Pearson se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(Z^3 - 6Z)k^2 - (Z^2 - 1)k^3 + Zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Z: Se calcula igual que el factor de frecuencia de distribución normal.

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

Cs: Coeficiente de asimetría que se calcula con los logaritmos de los datos.

$$Cs = \frac{n\sum(logx - \overline{logx})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma logx)^3}$$

k =- 0.035

Tabla 20. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, estación La Cabaña – Aut.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III ESTACIÓN LA CABANA – AUT [16057030]						
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	Z	K_T	LOG Q	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.17741002	-0.0000001010	0.032342	2.03	107.56
2.33	0.43	1.30066773	0.1780996895	0.209044	2.10	124.78
5	0.20	1.79412258	0.8414567174	0.849344	2.33	213.72
10	0.10	2.14596603	1.2817287565	1.258989	2.48	301.55
25	0.04	2.53727248	1.7510765311	1.682457	2.63	430.45
50	0.02	2.79714962	2.0541885887	1.948782	2.73	538.43
100	0.01	3.03485426	2.3267853326	2.183557	2.82	655.87

3.2.4 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov

Tabla 21. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	146.66	DESV.EST=	150.69

DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	z = KT	F-normal	D
1	1008.0	0.020	0.980	5.716	1.000	0.020
2	348.7	0.039	0.961	1.341	0.910	0.051
3	300.7	0.059	0.941	1.022	0.847	0.095
4	298.1	0.078	0.922	1.005	0.843	0.079
5	281.5	0.098	0.902	0.895	0.815	0.087
6	266.1	0.118	0.882	0.793	0.786	0.096
7	264.8	0.137	0.863	0.784	0.783	0.079
8	255.0	0.157	0.843	0.719	0.764	0.079
9	249.7	0.176	0.824	0.684	0.753	0.071
10	225.9	0.196	0.804	0.526	0.701	0.103
11	208.9	0.216	0.784	0.413	0.660	0.124
12	198.5	0.235	0.765	0.344	0.635	0.130
13	181.8	0.255	0.745	0.233	0.592	0.153
14	173.4	0.275	0.725	0.177	0.570	0.155
15	162.2	0.294	0.706	0.103	0.541	0.165
16	159.2	0.314	0.686	0.083	0.533	0.153
17	157.4	0.333	0.667	0.071	0.528	0.138
18	144.8	0.353	0.647	-0.012	0.495	0.152
19	138.7	0.373	0.627	-0.053	0.479	0.149
20	128.9	0.392	0.608	-0.118	0.453	0.155
21	126.0	0.412	0.588	-0.137	0.445	0.143
22	123.8	0.431	0.569	-0.152	0.440	0.129
23	122.2	0.451	0.549	-0.162	0.436	0.113
24	119.6	0.471	0.529	-0.180	0.429	0.101
25	112.4	0.490	0.510	-0.227	0.410	0.100
26	111.1	0.510	0.490	-0.236	0.407	0.083
27	110.6	0.529	0.471	-0.239	0.405	0.065
28	97.0	0.549	0.451	-0.330	0.371	0.080
29	96.3	0.569	0.431	-0.334	0.369	0.062
30	94.2	0.588	0.412	-0.348	0.364	0.048
31	88.0	0.608	0.392	-0.389	0.349	0.044
32	87.2	0.627	0.373	-0.395	0.347	0.026
33	86.0	0.647	0.353	-0.403	0.344	0.009
34	80.6	0.667	0.333	-0.439	0.330	0.003
35	72.5	0.686	0.314	-0.492	0.311	0.002
36	69.5	0.706	0.294	-0.512	0.304	0.010
37	68.6	0.725	0.275	-0.518	0.302	0.028
38	66.9	0.745	0.255	-0.529	0.298	0.043
39	63.7	0.765	0.235	-0.551	0.291	0.056
40	58.4	0.784	0.216	-0.586	0.279	0.063

41	50.8	0.804	0.196	-0.636	0.262	0.066
42	50.3	0.824	0.176	-0.639	0.261	0.085
43	37.7	0.843	0.157	-0.723	0.235	0.078
44	36.4	0.863	0.137	-0.732	0.232	0.095
45	33.8	0.882	0.118	-0.749	0.227	0.109
46	32.6	0.902	0.098	-0.757	0.225	0.127
47	32.6	0.922	0.078	-0.757	0.225	0.146
48	21.7	0.941	0.059	-0.829	0.203	0.145
49	16.3	0.961	0.039	-0.865	0.194	0.154
50	14.0	0.980	0.020	-0.880	0.189	0.170

D K-S =	**0.170**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.192**	**Nivel de confianza**	**1 – a**	0.95

Como 0.062 < 0.198, No rechaza la hipótesis nula.

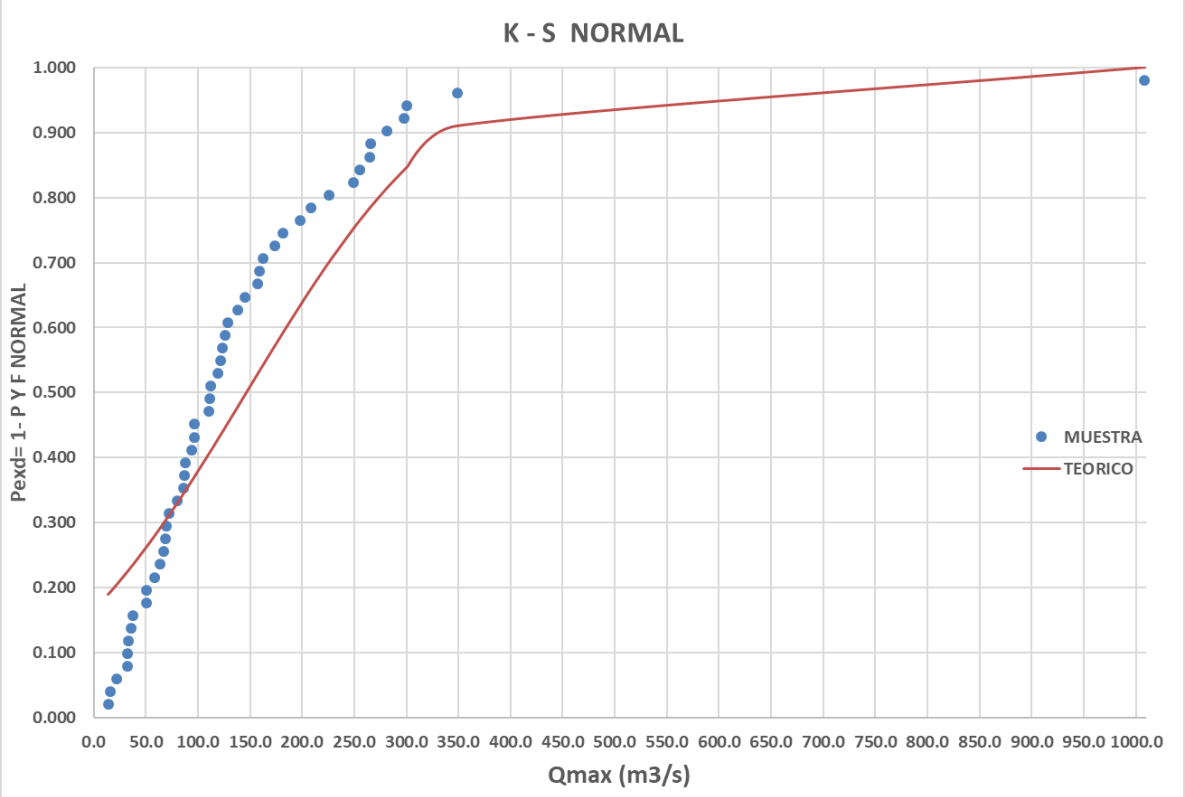


Tabla 22. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	146.66	a=	117.5
			DESV.EST=	150.69	u=	78.8
DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	Y	F-Gumbel	D
1	1008.0	0.020	0.980	7.908	1.000	0.019
2	348.7	0.039	0.961	2.297	0.904	0.056
3	300.7	0.059	0.941	1.888	0.860	0.082
4	298.1	0.078	0.922	1.866	0.857	0.065
5	281.5	0.098	0.902	1.725	0.837	0.065
6	266.1	0.118	0.882	1.594	0.816	0.066
7	264.8	0.137	0.863	1.583	0.814	0.048
8	255.0	0.157	0.843	1.499	0.800	0.043
9	249.7	0.176	0.824	1.454	0.792	0.032
10	225.9	0.196	0.804	1.252	0.751	0.053
11	208.9	0.216	0.784	1.107	0.719	0.066
12	198.5	0.235	0.765	1.018	0.697	0.068
13	181.8	0.255	0.745	0.876	0.659	0.086
14	173.4	0.275	0.725	0.805	0.639	0.086
15	162.2	0.294	0.706	0.709	0.611	0.094
16	159.2	0.314	0.686	0.684	0.604	0.083
17	157.4	0.333	0.667	0.669	0.599	0.068
18	144.8	0.353	0.647	0.561	0.565	0.082
19	138.7	0.373	0.627	0.509	0.548	0.079
20	128.9	0.392	0.608	0.426	0.520	0.087
21	126.0	0.412	0.588	0.401	0.512	0.076
22	123.8	0.431	0.569	0.383	0.506	0.063
23	122.2	0.451	0.549	0.369	0.501	0.048
24	119.6	0.471	0.529	0.347	0.493	0.036
25	112.4	0.490	0.510	0.286	0.472	0.038
26	111.1	0.510	0.490	0.275	0.468	0.022
27	110.6	0.529	0.471	0.270	0.466	0.004
28	97.0	0.549	0.451	0.155	0.425	0.026
29	96.3	0.569	0.431	0.149	0.422	0.009
30	94.2	0.588	0.412	0.131	0.416	0.004
31	88.0	0.608	0.392	0.078	0.397	0.004
32	87.2	0.627	0.373	0.071	0.394	0.021
33	86.0	0.647	0.353	0.061	0.390	0.037
34	80.6	0.667	0.333	0.015	0.373	0.040
35	72.5	0.686	0.314	-0.054	0.348	0.034
36	69.5	0.706	0.294	-0.079	0.339	0.045
37	68.6	0.725	0.275	-0.087	0.336	0.061
38	66.9	0.745	0.255	-0.101	0.331	0.076
39	63.7	0.765	0.235	-0.129	0.321	0.085
40	58.4	0.784	0.216	-0.174	0.304	0.089
41	50.8	0.804	0.196	-0.239	0.281	0.085
42	50.3	0.824	0.176	-0.243	0.279	0.103
43	37.7	0.843	0.157	-0.351	0.242	0.085
44	36.4	0.863	0.137	-0.362	0.238	0.101

45	33.8	0.882	0.118	-0.384	0.230	0.113
46	32.6	0.902	0.098	-0.393	0.227	0.129
47	32.6	0.922	0.078	-0.393	0.227	0.149
48	21.7	0.941	0.059	-0.486	0.197	0.138
49	16.3	0.961	0.039	-0.532	0.182	0.143
50	14.0	0.980	0.020	-0.552	0.176	0.157

Δ K-S =	**0.157**	**Nivel de significancia**	α	0.05
Δ Critico =	**0.192**	**Nivel de confianza**	$1-\alpha$	0.95

Como 0.157< 0.192, No se rechaza la hipótesis nula.

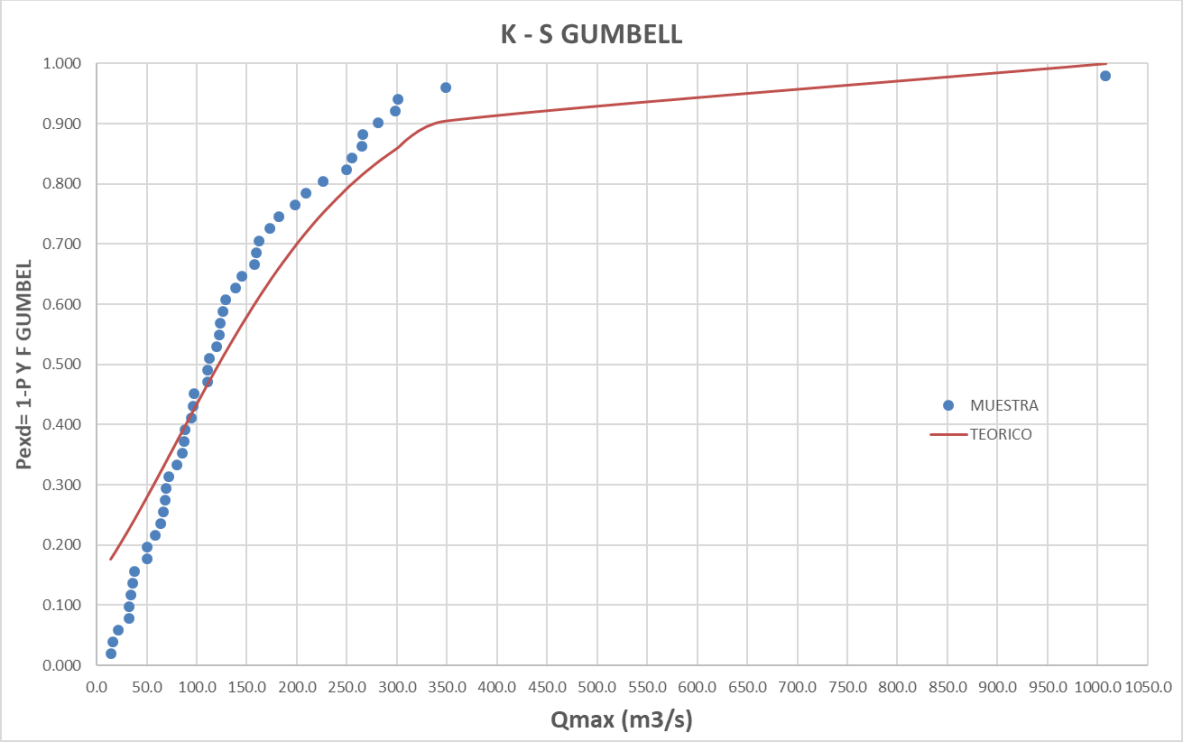


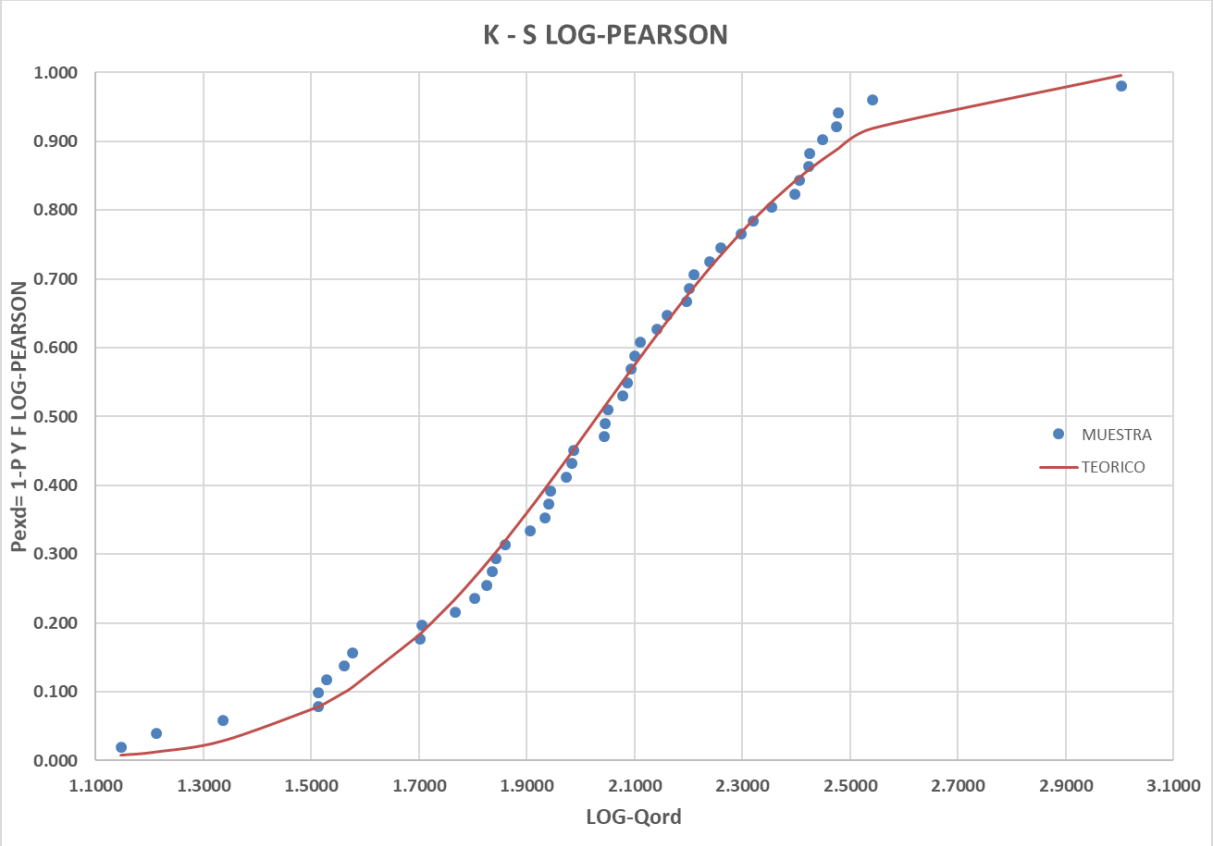
Tabla 23. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson tipo III.

Wwbull b=	0	**PROMEDIO=**	2.02	**COEF. ASI=**	-0.19	**D K-S =**	**0.052**	**Nivel significa**	**a**	0.05
		DESV.EST=	0.36	**k=**	-0.03	**D Critico =**	**0.192**	**Nivel confianza**	**1 – a**	0.95

DISTRIBUCION MUESTRA				DISTRIBUCION TEORICO						DIFERENCIA
n	**LOG-Qord**	**P**	**Pexd= 1-P=F**	**KT Datos**	**P Log-pearson**	**Z**	**KT Log-pearson**	**Error KT**	**F Log-pearson**	**D**
1	3.0035	0.020	0.980	2.695	0.004	2.663	2.695	0.000000	0.996	0.016
2	2.5425	0.039	0.961	1.432	0.081	1.399	1.432	0.000000	0.919	0.042
3	2.4781	0.059	0.941	1.255	0.111	1.223	1.255	0.000000	0.889	0.052
4	2.4744	0.078	0.922	1.245	0.113	1.213	1.245	0.000000	0.887	0.034
5	2.4494	0.098	0.902	1.177	0.126	1.145	1.177	0.000000	0.874	0.028
6	2.4251	0.118	0.882	1.110	0.141	1.078	1.110	0.000000	0.859	0.023
7	2.4229	0.137	0.863	1.104	0.142	1.072	1.104	0.000000	0.858	0.005
8	2.4065	0.157	0.843	1.059	0.152	1.027	1.059	0.000000	0.848	0.005
9	2.3974	0.176	0.824	1.034	0.158	1.002	1.034	0.000000	0.842	0.018
10	2.3539	0.196	0.804	0.915	0.189	0.883	0.915	0.000000	0.811	0.007
11	2.3199	0.216	0.784	0.822	0.215	0.790	0.822	0.000000	0.785	0.001
12	2.2978	0.235	0.765	0.761	0.233	0.729	0.761	0.000000	0.767	0.002
13	2.2596	0.255	0.745	0.657	0.266	0.625	0.657	0.000000	0.734	0.011
14	2.2390	0.275	0.725	0.601	0.285	0.568	0.601	0.000000	0.715	0.010
15	2.2101	0.294	0.706	0.521	0.313	0.489	0.521	0.000000	0.687	0.018
16	2.2019	0.314	0.686	0.499	0.320	0.467	0.499	0.000000	0.680	0.007
17	2.1970	0.333	0.667	0.485	0.325	0.453	0.485	0.000000	0.675	0.008
18	2.1608	0.353	0.647	0.386	0.362	0.354	0.386	0.000000	0.638	0.009
19	2.1421	0.373	0.627	0.335	0.381	0.303	0.335	0.000000	0.619	0.009
20	2.1103	0.392	0.608	0.248	0.415	0.215	0.248	0.000000	0.585	0.023
21	2.1004	0.412	0.588	0.221	0.425	0.188	0.221	0.000000	0.575	0.014
22	2.0927	0.431	0.569	0.200	0.434	0.167	0.200	0.000000	0.566	0.002
23	2.0872	0.451	0.549	0.184	0.440	0.152	0.184	0.000000	0.560	0.011
24	2.0777	0.471	0.529	0.159	0.450	0.126	0.159	0.000000	0.550	0.021
25	2.0508	0.490	0.510	0.085	0.479	0.052	0.085	0.000000	0.521	0.011
26	2.0457	0.510	0.490	0.071	0.485	0.039	0.071	0.000000	0.515	0.025
27	2.0438	0.529	0.471	0.066	0.487	0.033	0.066	0.000000	0.513	0.043
28	1.9868	0.549	0.451	-0.091	0.549	-0.123	-0.091	0.000000	0.451	0.000
29	1.9837	0.569	0.431	-0.099	0.552	-0.131	-0.099	0.000000	0.448	0.016
30	1.9740	0.588	0.412	-0.126	0.563	-0.158	-0.126	0.000000	0.437	0.025
31	1.9446	0.608	0.392	-0.206	0.594	-0.239	-0.206	0.000000	0.406	0.014
32	1.9405	0.627	0.373	-0.217	0.599	-0.250	-0.217	0.000000	0.401	0.029
33	1.9345	0.647	0.353	-0.234	0.605	-0.266	-0.234	0.000000	0.395	0.042
34	1.9062	0.667	0.333	-0.311	0.634	-0.344	-0.311	0.000000	0.366	0.032
35	1.8603	0.686	0.314	-0.437	0.681	-0.470	-0.437	0.000000	0.319	0.006
36	1.8422	0.706	0.294	-0.487	0.698	-0.519	-0.487	0.000000	0.302	0.008
37	1.8363	0.725	0.275	-0.503	0.704	-0.535	-0.503	0.000000	0.296	0.022
38	1.8256	0.745	0.255	-0.532	0.714	-0.564	-0.532	0.000000	0.286	0.031
39	1.8040	0.765	0.235	-0.591	0.734	-0.624	-0.591	0.000000	0.266	0.031
40	1.7664	0.784	0.216	-0.694	0.766	-0.727	-0.694	0.000000	0.234	0.018

41	1.7059	0.804	0.196	-0.860	0.814	-0.893	-0.860	0.000000	0.186	0.010
42	1.7017	0.824	0.176	-0.872	0.817	-0.904	-0.872	0.000000	0.183	0.006
43	1.5759	0.843	0.157	-1.216	0.894	-1.249	-1.216	0.000000	0.106	0.051
44	1.5605	0.863	0.137	-1.258	0.902	-1.291	-1.258	0.000000	0.098	0.039
45	1.5287	0.882	0.118	-1.346	0.916	-1.378	-1.346	0.000000	0.084	0.034
46	1.5136	0.902	0.098	-1.387	0.922	-1.419	-1.387	0.000000	0.078	0.020
47	1.5136	0.922	0.078	-1.387	0.922	-1.419	-1.387	0.000000	0.078	0.001
48	1.3363	0.941	0.059	-1.873	0.972	-1.905	-1.873	0.000000	0.028	0.030
49	1.2129	0.961	0.039	-2.211	0.988	-2.243	-2.211	0.000000	0.012	0.027
50	1.1474	0.980	0.020	-2.390	0.992	-2.423	-2.390	0.000000	0.008	0.012

Como 0.084 < 0.198, No se rechaza la hipótesis nula.



3.2.5. Caudal Tr100 rio Algodonal. Estación limnigráfica La Cabaña - Aut.

Tabla 24. Caudales máximos calculados Rio Algodonal: Estación La Cabaña – Aut

T (años)	NORMAL	GUMBEL	LOG-PEARSON
2	146.7	121.9	107.6
2.33	173.5	146.8	124.8
5	273.5	255.1	213.7
10	339.8	343.2	301.5
25	410.5	454.6	430.4
50	456.2	537.3	538.4
100	497.3	619.3	655.9

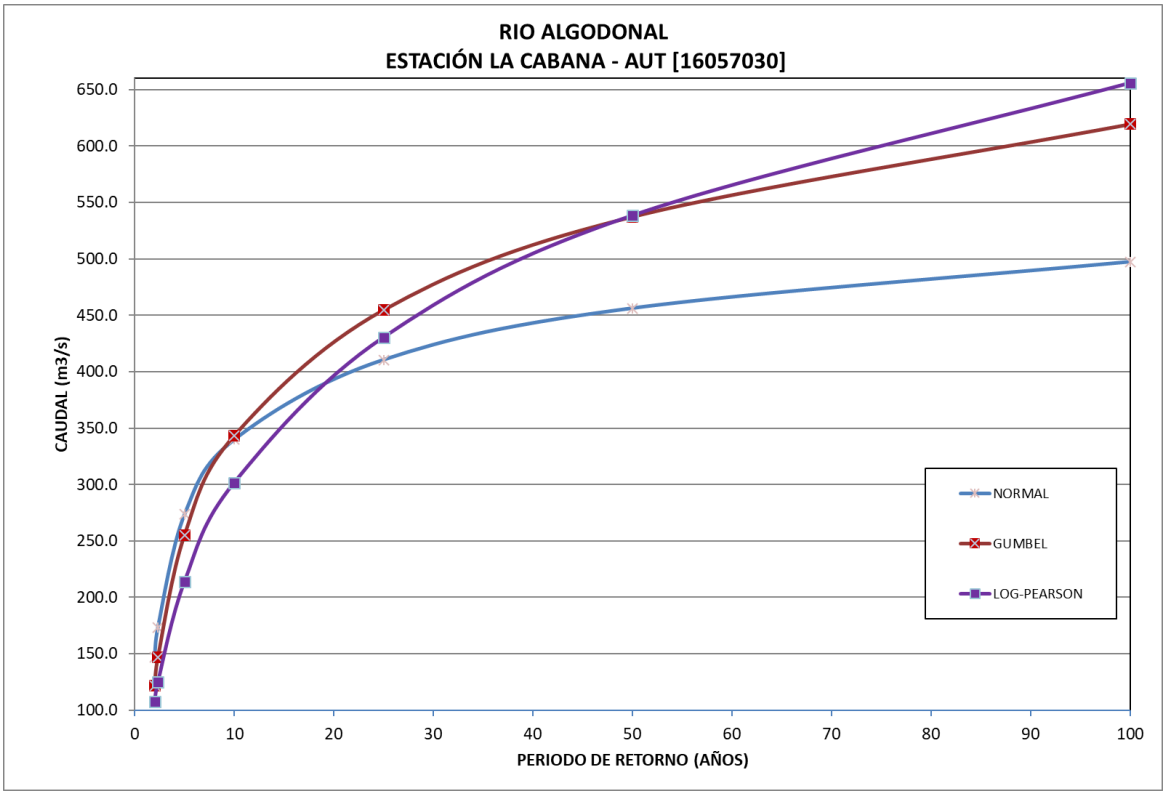


Tabla 25. Cuantiles de caudal y coherencia hidrológica.

CUANTILES DE CAUDAL Y COHERENCIA HIDROLÓGICA			
Tr (Años)	**DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD (m^3/s)**		
	NORMAL	**GUMBEL**	**LOG-PEARSON III**
2	146.7	121.9	107.6
2.33	173.5	146.8	124.8
5	273.5	255.1	213.7
10	339.8	343.2	301.5
25	410.5	454.6	430.4
50	456.2	537.3	538.4
100	497.3	619.3	655.9
Q_{100}/Q_{MAX}	**0.49**	**0.61**	**0.65**
Evaluación Hidrológica	**Subestima extremos**	**Subestima extremos**	**Crecimiento coherente**

Aunque las tres distribuciones superaron la prueba de Kolmogorov–Smirnov, la distribución Normal y Gumbel fueron descartadas por subestimar los cuantiles extremos. La distribución Log – Pearson III mostró un crecimiento progresivo y una relación más equilibrada con el máximo observado, por lo cual fue seleccionada como la más coherente hidrológicamente para el análisis de caudales máximos.

3.3. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN LAS VEGAS [16057010]

Tabla 26. Valores máximos mensuales de caudales estación Las Vegas.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDAL (m^3/s) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO: 2026/01/02										ESTACIÓN: LAS VEGAS [16057010]			
LATITUD 8.03 N			TIPO EST LIMNIMÉTRICA				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACIÓN 15/08/1969		
LONGITUD -73.22 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO ABREGO				FECHA-SUSPENSIÓN		
ELEVACIÓN 1420 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE RIO FRIO						
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1972	98.3	4.8	11.5	182.4	33.4	34.4	2.3	3.7	2.9	15.9	3.0	2.1	182.4
1973	0.8	0.7	5.1	21.7	2.5	3.0	0.8	4.0	19.0	29.8	188.3	2.5	188.3
1974	1.2	1.2	1.8	22.6	22.6	2.9	0.7	3.6	22.8	35.7	38.6	2.5	38.6
1975	1.3	1.2	5.6	6.7	23.6	6.4	4.2	2.5	227.7	49.3	65.3	7.3	227.7
1976	2.7	3.4	11.1	25.0	15.0	33.1	1.2	4.7	2.0	28.0	2.6	0.7	33.1
1977	0.6	1.1	1.7	1.0	13.0	37.6	1.3	4.3	14.6	38.7	9.2	1.0	38.7
1978	0.9	1.2	15.2	13.0	17.6	34.0	18.9	17.0	9.7	36.0	12.6	2.6	36.0

1979	1.7	4.4	5.0	31.2	31.2	17.4	8.3	10.4	34.4	24.6	43.8	7.7	43.8
1980	16.2	5.0	2.4	7.7	52.3	14.5	9.9	48.5	48.0	17.4	19.2	6.5	52.3
1981	0.9	1.7	1.2	7.0	31.6	13.6	21.5	21.5	9.1	45.0	5.1	5.8	45.0
1982	1.7	7.5	4.2	2.8	25.5	4.8	1.9	2.4	4.1	5.1	5.1	2.4	25.5
1983	1.8	3.5	2.0	6.0	10.7	5.3	2.2	2.2	2.9	4.9	5.3	2.0	10.7
1984	1.3	1.1	3.4	19.8	22.8	5.5	28.3	35.8	56.2	38.7	25.3	5.8	56.2
1985	1.2	2.4	3.6	14.9	40.5	101.0	14.9	16.5	11.0	115.0	50.8	14.9	115.0
1986	1.6	1.1	8.0	40.5	71.0	23.1	1.4	1.0	24.4	39.0	14.0	4.5	71.0
1987	3.8	1.9	2.7	12.7	71.0	15.4	6.0	26.5	15.9	71.0	22.6	28.4	71.0
1988	1.9	0.7	0.5	9.3	11.6	24.0	19.8	23.5	24.0	19.3	9.3	2.8	24.0
1989	2.8	3.3	10.6	7.2	16.8	11.3	10.9	6.1	11.6	38.2	15.3	7.2	38.2
1990	1.9	2.3	5.0	37.8	19.2	3.7	6.2	1.3	1.3	13.5	29.0	2.6	37.8
1991	1.4	3.0	3.0	11.1	40.8	6.0	9.3	1.0	9.3	25.0	6.4	1.6	40.8
1992	6.8	0.6	0.5	11.6	24.0	9.3	1.6	14.0	8.3	18.0	11.3	14.2	24.0
1993	2.1	2.3	8.0	23.0	7.9	2.7	1.7	1.1	11.5	6.5	6.2	1.9	23.0
1994	0.5	8.6	3.1	6.8	36.9	3.1	1.1	3.6	16.6	3.1	5.6	2.2	36.9
1995	2.7	1.3	8.6	8.6	11.6	13.6	6.6	6.6	6.6	7.4	4.0	1.3	13.6
1996	1.0	1.6	4.0	9.7	6.6	5.2	6.6	13.6	5.5	13.6	5.2	4.0	13.6
1997	1.1	1.1	0.5	10.3	10.3	4.2	1.5	5.6	2.9	1.5	10.3	0.8	10.3
1998	7.0	4.2	5.6	2.9	7.0	10.3	0.9	10.3	10.3	10.3	2.9	3.5	10.3
1999	1.5	5.6	7.0	7.0	10.3	3.5	14.4	4.7	14.4	14.4	10.3	14.4	14.4
2000	2.1	3.4	1.9	2.4	12.3	7.0	4.2	8.6	14.4	10.3	4.9	5.6	14.4
2001	1.9	1.5	2.9	10.3	7.8	4.2	5.6	5.6	14.4	14.4	10.9	9.1	14.4
2002	2.0	4.2	4.2	10.3	10.3	10.3	2.9	4.2	10.3	10.3	5.6	2.2	10.3
2003	10.3	8.6	10.3	10.3	10.3	10.3	3.7	10.3	10.3	10.3	10.3	5.2	10.3
2004	10.3	2.5	2.6	14.4	10.3	7.5	10.3	10.3	10.3	10.3	12.3	10.3	14.4
2005	4.2	4.9	4.2	8.6							14.4	8.6	14.4
2011	7.3	1.2	4.4	5.1	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3	7.3
2012	2.3	1.8	5.8	6.5	6.4	6.4	4.8	5.8	5.8	6.2	6.4	2.8	6.5
2013	2.0			3.1	6.2	5.8	5.8	5.5	5.8	5.5	6.4	1.0	6.4
2014	0.4	5.4	5.0		13.4	2.2	1.0	8.5	12.9	13.4	9.8	12.9	13.4
2015	1.0	0.8	5.7	9.8	11.3	13.4	12.3	12.9	10.8				13.4
2016				1.5	22.7	5.8	1.1	20.9	1.3	21.8	22.7	16.5	22.7
2017	0.7	0.6	20.9	12.9	23.6	17.4	22.7			20.9	18.3	1.5	23.6
2018	22.7	1.1	13.5	22.7	39.9	18.3	1.3	13.8	22.5	46.5	36.3	9.0	46.5
2019	1.0	0.8	53.1	67.3	44.9	31.4	1.8	26.9	36.3	17.0	13.8	36.3	67.3
2020	1.0	0.7	1.2	9.5	21.6	20.7	19.8	26.9	26.9	15.1	38.7	1.5	38.7
2021	1.0	3.5	0.6	22.5	23.3	27.8	26.0	32.6	26.0	18.3	15.1	2.0	32.6
2022	1.3	9.0	22.5	20.7	26.0	22.5	24.2	26.0	26.9	24.2	24.2	17.0	26.9
2023	9.5	1.5	13.8	24.2	19.8	11.7	19.8	27.8	17.6	17.6	15.1	5.4	27.8
2024	1.1	10.8	14.5	23.3	26.0	22.5	14.5	22.5	30.2	22.5	24.2	1.6	30.2
2025	1.3	1.1	11.3	20.7	26.9	1.3	9.9	22.5	22.5	17.6			26.9
MED	1.695	1.85	4.97	10.25	19.49795	10.25	5.9175	8.63	11.55	17.644	11.32	4.03	26.9
MAX	98.27	10.8088	53.0952	182.4	71	101	28.3	48.46	227.7	115	188.3	36.2887	227.7
MIN	0.42	0.5598	0.47	0.96	2.54	1.2954	0.69	0.98	1.29	1.45	2.55	0.7	6.4

3.3.1 Pruebas estadísticas.

PROM. LOG=	1.44
DES. ES. LOG=	0.37
# DATOS	49
K_n=	2.760

$$\mathrm{Log}(Q_{max,min}) = \mu_{LogQ} \pm K_n * \sigma_{LogQ}$$

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

LOG (Qmax)=	2.448	Q(Lim-sup)=	280.5	Qmax=	227.7
LOG (Qmin)=	0.430	Q(Lim-inf)=	2.7	Qmin=	6.4

Todos los datos de caudal se encuentran dentro de los límites permitidos por la prueba, por lo tanto; la totalidad de los datos se usaron en los cálculos hidrológicos.

PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD (F.D.P.)			
PARÁMETRO	**POBLACIÓN**	**MUESTRA**	**VALOR**
NUMERO DE DATOS		**n**	49
PROMEDIO			40.62
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		**S**	46.19
VARIANZA		**s2**	2133.17
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		**CV**	1.14
CAUDAL MÁXIMO (Qmax)		**Qmax**	228
CAUDAL MÍNIMO (Qmin)		**Qmin**	6.39
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA		**Cs**	2.79

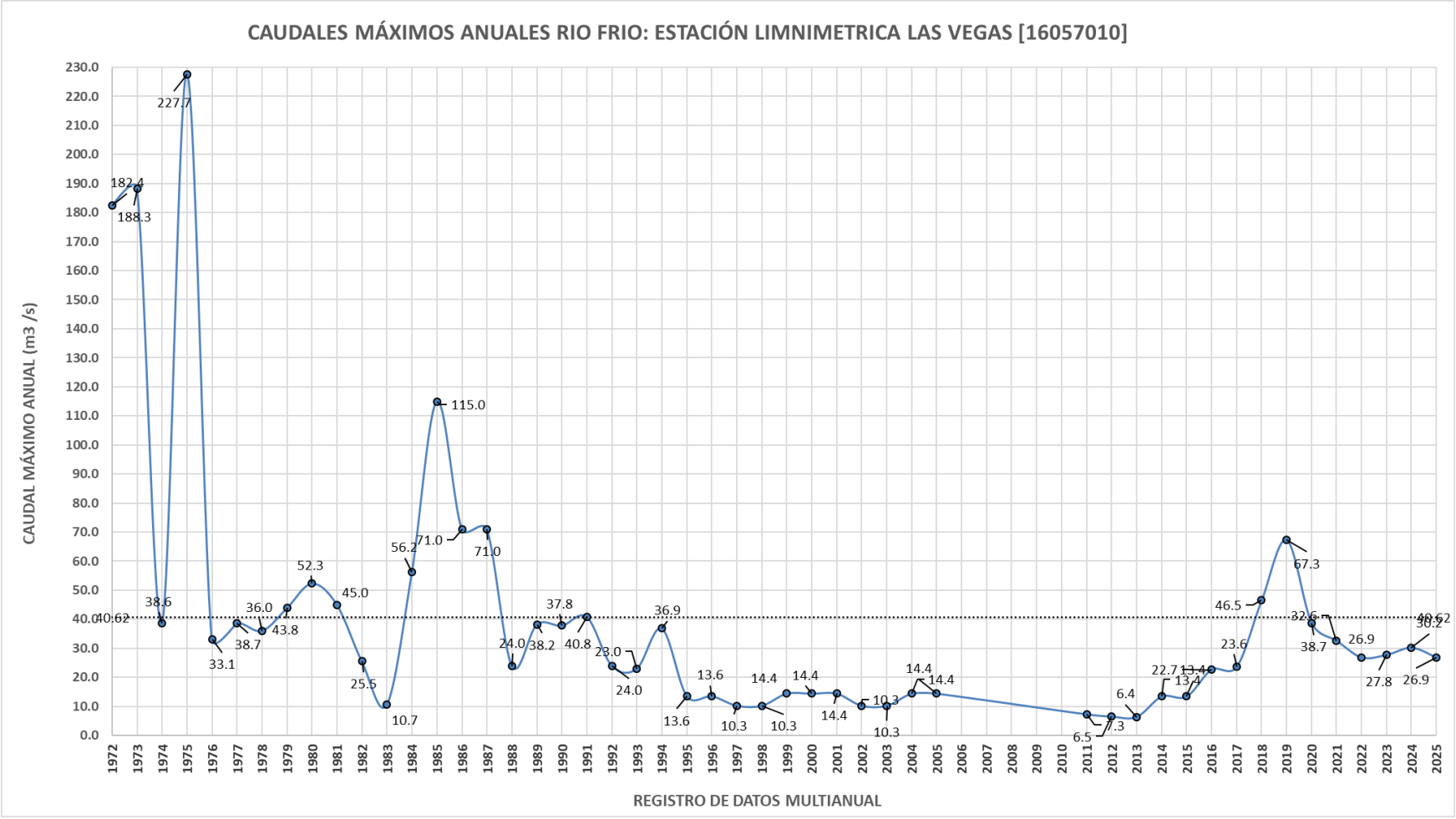


Figura 12. Caudales máximos anuales rio Frio, estación limnigráfica: Las Vegas (16057010)

Tabla 27. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación Las Vegas (16057010).

CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN VEGAS LAS [16057010]			
AÑO	N	Q (m^3/seg)	LOG Q
1972	1	182.40	2.261024834
1973	2	188.30	2.27485032
1974	3	38.63	1.586924708
1975	4	227.70	2.357363031
1976	5	33.05	1.519171464
1977	6	38.68	1.587486465
1978	7	36.01	1.556423121
1979	8	43.81	1.641573253
1980	9	52.30	1.718501689
1981	10	45.00	1.653212514
1982	11	25.48	1.406199424
1983	12	10.65	1.027349608
1984	13	56.20	1.749736316
1985	14	115.00	2.06069784
1986	15	71.00	1.851258349
1987	16	71.00	1.851258349
1988	17	24.00	1.380211242
1989	18	38.18	1.581835924
1990	19	37.80	1.5774918
1991	20	40.80	1.610660163
1992	21	24.00	1.380211242
1993	22	23.01	1.361916619
1994	23	36.87	1.566673138
1995	24	13.55	1.131939295
1996	25	13.55	1.131939295
1997	26	10.25	1.010723865
1998	27	10.25	1.010723865
1999	28	14.40	1.158362492
2000	29	14.40	1.158362492
2001	30	14.40	1.158362492
2002	31	10.25	1.010723865
2003	32	10.25	1.010723865
2004	33	14.40	1.158362492
2005	34	14.40	1.158362492
2011	35	7.30	0.86332286
2012	36	6.53	0.815046176
2013	37	6.39	0.805568818
2014	38	13.42	1.127752516
2015	39	13.42	1.127752516
2016	40	22.73	1.356616631
2017	41	23.62	1.37333505
2018	42	46.52	1.6676173

2019	43	67.33	1.828189263
2020	44	38.72	1.587967875
2021	45	32.64	1.513715554
2022	46	26.88	1.429479348
2023	47	27.77	1.44356024
2024	48	30.20	1.480052958
2025	49	26.88	1.429479348
	MEDIA	**40.62**	**1.43898111**

s =	46.19
s_{LOGQ} =	0.37
COEF.AS.LOG=	0.5150
k =	0.0858

4.3.2 Por distribución normal

Se emplea la siguiente ecuación.

$$Q = \overline{Q} + K_T \ \sigma_Q$$

K_T: factor de frecuencia que depende del periodo de retorno del evento.

Por distribución normal K_T se halla con la siguiente ecuación:

$$K_T = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$W = \left[Ln\left(\frac{1}{P^2}\right)\right]^{1/2}$$

P: probabilidad de ocurrencia del evento.

$$P = \frac{1}{T}$$

T: periodo de retorno del evento, (años).

Tabla 28. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación Las Vegas.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTACIÓN VEGAS LAS [16057010]				
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.1774100	-0.00000010	40.62
2.33	0.43	1.3006677	0.17809969	48.84
5	0.20	1.7941226	0.84145672	79.48
10	0.10	2.1459660	1.28172876	99.82
25	0.04	2.5372725	1.75107653	121.49
50	0.02	2.7971496	2.05418859	135.49
100	0.01	3.0348543	2.32678533	148.08

3.3.3 Por distribución Gumbell

El procedimiento es similar al anterior, pero en el factor de frecuencia del evento se emplea el factor de frecuencia de Gumbell, el cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\Pi}\left\{0.5772 + Ln\left[Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

Tabla 29. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación Las Vegas.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN GUMBELL ESTACIÓN VEGAS LAS [16057010]			
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	-0.164272	33.03
2.33	0.43	0.001082	40.67
5	0.20	0.719457	73.85
10	0.10	1.304563	100.87
25	0.04	2.043846	135.02
50	0.02	2.592288	160.35
100	0.01	3.136681	185.49

3.3.4 Por distribución log Pearson tipo III

Esta distribución emplea para la predicción de los caudales los logaritmos en base 10 de los datos presentes en el registro histórico.

$$\text{LOG Q} = \overline{LOGQ} + K_T \ \sigma_{LOGQ}$$

El factor de frecuencia de Log Pearson se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(Z^3 - 6Z)k^2 - (Z^2 - 1)k^3 + Zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Z: Se calcula igual que el factor de frecuencia de distribución normal.

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

Cs: Coeficiente de asimetría que se calcula con los logaritmos de los datos.

$$Cs = \frac{n\sum(logx - \overline{logx})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma logx)^3}$$

k =0.1131

Tabla 30. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, Las Vegas.

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III ESTACIÓN VEGAS LAS [16057010]						
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	Z	K_T	LOG Q	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.17741002	-0.0000001010	-0.085203	1.41	25.58
2.33	0.43	1.30066773	0.1780996895	0.092999	1.47	29.72
5	0.20	1.79412258	0.8414567174	0.805692	1.73	54.14
10	0.10	2.14596603	1.2817287565	1.322856	1.92	83.67
25	0.04	2.53727248	1.7510765311	1.914611	2.14	137.69
50	0.02	2.79714962	2.0541885887	2.319651	2.29	193.64
100	0.01	3.03485426	2.3267853326	2.699650	2.43	266.63

3.3.5 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov.

Tabla 31. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	40.62	DESV.EST=	46.19

DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	z = KT	F-normal	D
1	227.7	0.020	0.980	4.051	1.000	0.020
2	188.3	0.040	0.960	3.198	0.999	0.039
3	182.4	0.060	0.940	3.070	0.999	0.059
4	115.0	0.080	0.920	1.610	0.946	0.026
5	71.0	0.100	0.900	0.658	0.745	0.155
6	71.0	0.120	0.880	0.658	0.745	0.135
7	67.3	0.140	0.860	0.578	0.718	0.142
8	56.2	0.160	0.840	0.337	0.632	0.208
9	52.3	0.180	0.820	0.253	0.600	0.220
10	46.5	0.200	0.800	0.128	0.551	0.249
11	45.0	0.220	0.780	0.095	0.538	0.242
12	43.8	0.240	0.760	0.069	0.528	0.232
13	40.8	0.260	0.740	0.004	0.502	0.238
14	38.7	0.280	0.720	-0.041	0.484	0.236
15	38.7	0.300	0.700	-0.042	0.483	0.217
16	38.6	0.320	0.680	-0.043	0.483	0.197
17	38.2	0.340	0.660	-0.053	0.479	0.181
18	37.8	0.360	0.640	-0.061	0.476	0.164
19	36.9	0.380	0.620	-0.081	0.468	0.152
20	36.0	0.400	0.600	-0.100	0.460	0.140
21	33.1	0.420	0.580	-0.164	0.435	0.145
22	32.6	0.440	0.560	-0.173	0.431	0.129
23	30.2	0.460	0.540	-0.226	0.411	0.129
24	27.8	0.480	0.520	-0.278	0.390	0.130
25	26.9	0.500	0.500	-0.297	0.383	0.117
26	26.9	0.520	0.480	-0.297	0.383	0.097
27	25.5	0.540	0.460	-0.328	0.372	0.088
28	24.0	0.560	0.440	-0.360	0.359	0.081
29	24.0	0.580	0.420	-0.360	0.359	0.061
30	23.6	0.600	0.400	-0.368	0.356	0.044
31	23.0	0.620	0.380	-0.381	0.352	0.028
32	22.7	0.640	0.360	-0.387	0.349	0.011
33	14.4	0.660	0.340	-0.568	0.285	0.055
34	14.4	0.680	0.320	-0.568	0.285	0.035
35	14.4	0.700	0.300	-0.568	0.285	0.015
36	14.4	0.720	0.280	-0.568	0.285	0.005
37	14.4	0.740	0.260	-0.568	0.285	0.025
38	13.6	0.760	0.240	-0.586	0.279	0.039
39	13.6	0.780	0.220	-0.586	0.279	0.059
40	13.4	0.800	0.200	-0.589	0.278	0.078
41	13.4	0.820	0.180	-0.589	0.278	0.098
42	10.7	0.840	0.160	-0.649	0.258	0.098
43	10.3	0.860	0.140	-0.658	0.255	0.115
44	10.3	0.880	0.120	-0.658	0.255	0.135
45	10.3	0.900	0.100	-0.658	0.255	0.155
46	10.3	0.920	0.080	-0.658	0.255	0.175

47	7.3	0.940	0.060	-0.721	0.235	0.175
48	6.5	0.960	0.040	-0.738	0.230	0.190
49	6.4	0.980	0.020	-0.741	0.229	0.209

D K-S =	**0.249**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.194**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.249 > 0.184, Se rechaza la hipótesis nula.

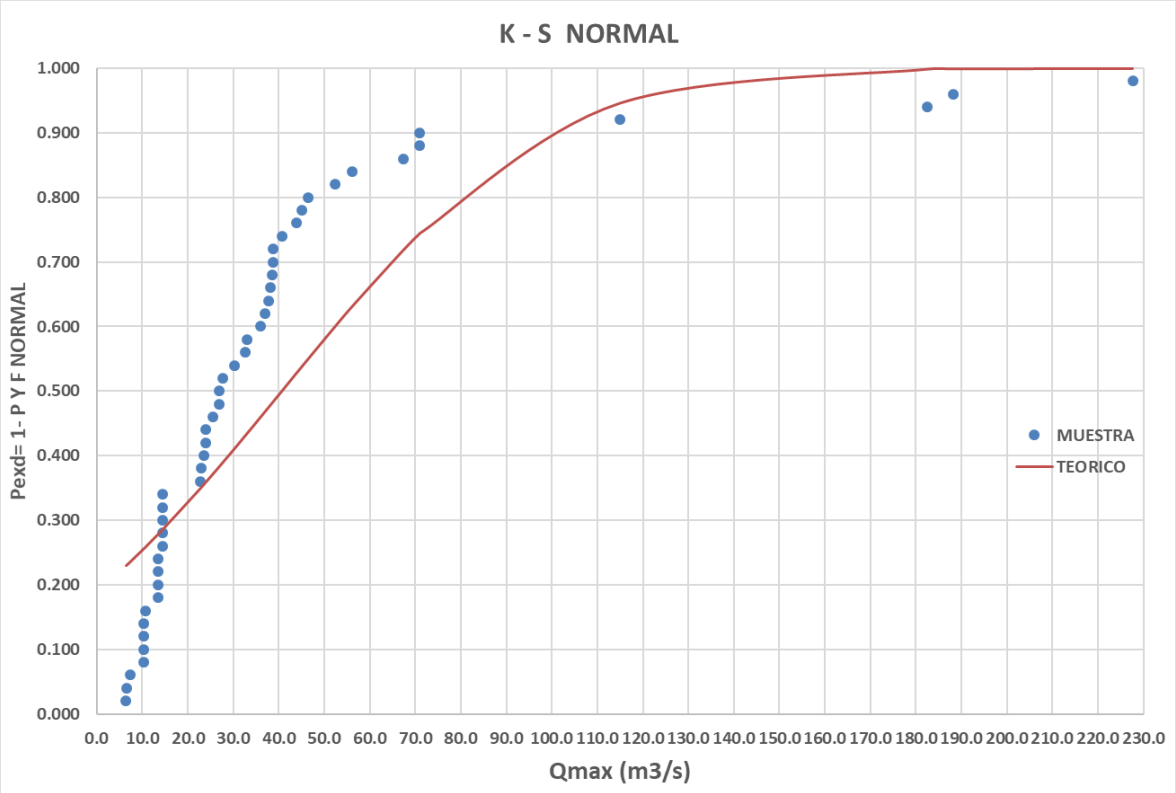


Tabla 32. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	40.62	a=	36.0
			DESV.EST=	46.19	u=	19.8
DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	Y	F-Gumbel	D
1	227.7	0.020	0.980	5.772	0.997	0.017
2	188.3	0.040	0.960	4.678	0.991	0.031
3	182.4	0.060	0.940	4.514	0.989	0.049
4	115.0	0.080	0.920	2.643	0.931	0.011
5	71.0	0.100	0.900	1.421	0.785	0.115
6	71.0	0.120	0.880	1.421	0.785	0.095
7	67.3	0.140	0.860	1.319	0.765	0.095
8	56.2	0.160	0.840	1.010	0.695	0.145
9	52.3	0.180	0.820	0.902	0.666	0.154
10	46.5	0.200	0.800	0.741	0.621	0.179
11	45.0	0.220	0.780	0.699	0.608	0.172
12	43.8	0.240	0.760	0.666	0.598	0.162
13	40.8	0.260	0.740	0.582	0.572	0.168
14	38.7	0.280	0.720	0.525	0.553	0.167
15	38.7	0.300	0.700	0.523	0.553	0.147
16	38.6	0.320	0.680	0.522	0.552	0.128
17	38.2	0.340	0.660	0.509	0.548	0.112
18	37.8	0.360	0.640	0.499	0.545	0.095
19	36.9	0.380	0.620	0.473	0.536	0.084
20	36.0	0.400	0.600	0.449	0.528	0.072
21	33.1	0.420	0.580	0.367	0.500	0.080
22	32.6	0.440	0.560	0.356	0.496	0.064
23	30.2	0.460	0.540	0.288	0.472	0.068
24	27.8	0.480	0.520	0.220	0.448	0.072
25	26.9	0.500	0.500	0.196	0.439	0.061
26	26.9	0.520	0.480	0.196	0.439	0.041
27	25.5	0.540	0.460	0.157	0.425	0.035
28	24.0	0.560	0.440	0.116	0.410	0.030
29	24.0	0.580	0.420	0.116	0.410	0.010
30	23.6	0.600	0.400	0.105	0.407	0.007
31	23.0	0.620	0.380	0.088	0.400	0.020
32	22.7	0.640	0.360	0.080	0.397	0.037
33	14.4	0.660	0.340	-0.151	0.313	0.027
34	14.4	0.680	0.320	-0.151	0.313	0.007
35	14.4	0.700	0.300	-0.151	0.313	0.013
36	14.4	0.720	0.280	-0.151	0.313	0.033
37	14.4	0.740	0.260	-0.151	0.313	0.053
38	13.6	0.760	0.240	-0.174	0.304	0.064
39	13.6	0.780	0.220	-0.174	0.304	0.084
40	13.4	0.800	0.200	-0.178	0.303	0.103
41	13.4	0.820	0.180	-0.178	0.303	0.123
42	10.7	0.840	0.160	-0.255	0.275	0.115
43	10.3	0.860	0.140	-0.266	0.271	0.131
44	10.3	0.880	0.120	-0.266	0.271	0.151
45	10.3	0.900	0.100	-0.266	0.271	0.171
46	10.3	0.920	0.080	-0.266	0.271	0.191
47	7.3	0.940	0.060	-0.348	0.243	0.183

48	6.5	0.960	0.040	-0.369	0.235	0.195
49	6.4	0.980	0.020	-0.373	0.234	0.214

D K-S =	**0.214**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.194**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.157< 0.192, No se rechaza la hipótesis nula.

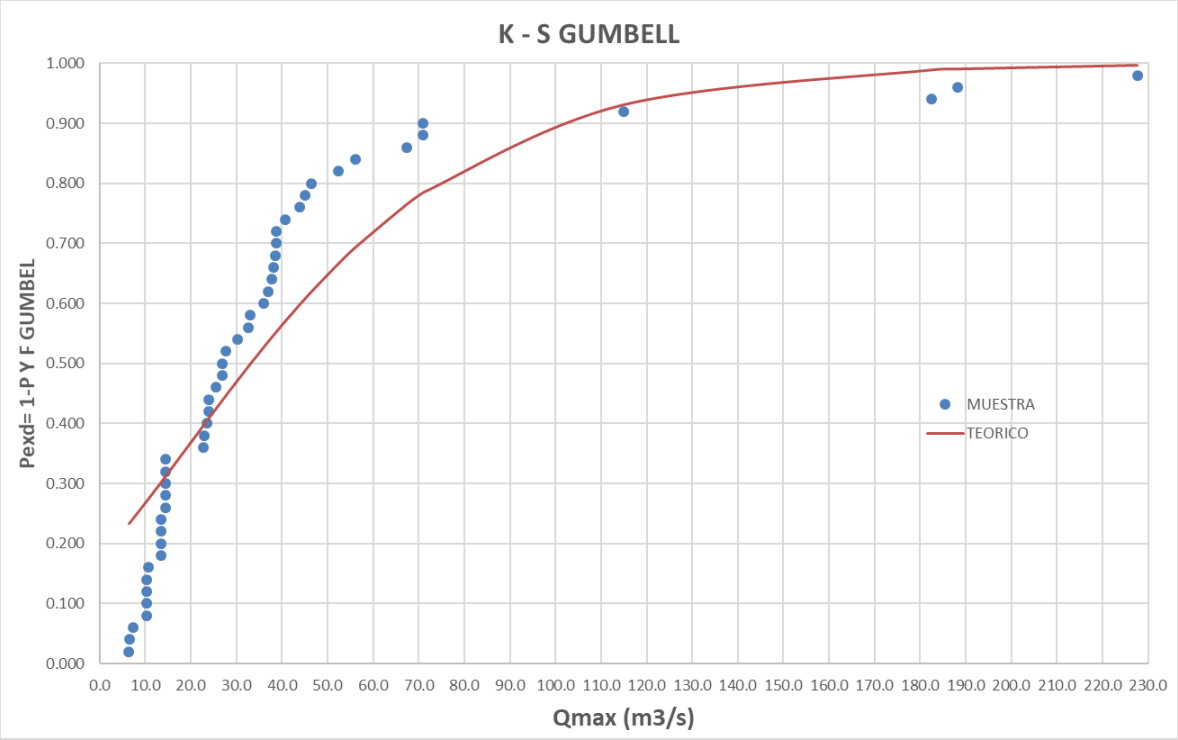


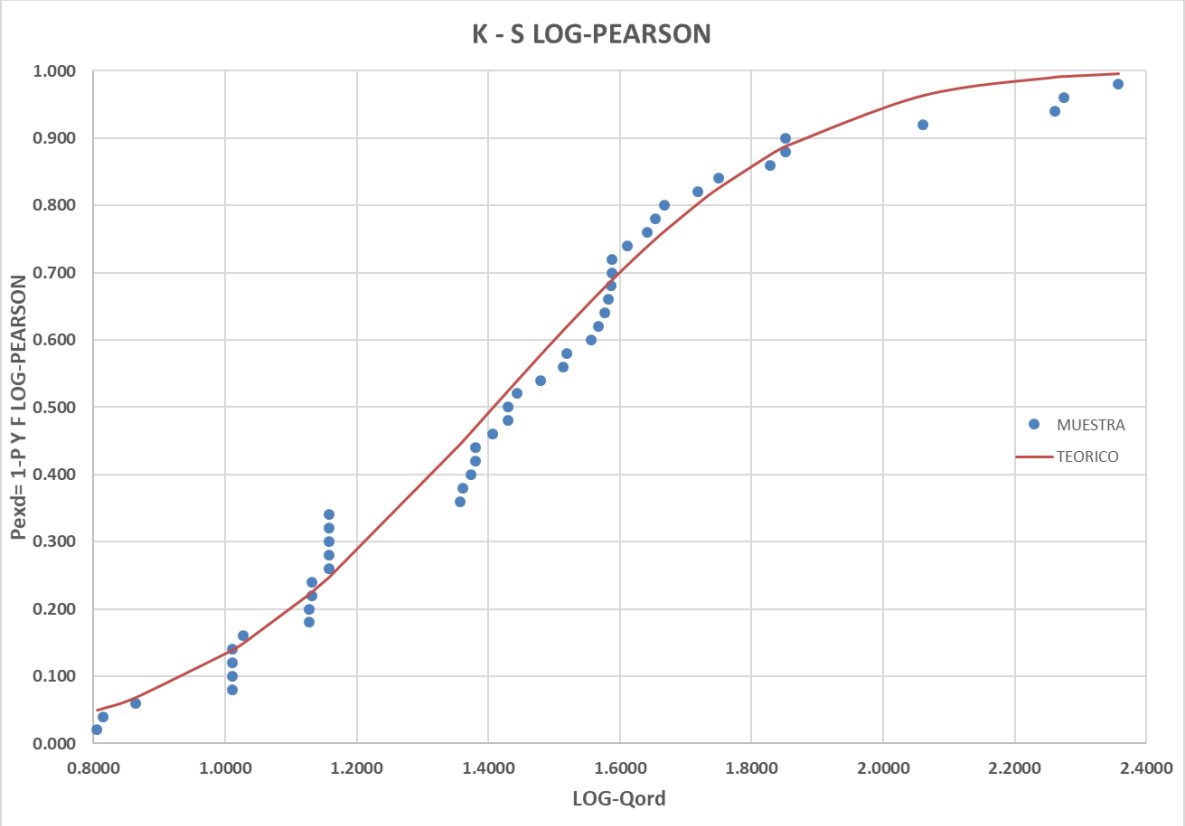
Tabla 33. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson.

Wwbull b=	0	**PROMEDIO=**	1.44	**COEF. ASI=**	0.52	**D K-S =**	**0.092**	**Nivel significa**	**a**	0.05
		DESV.EST=	0.37	**k=**	0.09	**D Critico =**	**0.194**	**Nivel confianza**	**1 - a**	0.95

DISTRIBUCIÓN MUESTRA				**DISTRIBUCIÓN TEÓRICO**						**DIFERENCIA**
n	**LOG-Qord**	**P**	**Pexd= 1-P=F**	**KT Datos**	**P Log-pearson**	**Z**	**KT Log-pearson**	**Error KT**	**F Log-pearson**	**D**
1	2.3574	0.020	0.980	2.512	0.005	2.598	2.512	0.000000	0.995	0.015
2	2.2749	0.040	0.960	2.286	0.009	2.372	2.286	0.000000	0.991	0.031
3	2.2610	0.060	0.940	2.249	0.010	2.334	2.249	0.000000	0.990	0.050
4	2.0607	0.080	0.920	1.701	0.037	1.786	1.701	0.000000	0.963	0.043
5	1.8513	0.100	0.900	1.128	0.112	1.214	1.128	0.000000	0.888	0.012
6	1.8513	0.120	0.880	1.128	0.112	1.214	1.128	0.000000	0.888	0.008
7	1.8282	0.140	0.860	1.065	0.125	1.150	1.065	0.000000	0.875	0.015

8	1.7497	0.160	0.840	0.850	0.175	0.936	0.850	0.000000	0.825	0.015
9	1.7185	0.180	0.820	0.765	0.198	0.850	0.765	0.000000	0.802	0.018
10	1.6676	0.200	0.800	0.625	0.238	0.711	0.625	0.000000	0.762	0.038
11	1.6532	0.220	0.780	0.586	0.251	0.672	0.586	0.000000	0.749	0.031
12	1.6416	0.240	0.760	0.554	0.261	0.640	0.554	0.000000	0.739	0.021
13	1.6107	0.260	0.740	0.470	0.289	0.555	0.470	0.000000	0.711	0.029
14	1.5880	0.280	0.720	0.408	0.311	0.493	0.408	0.000000	0.689	0.031
15	1.5875	0.300	0.700	0.406	0.311	0.492	0.406	0.000000	0.689	0.011
16	1.5869	0.320	0.680	0.405	0.312	0.491	0.405	0.000000	0.688	0.008
17	1.5818	0.340	0.660	0.391	0.317	0.477	0.391	0.000000	0.683	0.023
18	1.5775	0.360	0.640	0.379	0.321	0.465	0.379	0.000000	0.679	0.039
19	1.5667	0.380	0.620	0.349	0.332	0.435	0.349	0.000000	0.668	0.048
20	1.5564	0.400	0.600	0.321	0.342	0.407	0.321	0.000000	0.658	0.058
21	1.5192	0.420	0.580	0.219	0.380	0.305	0.219	0.000000	0.620	0.040
22	1.5137	0.440	0.560	0.204	0.386	0.290	0.204	0.000000	0.614	0.054
23	1.4801	0.460	0.540	0.112	0.421	0.198	0.112	0.000000	0.579	0.039
24	1.4436	0.480	0.520	0.013	0.461	0.098	0.013	0.000000	0.539	0.019
25	1.4295	0.500	0.500	-0.026	0.476	0.060	-0.026	0.000000	0.524	0.024
26	1.4295	0.520	0.480	-0.026	0.476	0.060	-0.026	0.000000	0.524	0.044
27	1.4062	0.540	0.460	-0.090	0.502	-0.004	-0.090	0.000000	0.498	0.038
28	1.3802	0.560	0.440	-0.161	0.530	-0.075	-0.161	0.000000	0.470	0.030
29	1.3802	0.580	0.420	-0.161	0.530	-0.075	-0.161	0.000000	0.470	0.050
30	1.3733	0.600	0.400	-0.180	0.537	-0.094	-0.180	0.000000	0.463	0.063
31	1.3619	0.620	0.380	-0.211	0.550	-0.125	-0.211	0.000000	0.450	0.070
32	1.3566	0.640	0.360	-0.225	0.555	-0.139	-0.225	0.000000	0.445	0.085
33	1.1584	0.660	0.340	-0.768	0.752	-0.682	-0.768	0.000000	0.248	0.092
34	1.1584	0.680	0.320	-0.768	0.752	-0.682	-0.768	0.000000	0.248	0.072
35	1.1584	0.700	0.300	-0.768	0.752	-0.682	-0.768	0.000000	0.248	0.052
36	1.1584	0.720	0.280	-0.768	0.752	-0.682	-0.768	0.000000	0.248	0.032
37	1.1584	0.740	0.260	-0.768	0.752	-0.682	-0.768	0.000000	0.248	0.012
38	1.1319	0.760	0.240	-0.840	0.775	-0.754	-0.840	0.000000	0.225	0.015
39	1.1319	0.780	0.220	-0.840	0.775	-0.754	-0.840	0.000000	0.225	0.005
40	1.1278	0.800	0.200	-0.851	0.778	-0.766	-0.851	0.000000	0.222	0.022
41	1.1278	0.820	0.180	-0.851	0.778	-0.766	-0.851	0.000000	0.222	0.042
42	1.0273	0.840	0.160	-1.126	0.851	-1.040	-1.126	0.000000	0.149	0.011
43	1.0107	0.860	0.140	-1.171	0.861	-1.086	-1.171	0.000000	0.139	0.001
44	1.0107	0.880	0.120	-1.171	0.861	-1.086	-1.171	0.000000	0.139	0.019
45	1.0107	0.900	0.100	-1.171	0.861	-1.086	-1.171	0.000000	0.139	0.039
46	1.0107	0.920	0.080	-1.171	0.861	-1.086	-1.171	0.000000	0.139	0.059
47	0.8633	0.940	0.060	-1.575	0.932	-1.489	-1.575	0.000000	0.068	0.008
48	0.8150	0.960	0.040	-1.707	0.947	-1.621	-1.707	0.000000	0.053	0.013
49	0.8056	0.980	0.020	-1.733	0.950	-1.647	-1.733	0.000000	0.050	0.030

Como 0.092 < 0.194, No se rechaza la hipótesis nula.



3.3.6. Caudal Tr100 rio Frio. Estación limnigráfica Las Vegas.

Tabla 34. Caudales máximos calculados Rio Frio: Estación Las Vegas.

T (años)	NORMAL	GUMBEL	LOG-PEARSON
2	40.6	33.0	25.6
2.33	48.8	40.7	29.7
5	79.5	73.8	54.1
10	99.8	100.9	83.7
25	121.5	135.0	137.7
50	135.5	160.3	193.6
100	148.1	185.5	266.6

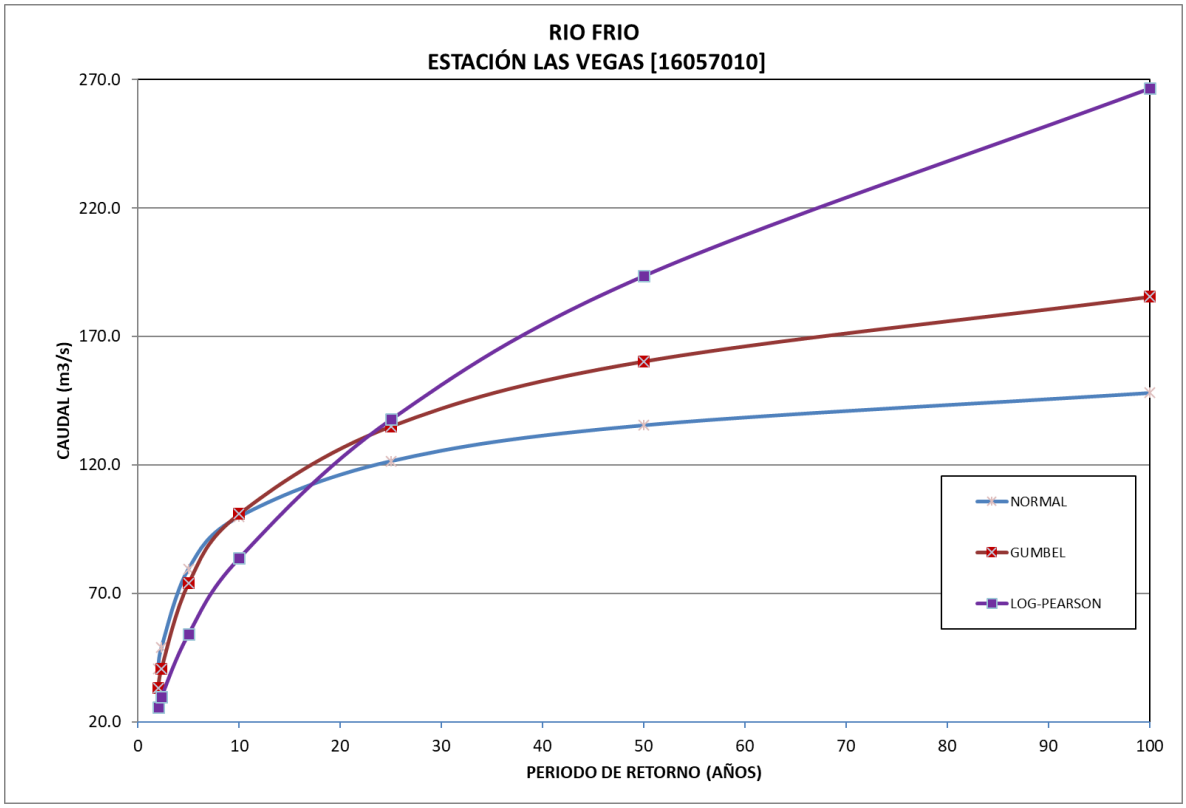


Tabla 35. Cuantiles de caudal y coherencia hidrológica.

CUANTILES DE CAUDAL Y COHERENCIA HIDROLÓGICA			
Tr (Años)	**DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD (m^3/s)**		
	NORMAL	**GUMBEL**	**LOG-PEARSON III**
2	40.6	33.0	25.6
2.33	48.8	40.7	29.7
5	79.5	73.8	54.1
10	99.8	100.9	83.7
25	121.5	135.0	137.7
50	135.5	160.3	193.6
100	148.1	185.5	266.6
Q_{100}/Q_{MAX}	**0.65**	**0.81**	**1.17**
Evaluación Hidrológica	**Subestima extremos**	**Subestima extremos**	**Crecimiento coherente**

Las distribuciones de probabilidad Normal y Gumbel subestiman extremos y la distribución Normal no supero la prueba de bondad de ajuste K-S. Log-Pearson Tipo III mostró un crecimiento progresivo y una relación más equilibrada con el máximo observado, por lo cual fue seleccionada como la más coherente hidrológicamente para el análisis de caudales máximos.

3.4. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN PUENTE ABREGO - AUT [16047010]

Tabla 36. Valores máximos mensuales de caudales estación Puente Abrego - Aut.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACIÓN NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE CAUDAL (m^3/s) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO: 2026/01/02											ESTACIÓN: PUENTE ABREGO - AUT [16047010]		
LATITUD 8.04 N			TIPO EST LIMNIMÉTRICA				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACIÓN 15/10/1971		
LONGITUD -73.08 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO ABREGO				FECHA-SUSPENSIÓN		
ELEVACIÓN 1430 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE RIO TARRA						
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1972	10.0	25.0	17.5	56.7	92.0	61.1	65.5	6.5	8.3	183.7	62.0	17.5	183.7
1973	6.5	4.5	81.0	23.0	17.5	16.5	15.0	48.0	48.0	32.0	273.0	29.6	273.0
1974	9.7	10.0	19.4	55.9	71.4	10.4	6.5	21.8	141.0	91.0	106.7	15.9	141.0
1975	11.9	12.7	52.1	52.9	74.8	66.0	49.8	16.7	84.1	105.6	121.9	90.6	121.9
1976	13.0	22.0	41.3	69.8	79.0	35.7	16.7	5.5	12.2	60.5	40.6	20.5	79.0
1977	4.8	6.6	14.1	77.0	97.2	13.9	7.2	46.2	39.8	88.2	80.0	10.1	97.2
1978	5.8	33.9	74.8	94.3	71.4	26.0	69.9	44.9	50.0	100.7	35.5	15.4	100.7
1979	9.9	16.2	20.5	37.2	122.5	47.4	57.6	43.6	56.0	139.6	128.0	21.3	139.6
1980	13.5	20.9	24.1	59.2	64.0	39.8	8.0	37.2	114.1	51.2	43.6	25.1	114.1
1981	7.7	7.4	16.5	39.1	71.4	64.0	38.5	70.7	109.8	74.0	227.5	71.4	227.5
1982	12.6	23.5	83.3	115.1	78.3	55.7	20.2	7.0	17.6	26.1	40.3	9.3	115.1
1983	5.2	18.0	15.6	84.9	54.3	27.7	14.0	18.0	7.0	138.4	55.7	17.2	138.4
1984	21.3	21.3	12.6	31.3	47.3	5.2	68.3	9.9	96.4	80.0	88.2	10.5	96.4
1985	5.9	5.0	5.7	74.0	62.7	55.0	32.5	15.6	76.6	109.4	44.4	111.3	111.3
1986	24.6	13.0	12.6	78.3	71.5	76.6	6.8	6.1	27.2	55.7	78.3	7.5	78.3
1987	36.3	23.5	37.6	44.4	58.0	19.1	8.4	25.6	45.2	123.3	103.0	50.1	123.3
1988	7.5	28.8	51.5	67.5	31.9	14.0	42.3	134.0	136.0	148.0	99.4	19.1	148.0
1989	12.6	25.6	105.7	61.9	58.0	76.6	52.2	24.0	152.4	41.6	23.5	51.5	152.4
1990	13.6	10.9	19.1	78.3	31.3	14.0	15.6	25.6	20.2	115.1	112.2	28.8	115.1
1991	21.3	5.9	48.7	45.2	124.2	23.5	8.1	14.8	26.2	13.3	20.8	7.5	124.2
1992	31.3	9.6	26.7	36.3	149.1	30.0	6.8	20.8	42.3	52.2	39.0	26.7	149.1
1993	23.6	21.2	35.4	39.0	43.1	19.6	18.0	15.4	99.3	53.5	48.5	19.6	99.3
1994	6.0	23.8	31.1	75.5	66.5	16.7	10.5	8.7	17.5	34.5	53.5	20.6	75.5
1995	9.0	6.6	30.0	61.3	59.3	49.0	12.5	61.1	98.7	93.1	36.7	66.8	98.7
1996	9.8	38.1	36.6	17.7	30.0	17.7	30.0	25.0	44.0	68.6	44.0	33.3	68.6
1997	11.4	7.6	7.6	17.7	26.9	52.0	28.8	5.0	12.5	16.7	26.3	17.7	52.0
1998	4.7	12.5	61.0	135.9	75.0	36.6	36.6	23.8	141.9	148.0	59.2	115.6	148.0
1999	17.7	77.3	42.5	126.9	70.5	12.5	7.6	39.6	57.4	149.5	111.1	65.8	149.5
2000	12.5	11.4	15.1	52.0	30.0	26.9	8.9	10.3	81.8	36.6	16.7	7.6	81.8
2001	4.2	2.9	15.1	5.0	25.0	4.2	6.0	4.2	26.9	25.0	17.7	35.3	35.3

2002	6.1	4.6	10.0	20.2	37.3	31.3	5.3	6.6	40.3	34.3	6.6	8.2	40.3
2003	5.3	3.3	8.2	146.8	37.3	14.6	6.6	31.3	20.2	28.5	37.3	74.1	146.8
2004	19.1	12.1	9.3	38.5	44.8	31.3	7.2	6.6	67.1	75.8	47.1	14.6	75.8
2005	10.0	12.1	6.1	32.5	75.8	62.7	25.7	10.0	43.3	37.3	95.1	25.7	95.1
2006	12.1	12.1	25.7	85.4	50.8	17.5	20.2	12.1	15.7	75.8	23.0	10.8	85.4
2007	6.6	6.6	20.2	50.8	73.2	21.9	18.0	22.4	46.3	107.6	79.7	15.7	107.6
2008	10.4	13.0	63.3	33.8	145.6	68.8	55.9	185.7	109.2	104.0	183.0	32.9	185.7
2009	44.6	13.0	89.7	74.3	161.4	110.5	15.5	62.2	124.8	30.0	156.0	36.7	161.4
2010	7.0	6.1	65.5	60.0	97.4	93.0	205.9	115.7	183.0	104.0	156.0	104.0	205.9
2011	25.6	13.2	25.6	213.0	172.0	65.0	43.0	43.0	68.8	122.5	154.4	127.0	213.0
2012	11.4	13.2	11.1	143.5	118.0	13.2	6.9	16.9	22.5	102.6	101.2	16.9	143.5
2013	5.6	15.7	54.0	72.5	68.8	61.7	9.3	31.7	109.6	57.3	56.2	45.2	109.6
2014	5.8	36.9	25.6	77.5	90.0	4.6	3.5	13.2	57.3	77.5	19.4	22.5	90.0
2015	5.7	25.6	20.6	48.5	43.0	3.9	3.9	12.3	55.1	29.1	61.7	6.9	61.7
2016	4.5	4.2	3.4	54.0	88.8	7.5	7.0	10.4	16.3	95.6	172.0	75.0	172.0
2017	8.0	13.3	239.2	174.3	197.6	31.2	10.8	39.8	107.3	94.5	51.3	17.0	239.2
2018	26.0	6.3	39.8	135.8	306.6	13.7	8.8	22.2	28.6	45.8	63.3	17.6	306.6
2019	24.7	5.7	65.5	141.4	170.1	130.3	12.8	10.0	38.1	44.1	63.3	62.2	170.1
2020	48.0	5.4	35.5	54.6	14.2	26.7	34.6	38.1	124.9	82.5	215.5	21.5	215.5
2021	7.7	18.9	19.6	52.4	450.2	59.0	10.8	28.6	28.6	28.6	45.8	10.8	450.2
MED	10.0	12.8	25.7	59.6	71.4	28.9	14.5	22.0	49.0	75.8	60.5	21.4	122.6
MAX	48.0	77.3	239.2	213.0	450.2	130.3	205.9	185.7	183.0	183.7	273.0	127.0	450.2
MIN	4.2	2.9	3.4	5.0	14.2	3.9	3.5	4.2	7.0	13.3	6.6	6.9	35.3

3.4.1 Pruebas estadísticas.

PROM. LOG=	2.09
DES. ES. LOG=	0.21
# DATOS	50
K_n=	2.768

$$\mathrm{Log}(Q_{max,min}) = \mu_{LogQ} \pm K_n * \sigma_{LogQ}$$

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

LOG (Qmax)=	2.679	Q(Lim-sup)=	477.4	Qmax=	450.2
LOG (Qmin)=	1.500	Q(Lim-inf)=	31.6	Qmin=	35.3

Todos los datos de caudal se encuentran dentro de los límites permitidos por la prueba, por lo tanto; la totalidad de los datos se usaron en los cálculos hidrológicos.

PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD (F.D.P.)			
PARÁMETRO	**POBLACIÓN**	**MUESTRA**	**VALOR**
NUMERO DE DATOS		**n**	50
PROMEDIO			138.27
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		**S**	73.13
VARIANZA		**s2**	5348.01
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		**CV**	0.53
CAUDAL MÁXIMO (Qmax)		**Qmax**	450
CAUDAL MÍNIMO (Qmin)		**Qmin**	35.28
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA		**Cs**	1.93

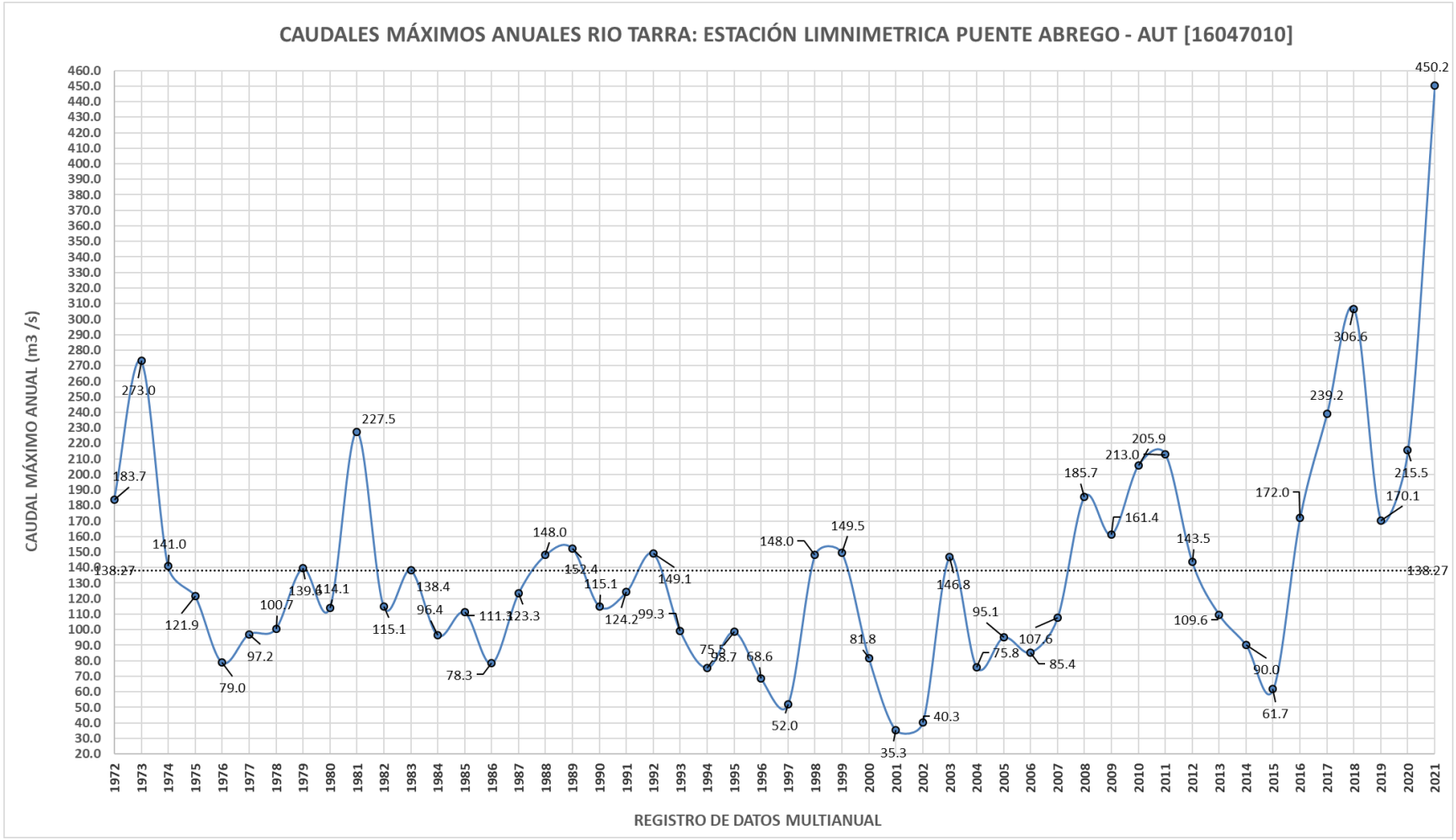


Figura 1. Caudales Máximos Anuales, rio Tarra: estación limnigráfica Puente Abrego – Aut (16047010)

Tabla 37. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación Puente Abrego – Aut (16047010).

CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN ABREGO - AUT [16047010]			
AÑO	N	Q (m^3/seg)	LOG Q
1972	1	183.70	2.264109156
1973	2	273.00	2.436162647
1974	3	141.00	2.149219113
1975	4	121.90	2.086003706
1976	5	79.00	1.897627091
1977	6	97.16	1.987487506
1978	7	100.70	2.003029471
1979	8	139.60	2.144885418
1980	9	114.10	2.057285644
1981	10	227.50	2.356981401
1982	11	115.10	2.061075324
1983	12	138.40	2.14113609
1984	13	96.44	1.984257202
1985	14	111.30	2.046495164
1986	15	78.30	1.893761762
1987	16	123.30	2.090963077
1988	17	148.00	2.170261715
1989	18	152.40	2.182984967
1990	19	115.10	2.061075324
1991	20	124.20	2.094121596
1992	21	149.10	2.173477643
1993	22	99.25	1.996730515
1994	23	75.50	1.877946952
1995	24	98.71	1.994361152
1996	25	68.60	1.836324116
1997	26	52.00	1.716003344
1998	27	148.00	2.170261715
1999	28	149.50	2.174641193
2000	29	81.78	1.912647106
2001	30	35.28	1.547528576
2002	31	40.30	1.605305046
2003	32	146.80	2.166726056
2004	33	75.81	1.879726497
2005	34	95.07	1.978043494
2006	35	85.44	1.93166124
2007	36	107.60	2.031812271
2008	37	185.70	2.268811904
2009	38	161.40	2.20790353
2010	39	205.90	2.313656347
2011	40	213.00	2.328379603
2012	41	143.50	2.156851901
2013	42	109.60	2.039810554
2014	43	90.00	1.954242509
2015	44	61.70	1.790285164
2016	45	172.00	2.235528447
2017	46	239.19	2.378737572
2018	47	306.60	2.486572151

2019	48	170.11	2.230720909
2020	49	170.11	2.230720909
2021	50	215.53	2.333511759
	MEDIA	**132.67**	**2.081157071**

s =	57.89
s_{LOGQ} =	0.20
COEF.AS.LOG=	-0.4346
k =	-0.0724

3.4.2 Por distribución normal

Se emplea la siguiente ecuación.

$$Q = \overline{Q} + K_T \ \sigma_Q$$

K_T: factor de frecuencia que depende del periodo de retorno del evento.

Por distribución normal K_T se halla con la siguiente ecuación:

$$K_T = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$W = \left[Ln\left(\frac{1}{P^2}\right)\right]^{1/2}$$

P: probabilidad de ocurrencia del evento.

$$P = \frac{1}{T}$$

T: periodo de retorno del evento, (años).

Tabla 38. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación Puente Abrego – Aut (16047010).

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTACIÓN ABREGO - AUT [16047010]				
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.1774100	-0.00000010	132.67
2.33	0.43	1.3006677	0.17809969	142.98
5	0.20	1.7941226	0.84145672	181.38
10	0.10	2.1459660	1.28172876	206.87
25	0.04	2.5372725	1.75107653	234.04
50	0.02	2.7971496	2.05418859	251.58
100	0.01	3.0348543	2.32678533	267.36

3.4.3 Por distribución Gumbell

El procedimiento es similar al anterior, pero en el factor de frecuencia del evento se emplea el factor de frecuencia de Gumbell, el cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\Pi}\left\{0.5772 + Ln\left[Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

Tabla 39. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación Puente Abrego – Aut (16047010).

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN GUMBELL ESTACIÓN ABREGO - AUT [16047010]			
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	-0.164272	123.16
2.33	0.43	0.001082	132.73
5	0.20	0.719457	174.32
10	0.10	1.304563	208.19
25	0.04	2.043846	250.99
50	0.02	2.592288	282.74
100	0.01	3.136681	314.25

3.4.4 Por distribución log Pearson tipo III

Esta distribución emplea para la predicción de los caudales los logaritmos en base 10 de los datos presentes en el registro histórico.

$$\text{LOG Q} = \overline{LOGQ} + K_T\ \sigma_{LOGQ}$$

El factor de frecuencia de Log Pearson se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_T = Z + (Z^2-1)k + \frac{1}{3}(Z^3-6Z)k^2 - (Z^2-1)k^3 + Zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Z: Se calcula igual que el factor de frecuencia de distribución normal.

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

Cs: Coeficiente de asimetría que se calcula con los logaritmos de los datos.

$$Cs = \frac{n\sum(logx - \overline{logx})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma logx)^3}$$

k =0.1131

Tabla 40. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, Puente Abrego – Aut (16047010).

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III ESTACIÓN PUENTE ABREGO - AUT [16047010]						
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	Z	K_T	LOG Q	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.17741002	-0.0000001010	0.072053	2.10	124.57
2.33	0.43	1.30066773	0.1780996895	0.246013	2.13	134.85
5	0.20	1.79412258	0.8414567174	0.854728	2.25	177.96
10	0.10	2.14596603	1.2817287565	1.225678	2.32	210.73
25	0.04	2.53727248	1.7510765311	1.593257	2.40	249.16
50	0.02	2.79714962	2.0541885887	1.815858	2.44	275.76
100	0.01	3.03485426	2.3267853326	2.006423	2.48	300.78

3.4.5 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov.

Tabla 41. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal.

Webull	**b=**	0	**PROMEDIO=**	138.27	**DESV.EST=**	73.13

DISTRIBUCIÓN MUESTRA				**DIST. TEÓRICO**		**DIFERENCIA**
n	**Qmax (m^3/s)**	**P**	**Pexd= 1-P**	**z = KT**	**F-normal**	**D**
1	450.2	0.020	0.980	4.265	1.000	0.020
2	306.6	0.039	0.961	2.302	0.989	0.029
3	273.0	0.059	0.941	1.842	0.967	0.026
4	239.2	0.078	0.922	1.380	0.916	0.005
5	227.5	0.098	0.902	1.220	0.889	0.013
6	215.5	0.118	0.882	1.057	0.855	0.028
7	213.0	0.137	0.863	1.022	0.847	0.016
8	205.9	0.157	0.843	0.925	0.822	0.021
9	185.7	0.176	0.824	0.649	0.742	0.082
10	183.7	0.196	0.804	0.621	0.733	0.071
11	172.0	0.216	0.784	0.461	0.678	0.107
12	170.1	0.235	0.765	0.435	0.668	0.096
13	161.4	0.255	0.745	0.316	0.624	0.121
14	152.4	0.275	0.725	0.193	0.577	0.149
15	149.5	0.294	0.706	0.154	0.561	0.145
16	149.1	0.314	0.686	0.148	0.559	0.127
17	148.0	0.333	0.667	0.133	0.553	0.114
18	148.0	0.353	0.647	0.133	0.553	0.094
19	146.8	0.373	0.627	0.117	0.546	0.081
20	143.5	0.392	0.608	0.072	0.529	0.079
21	141.0	0.412	0.588	0.037	0.515	0.073
22	139.6	0.431	0.569	0.018	0.507	0.061
23	138.4	0.451	0.549	0.002	0.501	0.048
24	124.2	0.471	0.529	-0.192	0.424	0.106
25	123.3	0.490	0.510	-0.205	0.419	0.091
26	121.9	0.510	0.490	-0.224	0.411	0.079
27	115.1	0.529	0.471	-0.317	0.376	0.095
28	115.1	0.549	0.451	-0.317	0.376	0.075
29	114.1	0.569	0.431	-0.330	0.371	0.061
30	111.3	0.588	0.412	-0.369	0.356	0.056

31	109.6	0.608	0.392	-0.392	0.348	0.045
32	107.6	0.627	0.373	-0.419	0.337	0.035
33	100.7	0.647	0.353	-0.514	0.304	0.049
34	99.3	0.667	0.333	-0.534	0.297	0.036
35	98.7	0.686	0.314	-0.541	0.294	0.019
36	97.2	0.706	0.294	-0.562	0.287	0.007
37	96.4	0.725	0.275	-0.572	0.284	0.009
38	95.1	0.745	0.255	-0.591	0.277	0.022
39	90.0	0.765	0.235	-0.660	0.255	0.019
40	85.4	0.784	0.216	-0.722	0.235	0.019
41	81.8	0.804	0.196	-0.772	0.220	0.024
42	79.0	0.824	0.176	-0.810	0.209	0.032
43	78.3	0.843	0.157	-0.820	0.206	0.049
44	75.8	0.863	0.137	-0.854	0.197	0.059
45	75.5	0.882	0.118	-0.858	0.195	0.078
46	68.6	0.902	0.098	-0.953	0.170	0.072
47	61.7	0.922	0.078	-1.047	0.148	0.069
48	52.0	0.941	0.059	-1.180	0.119	0.060
49	40.3	0.961	0.039	-1.340	0.090	0.051
50	35.3	0.980	0.020	-1.408	0.080	0.060

D K-S =	**0.149**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.192**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.149 < 0.192, No rechaza la hipótesis nula.

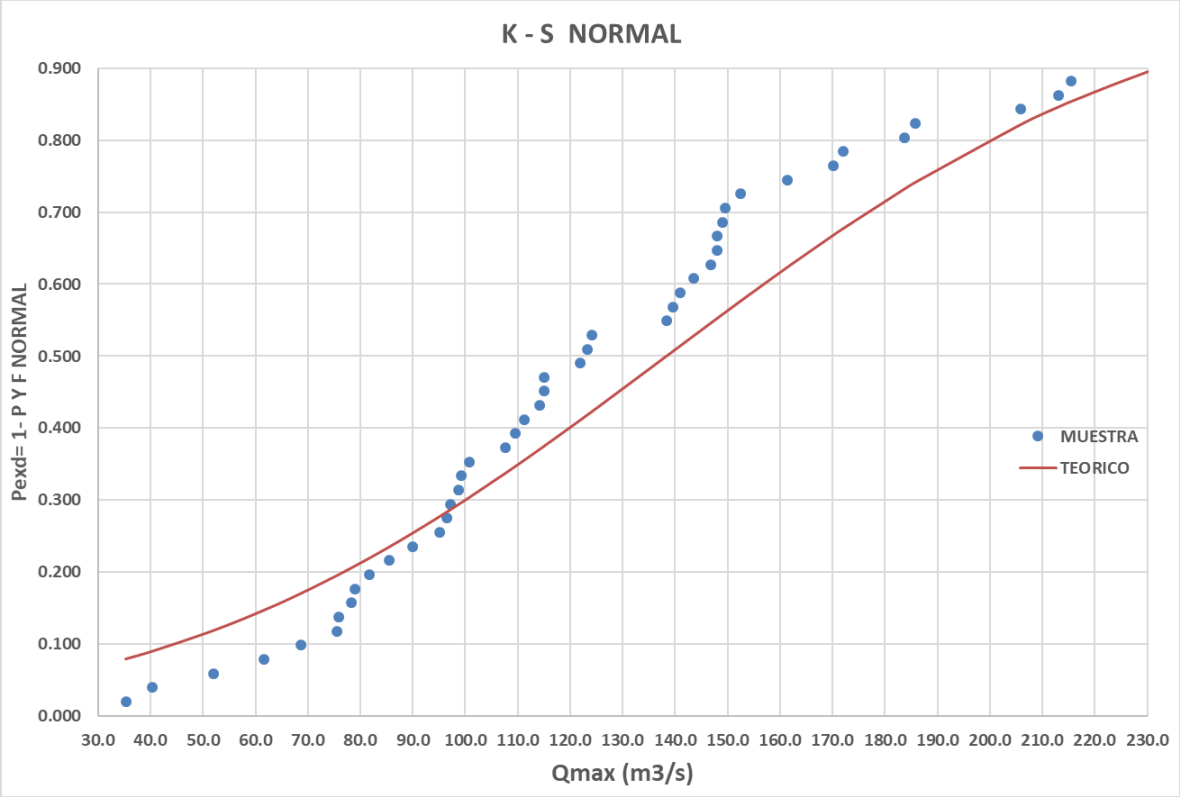


Tabla 42. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	138.27	a=	57.0
			DESV.EST=	73.13	u=	105.4
DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	Y	F-Gumbel	D
1	450.2	0.020	0.980	6.047	0.998	0.018
2	306.6	0.040	0.960	3.529	0.971	0.011
3	273.0	0.060	0.940	2.940	0.949	0.009
4	239.2	0.080	0.920	2.347	0.909	0.011
5	227.5	0.100	0.900	2.142	0.889	0.011
6	215.5	0.120	0.880	1.932	0.865	0.015
7	213.0	0.140	0.860	1.888	0.860	0.000
8	205.9	0.160	0.840	1.763	0.842	0.002
9	185.7	0.180	0.820	1.409	0.783	0.037
10	183.7	0.200	0.800	1.374	0.776	0.024
11	172.0	0.220	0.780	1.169	0.733	0.047
12	170.1	0.240	0.760	1.136	0.725	0.035
13	161.4	0.260	0.740	0.983	0.688	0.052
14	152.4	0.280	0.720	0.825	0.645	0.075
15	149.5	0.300	0.700	0.774	0.631	0.069
16	149.1	0.320	0.680	0.767	0.629	0.051
17	148.0	0.340	0.660	0.748	0.623	0.037
18	148.0	0.360	0.640	0.748	0.623	0.017
19	146.8	0.380	0.620	0.727	0.617	0.003
20	143.5	0.400	0.600	0.669	0.599	0.001
21	141.0	0.420	0.580	0.625	0.586	0.006
22	139.6	0.440	0.560	0.601	0.578	0.018
23	138.4	0.460	0.540	0.580	0.571	0.031
24	124.2	0.480	0.520	0.331	0.487	0.033
25	123.3	0.500	0.500	0.315	0.482	0.018
26	121.9	0.520	0.480	0.290	0.473	0.007
27	115.1	0.540	0.460	0.171	0.430	0.030
28	115.1	0.560	0.440	0.171	0.430	0.010
29	114.1	0.580	0.420	0.153	0.424	0.004
30	111.3	0.600	0.400	0.104	0.406	0.006
31	109.6	0.620	0.380	0.074	0.395	0.015
32	107.6	0.640	0.360	0.039	0.382	0.022
33	100.7	0.660	0.340	-0.082	0.338	0.002
34	99.3	0.680	0.320	-0.107	0.329	0.009
35	98.7	0.700	0.300	-0.117	0.325	0.025
36	97.2	0.720	0.280	-0.144	0.315	0.035
37	96.4	0.740	0.260	-0.156	0.311	0.051
38	95.1	0.760	0.240	-0.180	0.302	0.062
39	90.0	0.780	0.220	-0.269	0.270	0.050
40	85.4	0.800	0.200	-0.349	0.242	0.042
41	81.8	0.820	0.180	-0.413	0.220	0.040
42	79.0	0.840	0.160	-0.462	0.204	0.044
43	78.3	0.860	0.140	-0.474	0.200	0.060
44	75.8	0.880	0.120	-0.518	0.187	0.067
45	75.5	0.900	0.100	-0.524	0.185	0.085
46	68.6	0.920	0.080	-0.645	0.149	0.069
47	61.7	0.940	0.060	-0.766	0.116	0.056
	52.0	0.000	1.000	-0.936	0.078	0.922

48	40.3	0.960	0.040	-1.141	0.044	0.004
49	35.3	0.980	0.020	-1.229	0.033	0.013

D K-S =	**0.922**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.194**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.157< 0.192, No se rechaza la hipótesis nula.

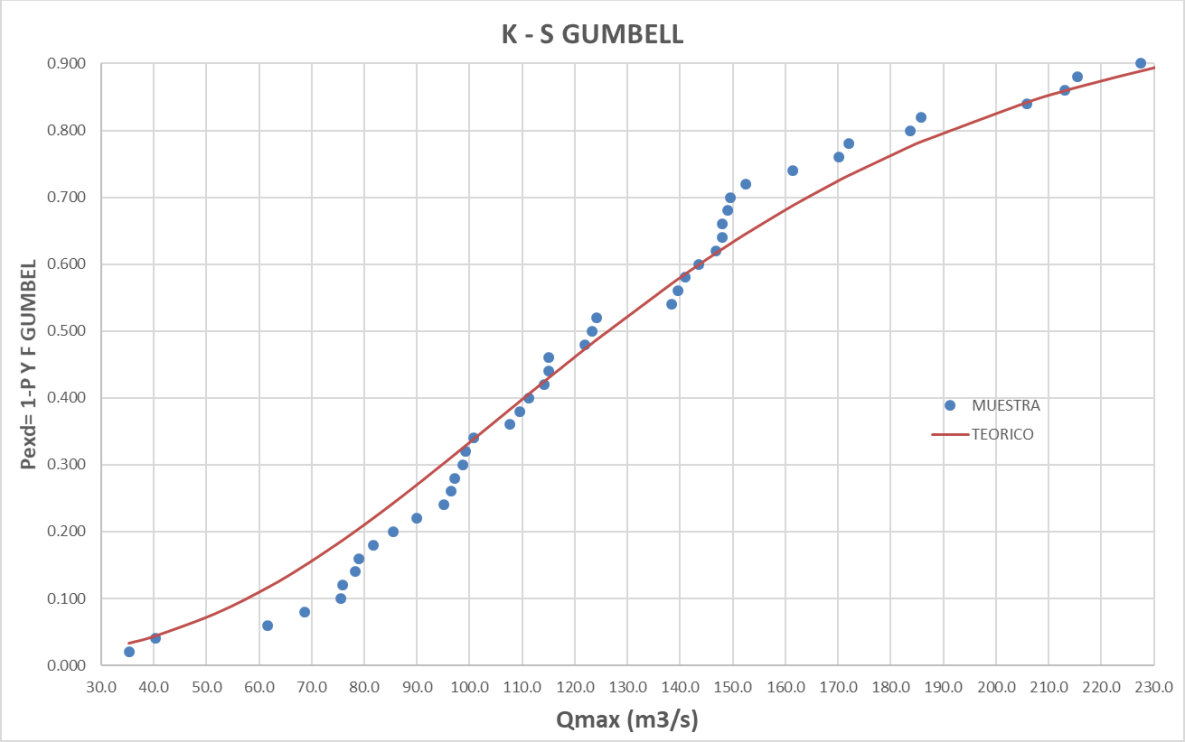


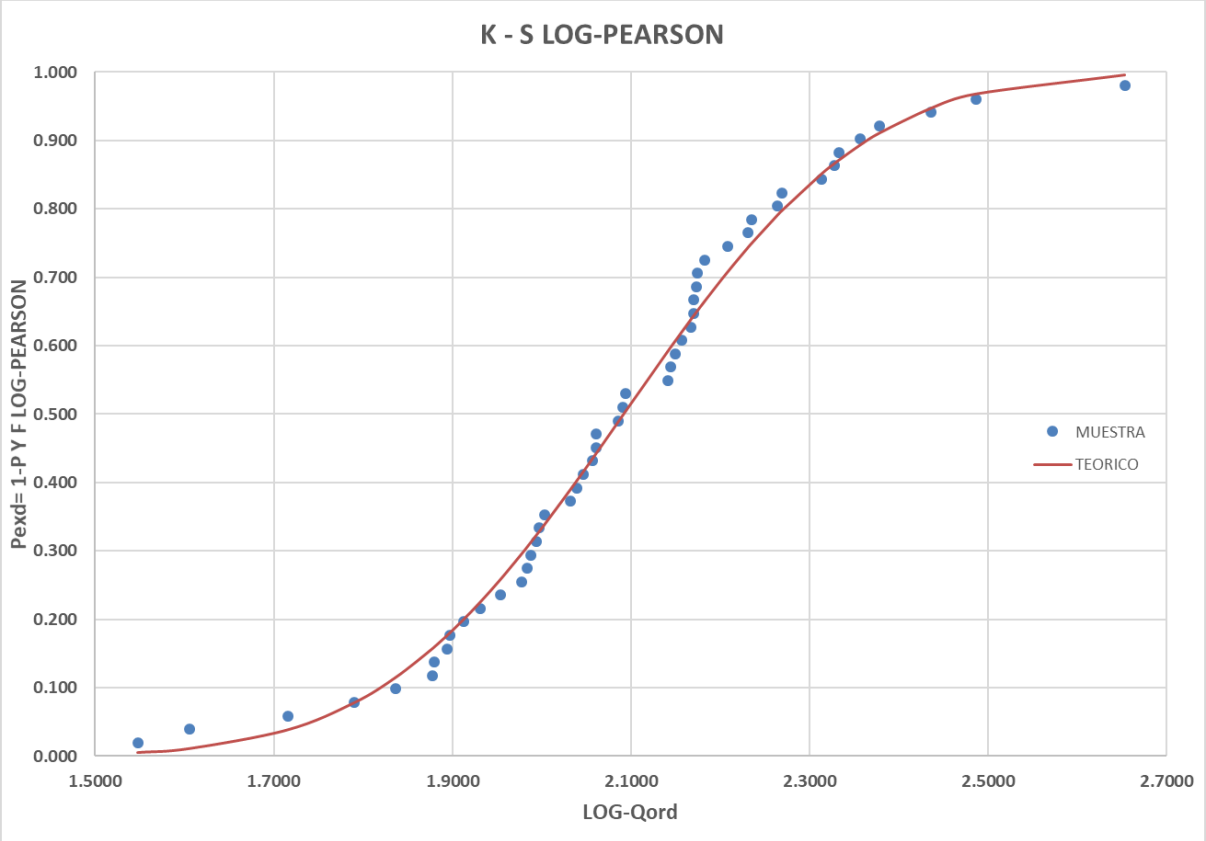
Tabla 43. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson.

Wwbull b=	0	**PROMEDIO =**	2.09	**COEF. ASI=**	-0.07	**D K-S =**	**0.060**	**Nivel significa**	**a**	0.05
		DESV.EST=	0.21	**k=**	-0.01	**D Critico =**	**0.192**	**Nivel confianza**	**1 - a**	0.95

DISTRIBUCION MUESTRA				**DISTRIBUCION TEORICO**						**DIFERENCIA**
n	**LOG-Qord**	**P**	**Pexd= 1-P=F**	**KT Datos**	**P Log-pearson**	**Z**	**KT Log-pearson**	**Error KT**	**F Log-pearson**	**D**
1	2.6534	0.020	0.980	2.648	0.004	2.637	2.648	0.000000	0.996	0.015
2	2.4866	0.039	0.961	1.865	0.032	1.853	1.865	0.000000	0.968	0.007
3	2.4362	0.059	0.941	1.628	0.053	1.617	1.628	0.000000	0.947	0.006
4	2.3787	0.078	0.922	1.358	0.089	1.347	1.358	0.000000	0.911	0.011
5	2.3570	0.098	0.902	1.256	0.107	1.245	1.256	0.000000	0.893	0.009
6	2.3335	0.118	0.882	1.146	0.128	1.134	1.146	0.000000	0.872	0.011

7	2.3284	0.137	0.863	1.122	0.133	1.110	1.122	0.000000	0.867	0.004
8	2.3137	0.157	0.843	1.052	0.149	1.041	1.052	0.000000	0.851	0.008
9	2.2688	0.176	0.824	0.842	0.203	0.830	0.842	0.000000	0.797	0.027
10	2.2641	0.196	0.804	0.820	0.209	0.808	0.820	0.000000	0.791	0.013
11	2.2355	0.216	0.784	0.685	0.250	0.674	0.685	0.000000	0.750	0.034
12	2.2307	0.235	0.765	0.663	0.257	0.652	0.663	0.000000	0.743	0.022
13	2.2079	0.255	0.745	0.556	0.293	0.544	0.556	0.000000	0.707	0.038
14	2.1830	0.275	0.725	0.439	0.335	0.427	0.439	0.000000	0.665	0.060
15	2.1746	0.294	0.706	0.399	0.349	0.388	0.399	0.000000	0.651	0.055
16	2.1735	0.314	0.686	0.394	0.351	0.383	0.394	0.000000	0.649	0.037
17	2.1703	0.333	0.667	0.379	0.357	0.368	0.379	0.000000	0.643	0.023
18	2.1703	0.353	0.647	0.379	0.357	0.368	0.379	0.000000	0.643	0.004
19	2.1667	0.373	0.627	0.362	0.363	0.351	0.362	0.000000	0.637	0.010
20	2.1569	0.392	0.608	0.316	0.380	0.305	0.316	0.000000	0.620	0.012
21	2.1492	0.412	0.588	0.280	0.394	0.269	0.280	0.000000	0.606	0.018
22	2.1449	0.431	0.569	0.260	0.402	0.248	0.260	0.000000	0.598	0.029
23	2.1411	0.451	0.549	0.242	0.409	0.231	0.242	0.000000	0.591	0.042
24	2.0941	0.471	0.529	0.021	0.496	0.010	0.021	0.000000	0.504	0.025
25	2.0910	0.490	0.510	0.006	0.502	-0.005	0.006	0.000000	0.498	0.012
26	2.0860	0.510	0.490	-0.017	0.511	-0.028	-0.017	0.000000	0.489	0.001
27	2.0611	0.529	0.471	-0.134	0.558	-0.145	-0.134	0.000000	0.442	0.028
28	2.0611	0.549	0.451	-0.134	0.558	-0.145	-0.134	0.000000	0.442	0.009
29	2.0573	0.569	0.431	-0.152	0.565	-0.163	-0.152	0.000000	0.435	0.004
30	2.0465	0.588	0.412	-0.203	0.585	-0.214	-0.203	0.000000	0.415	0.004
31	2.0398	0.608	0.392	-0.234	0.597	-0.245	-0.234	0.000000	0.403	0.011
32	2.0318	0.627	0.373	-0.271	0.611	-0.283	-0.271	0.000000	0.389	0.016
33	2.0030	0.647	0.353	-0.407	0.662	-0.418	-0.407	0.000000	0.338	0.015
34	1.9967	0.667	0.333	-0.436	0.673	-0.448	-0.436	0.000000	0.327	0.006
35	1.9944	0.686	0.314	-0.447	0.677	-0.459	-0.447	0.000000	0.323	0.009
36	1.9875	0.706	0.294	-0.480	0.688	-0.491	-0.480	0.000000	0.312	0.018
37	1.9843	0.725	0.275	-0.495	0.694	-0.506	-0.495	0.000000	0.306	0.032
38	1.9780	0.745	0.255	-0.524	0.704	-0.535	-0.524	0.000000	0.296	0.041
39	1.9542	0.765	0.235	-0.636	0.741	-0.647	-0.636	0.000000	0.259	0.023
40	1.9317	0.784	0.216	-0.742	0.774	-0.753	-0.742	0.000000	0.226	0.010
41	1.9126	0.804	0.196	-0.831	0.800	-0.843	-0.831	0.000000	0.200	0.004
42	1.8976	0.824	0.176	-0.902	0.819	-0.913	-0.902	0.000000	0.181	0.004
43	1.8938	0.843	0.157	-0.920	0.824	-0.931	-0.920	0.000000	0.176	0.019
44	1.8797	0.863	0.137	-0.986	0.841	-0.997	-0.986	0.000000	0.159	0.022
45	1.8779	0.882	0.118	-0.994	0.843	-1.006	-0.994	0.000000	0.157	0.040
46	1.8363	0.902	0.098	-1.190	0.885	-1.201	-1.190	0.000000	0.115	0.017
47	1.7903	0.922	0.078	-1.406	0.922	-1.417	-1.406	0.000000	0.078	0.000
48	1.7160	0.941	0.059	-1.755	0.961	-1.766	-1.755	0.000000	0.039	0.020
49	1.6053	0.961	0.039	-2.275	0.989	-2.286	-2.275	0.000000	0.011	0.028
50	1.5475	0.980	0.020	-2.546	0.995	-2.558	-2.546	0.000000	0.005	0.014

Como 0.060 < 0.192, No se rechaza la hipótesis nula.



3.4.6 Caudal Tr100 rio Tarra. Estación limnigráfica Puente Abrego – Aut.

Tabla 44. Caudales máximos calculados Rio Frio: Estación Puente Abrego - Aut.

T (años)	NORMAL	GUMBEL	LOG-PEARSON
2	132.7	123.2	124.6
2.33	143.0	132.7	134.8
5	181.4	174.3	178.0
10	206.9	208.2	210.7
25	234.0	251.0	249.2
50	251.6	282.7	275.8
100	267.4	314.3	300.8

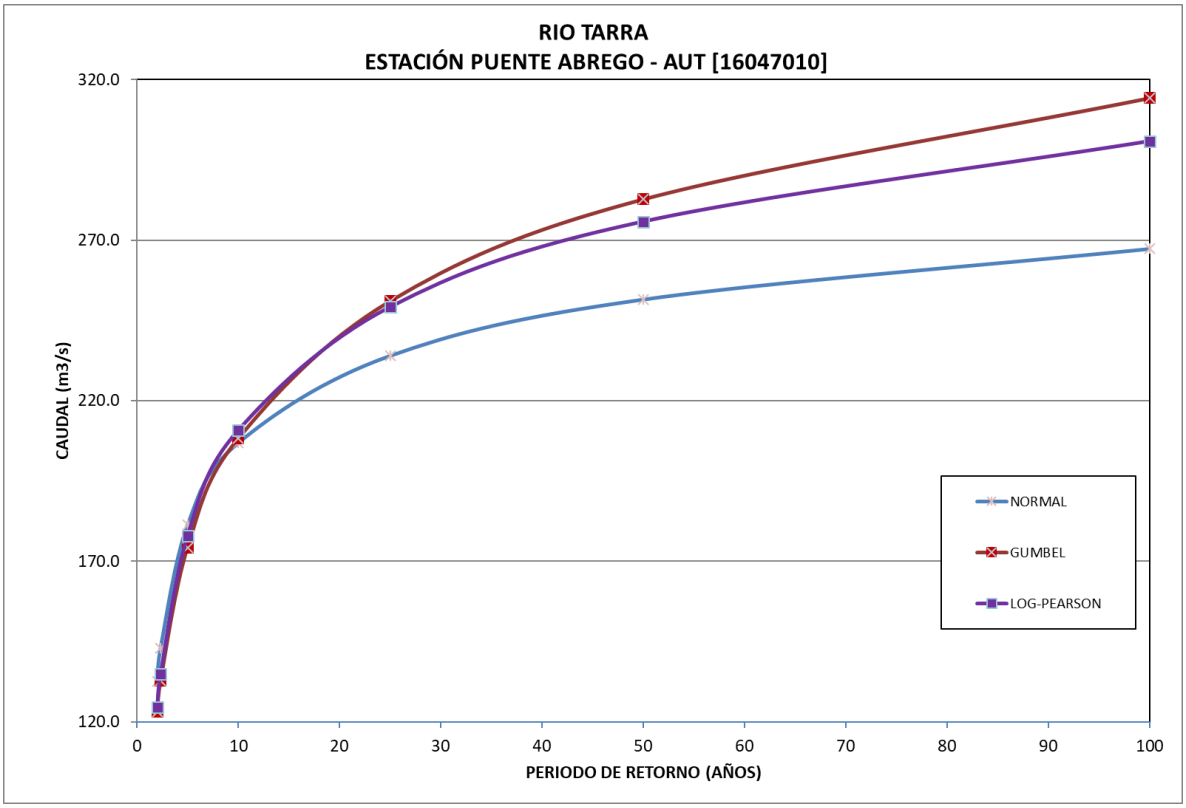


Tabla 45. Comparación de cuantiles de caudal y coherencia hidrológica.

CUANTILES DE CAUDAL Y COHERENCIA HIDROLÓGICA			
Tr (Años)	**DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD (m^3/s)**		
	NORMAL	**GUMBEL**	**LOG-PEARSON III**
2	132.7	123.2	124.6
2.33	143.0	132.7	134.8
5	181.4	174.3	178.0
10	206.9	208.2	210.7
25	234.0	251.0	249.2
50	251.6	282.7	275.8
100	267.4	314.3	300.8
Q_{100}/Q_{MAX}	**0.59**	**0.70**	**0.67**
Evaluación Hidrológica	**Subestima extremos**	**Crecimiento coherente**	**Conservadora**

Aunque las tres distribuciones de probabilidad superaron la prueba de Kolmogorov–Smirnov; la prueba Normal y Log-Pearson III, subestiman extremos o es muy conservadora. Por estas razones se selecciona la distribución Gumbel para el análisis de caudales máximos, ya que mantiene un comportamiento coherente respecto al máximo observado.

3.5. CALCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO EN LA ESTACIÓN SAN RAFAEL [23197370]

Tabla 46. Valores máximos mensuales de caudales estación San Rafael [23197370].

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE CAUDAL (m^3/s) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2026/01/02											ESTACION : SAN RAFAEL [23197370]		
LATITUD 7.58 N			TIPO EST LIMNIMETRICA				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/10/1974		
LONGITUD -73.56 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SABANA DE TORRES				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 78 m.s.n.m			REGIONAL 08 SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE RIO LEBRIJA						
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	VR ANUAL
1966	59	68	64	85	255	490	185	185	320	600	680	610	680.0
1967	68	150	330	590	355	595	140	145	185	860	1000	210	1000.0
1968	52	92	137	394	315	388	244	206	275	285	227	119	394.0
1969	240	86	135.1	331	266	164	246	286	254	340	656	246	656.0
1970	369	277	83.8	246	119	176	235	161	285	475	456.9	265	475.0
1971	475	376	350	541	507	200.7	107	176	265	475	423	101	541.0
1972	297	704	427	696	911	860	301	294	158	866	528	487	911.0
1973	361	114	426	709	170	329	186	309	966	314	413	195	966.0
1974	168	116	153	224	181	65	62.8	70.5	197	356	298	280	356.0
1975	44	97.6	262	356	376	154	213	258.6	168	336	414	376.6	414.0
1976	148	315	164	294	210.6	210.6	117	123.6	220	407	382.7	101	407.0
1977	331	111	331	199	274	199	121.2	218	162	255	312	145	331.0
1978	164	150	407	407	176	144.2	138.6	116.1	220.4	600.8	360.1	189.8	600.8
1979	181	115	401	418.4	331.1	326.5	290	273.2	315	404.6	446	338	446.0
1980	96	360	162	162	315	162	125.2	127.8	360	290	338	468	468.0
1981	252.2	360	315	310	423	360	269	248.4	302.4	495.2	338	400	495.2
1982	408	518	150	586.7	564	285	231.2	112	308	398.4	330	83	586.7
1983	45	41.8	289.6	398	130	195	130	218	97.8	150	204.2	352	398.0
1984	262	308	102	285	433.2	308	195	150	420	354.2	390.8	171.9	433.2
1985	160.8	53.9	101.3	305.7	242.2	442	213.4	262	596	596	352	365.2	596.0
1986	152.4	162	374	226.8	390.8	462.5	208.8	195	262	628.8	321.2	150	628.8
1987	162	218	204.3	343.2	393.2	213.4	213.4	218	446.1	433.2	462.5	483	483.0
1988	51.8	199.6	123	537.5	365	337.5	138.4	461.3	580	665	597	441	665.0
1989	305.2	218	434.2	240	520.5	151	262	326.5	495	454.5	402.5	402.5	520.5
1990	134.8	396.3	226	383.8	488.3	165	252	112	210.4	252	537.5	706	706.0
1991	98	98	689.6	236.4	365	200	86.8	95.2	365	605.5	415	200	689.6
1992	131	73	48.4	165	106.4	427.5	70.8	103.6	252	115.5	176.9	153.8	427.5
1993	271.8	211.1	250.4	325.5	306.2	200.1	147	95.5	170.3	123.5	325.5	252.4	325.5
1994	109.4	109.4	94.7	328.4	387.1	92.4	365.1	57.1	307.5	376.1	409.2	175	409.2
1995	54.4	63.3	254.3	321	259.7	307.5	109.4	404.8	160.7	409.2	167.8	354.9	409.2
1996	103.8	121.8	409.2	297.4	287	354.9	254.3	263.4	263.4	409.2	365.1	246	409.2
1997	272.5	86.7	121.8	237.7	205.2	307.5	102.6	109.4	263.4	315.9	221.1	158	315.9
1998	121.8	409.2	304.1	387.1	365.1	214.8	299.1	172.1	254.3	387.1	365.1	387.1	409.2
1999	354.9	272.5	376.1	290.6	387.1	324.4	134.2	147.4	387.1	391.5	382.7	409.2	409.2
2000	214.8	409.2	254.3	290.6	344.7	265.2	254.3	172.1	261.6	307.5	290.6	211.6	409.2
2001	213.2	76.4	147.4	92.4	518	189.3	344.7	254.3	154.1	409.2	587	304.1	587.0
2002	58.9	92.7	68.9	266.2	266.2	286.7	325.9	310.9	286.7	393	335.2	151.9	393.0
2003	40.5	76.1	290.8	380.9	262.3	417.5	106.6	85.6	225.5	488	405.3	465	488.0
2004	217.5	169.8	120.4	246.8	327	337.6	76	160.2	327	247	392.6	289	392.6
2005	216.2	402.8	325.9	388.2	380.9	215.5	227.4	393	214.4	390.1	465.1	407.7	465.1
2006	327	60.4	209	385	327	358.8	227	227	287	307	209	165.2	385.0
2007	65.6	140	156.8	348.2	369.4	173.6	126	140	327	382.5	348.2	287	382.5
2008	126	237	363	327	382.5	194.6	173.6	307	297	456.8	498.2	348.2	498.2
2009	350.4	158.3	405	460.7	350.4	364.1	145.5	262.8	158.3	364.1	502.4	350.4	502.4

2010	93.31	68.2	283.8	391.4	502.4	355.9	350.4	207.1	527.3	554.4	611.8	620	620.0
2011	243.7	262.8	466.9	502.4	689	377.7	327.6	224.5	327.6	538	429.8	502.4	689.0
2012	294.2	98.94	151.2	405	420.5	391.4	405	158.3	104.6	377.7	466.9	224.5	466.9
2013	130	350.4	350.4	304.7	502.4	116	130	253.2	502.4	364.1	273.3	148.4	502.4
2014	82.03	144.1	273.3	350.4	350.4	184.6	50.56	65.88	194.6	579	538	194.6	579.0
2015	137.4	460.7	240.3	154.7	620	80.76	120.2	98.06	351	156.7	448.3	59.6	620.0
2016	112.7	26.0	77.3	378.0	318.6	217.5	90.6	49.7	217.5	356.3	520.2	350.9	520.2
2017				350.9	378.0	359.0	132.2	123.6	356.3	466.8	353.6	356.3	466.8
2018	217.5	64.0	266.3	350.9	353.6	334.8	68.0	117.2	356.3	361.7	298.1		361.7
2019			140.0	416.8	241.0	180.8	77.0	159.7	155.2	225.1	461.3	170.3	461.3
2020	245.0	92.4	221.1	205.2	245.0	196.5	245.0	168.1	143.0	432.7	496.5	245.0	496.5
2021	71.4	71.4	225.1	184.3	531.8	355.0	397.7	245.0	397.7	397.7	386.3	187.8	531.8
2022	173.8	215.1	179.1	478.9	429.5	514.2	217.1	256.2	215.1	468.3	221.1	169.6	514.2
2023	256.2	177.3	256.2	461.3	281.0	267.5	140.0	305.2	152.1	377.8	346.5	130.1	461.3
MED	163.0	147.1	250.4	337.1	352.0	276.2	185.5	180.5	264.2	392.3	391.7	252.4	479.0
MAX	475.0	704.0	689.6	709.0	911.0	860.0	405.0	461.3	966.0	866.0	1000.0	706.0	1000.0
MIN	40.5	26.0	48.4	85.0	106.4	65.0	50.6	49.7	97.8	115.5	167.8	59.6	315.9

3.5.1 Pruebas estadísticas.

PROM. LOG=	2.70
DES. ES. LOG=	0.11
# DATOS	58
K_n=	2.837

$$\mathrm{Log}(Q_{max,min}) = \mu_{LogQ} \pm K_n * \sigma_{LogQ}$$

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

LOG (Qmax)=	3.010	Q(Lim-sup)=	1022.3	Qmax=	1000.0
LOG (Qmin)=	2.381	Q(Lim-inf)=	240.6	Qmin=	315.9

Todos los datos de caudal se encuentran dentro de los límites permitidos por la prueba, por lo tanto; la totalidad de los datos se usaron en los cálculos hidrológicos.

PARÁMETROS DE LAS FUNCIONES DE PROBABILIDAD (F.D.P.)			
PARÁMETRO	**POBLACIÓN**	**MUESTRA**	**VALOR**
NUMERO DE DATOS		**n**	58
PROMEDIO			513.05
DESVIACIÓN ESTÁNDAR		**S**	145.41
VARIANZA		**s2**	21143.86
COEFICIENTE DE VARIACIÓN		**CV**	0.28
CAUDAL MÁXIMO (Qmax)		**Qmax**	1000
CAUDAL MÍNIMO (Qmin)		**Qmin**	315.90
COEFICIENTE DE ASIMETRÍA		**Cs**	1.52

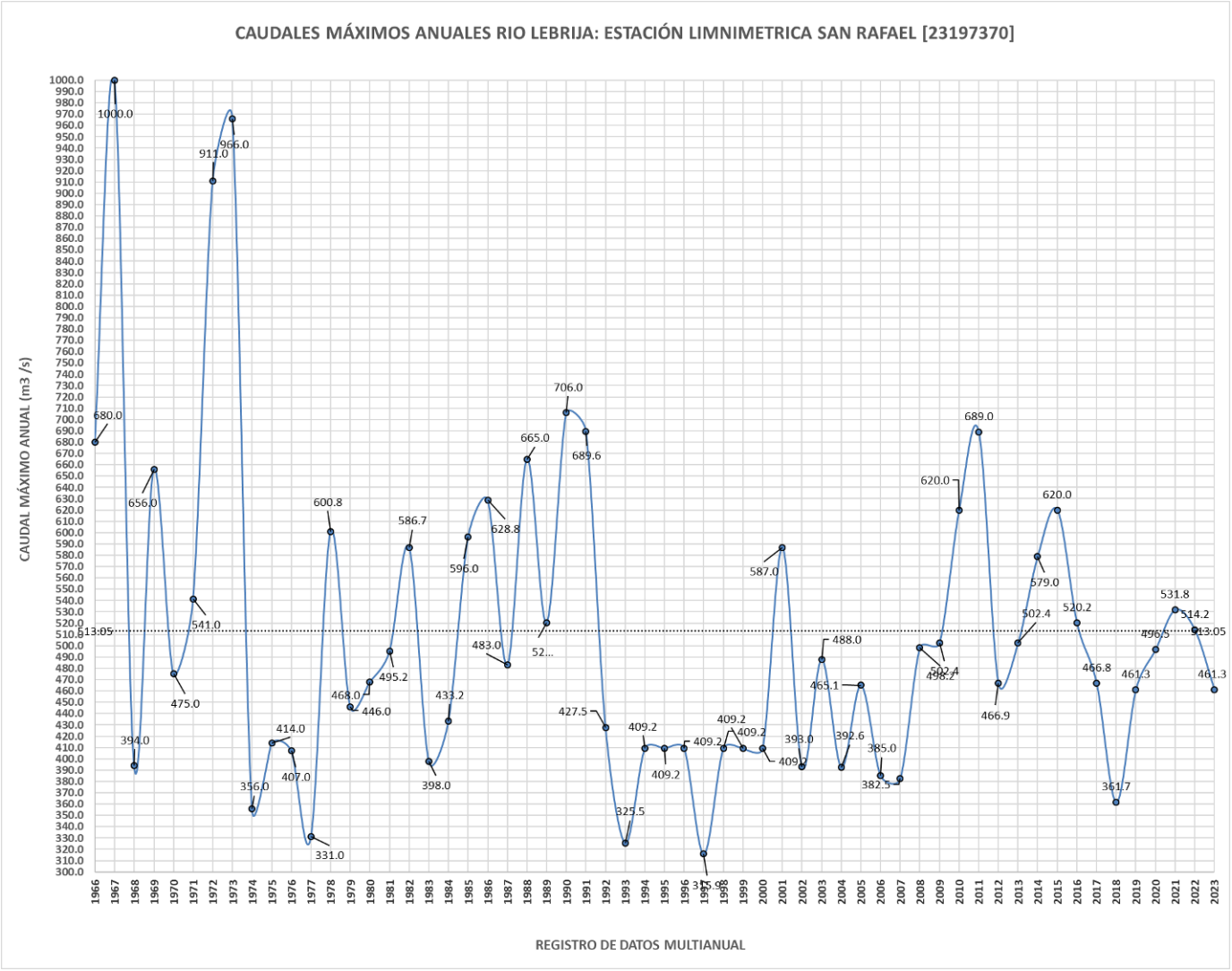


Figura 13. Caudales máximos anuales, rio Lebrija: estación limnigráfica San Rafael.

Tabla 47. Obtención de parámetros estadísticos para el registro de caudales máximos anuales de la estación San Rafael [23197370].

CAUDALES MÁXIMOS ANUALES ESTACIÓN SAN RAFAEL [23197370]			
AÑO	N	Q (m^3/seg)	LOG Q
1966	1	680.00	2.832508913
1967	2	1000.00	3
1968	3	394.00	2.595496222
1969	4	656.00	2.816903839
1970	5	475.00	2.67669361
1971	6	541.00	2.733197265
1972	7	911.00	2.959518377
1973	8	966.00	2.984977126
1974	9	356.00	2.551449998
1975	10	414.00	2.617000341
1976	11	407.00	2.609594409
1977	12	331.00	2.519827994
1978	13	600.80	2.778729924
1979	14	446.00	2.649334859
1980	15	468.00	2.670245853
1981	16	495.20	2.694780636
1982	17	586.70	2.768416088
1983	18	398.00	2.599883072
1984	19	433.20	2.636688448
1985	20	596.00	2.77524626
1986	21	628.80	2.798512533
1987	22	483.00	2.683947131
1988	23	665.00	2.822821645
1989	24	520.50	2.716420734
1990	25	706.00	2.848804701
1991	26	689.60	2.838597253
1992	27	427.50	2.630936119
1993	28	325.50	2.512550993
1994	29	409.20	2.611935625
1995	30	409.20	2.611935625
1996	31	409.20	2.611935625
1997	32	315.90	2.499549626
1998	33	409.20	2.611935625
1999	34	409.20	2.611935625
2000	35	409.20	2.611935625
2001	36	587.00	2.768638101
2002	37	393.00	2.59439255
2003	38	488.00	2.688419822
2004	39	392.60	2.593950295
2005	40	465.10	2.66754634
2006	41	385.00	2.58546073
2007	42	382.50	2.582631439
2008	43	498.20	2.697403723
2009	44	502.40	2.701049631
2010	45	620.00	2.792391689
2011	46	689.00	2.838219222
2012	47	466.90	2.669223874
2013	48	502.40	2.701049631
2014	49	579.00	2.762678564
2015	50	620.00	2.792391689

2016	51	520.20	2.716170348
2017	52	466.80	2.669130847
2018	53	361.72	2.558372522
2019	54	461.25	2.663936379
2020	55	496.54	2.695949867
2021	56	531.82	2.725764666
2022	57	514.18	2.711113068
2023	58	461.25	2.663936379
	MEDIA	**513.05**	**2.695414984**

□ =	145.41
□LOGQ□	0.11
COEF.AS.LOG=	0.7416
k =	0.1236

3.5.2 Por distribución normal

Se emplea la siguiente ecuación.

$$Q = \overline{Q} + K_T \ \sigma_Q$$

K_T: factor de frecuencia que depende del periodo de retorno del evento.

Por distribución normal K_T se halla con la siguiente ecuación:

$$K_T = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$W = \left[Ln\left(\frac{1}{P^2}\right)\right]^{1/2}$$

P: probabilidad de ocurrencia del evento.

$$P = \frac{1}{T}$$

T: periodo de retorno del evento, (años).

Tabla 48. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución normal, estación San Rafael [23197370].

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN NORMAL ESTACIÓN SAN RAFAEL [23197370]				
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.1774100	-0.00000010	513.05
2.33	0.43	1.3006677	0.17809969	538.94
5	0.20	1.7941226	0.84145672	635.40
10	0.10	2.1459660	1.28172876	699.42
25	0.04	2.5372725	1.75107653	767.67
50	0.02	2.7971496	2.05418859	811.75
100	0.01	3.0348543	2.32678533	851.38

3.5.3 Por distribución Gumbell

El procedimiento es similar al anterior, pero en el factor de frecuencia del evento se emplea el factor de frecuencia de Gumbell, el cual se determina mediante la siguiente ecuación.

$$K_T = \frac{\sqrt{6}}{\Pi}\left\{0.5772 + Ln\left[Ln\left(\frac{T}{T-1}\right)\right]\right\}$$

Tabla 49. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Gumbell, estación San Rafael [23197370].

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN GUMBELL ESTACIÓN SAN RAFAEL [23197370]			
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	K_T	Q (m^3/seg)
2	0.50	-0.164272	489.16
2.33	0.43	0.001082	513.20
5	0.20	0.719457	617.66
10	0.10	1.304563	702.74
25	0.04	2.043846	810.24
50	0.02	2.592288	889.99
100	0.01	3.136681	969.15

3.5.4 Por distribución log Pearson tipo III

Esta distribución emplea para la predicción de los caudales los logaritmos en base 10 de los datos presentes en el registro histórico.

$$\text{LOG Q} = \overline{LOGQ} + K_T \ \sigma_{LOGQ}$$

El factor de frecuencia de Log Pearson se calcula con la siguiente ecuación:

$$K_T = Z + (Z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(Z^3 - 6Z)k^2 - (Z^2 - 1)k^3 + Zk^4 + \frac{1}{3}k^5$$

Z: Se calcula igual que el factor de frecuencia de distribución normal.

$$Z = W - \frac{2.515517 + 0.802853W + 0.010328W^2}{1 + 1.432788W + 0.189269W^2 + 0.001308W^3}$$

$$k = \frac{Cs}{6}$$

Cs: Coeficiente de asimetría que se calcula con los logaritmos de los datos.

$$Cs = \frac{n\sum(logx - \overline{logx})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma logx)^3}$$

k =0.1131

Tabla 50. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno por distribución Log Pearson Tipo III, San Rafael [23197370].

CAUDALES MÁXIMOS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO CALCULADOS POR DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III ESTACIÓN SAN RAFAEL [23197370]						
Periodo de retorno (Años)	Probabilidad P	W	Z	K_T	LOG Q	Q (m^3/seg)
2	0.50	1.17741002	-0.0000001010	-0.121696	2.68	480.77
2.33	0.43	1.30066773	0.1780996895	0.054893	2.70	502.91
5	0.20	1.79412258	0.8414567174	0.783457	2.78	605.58
10	0.10	2.14596603	1.2817287565	1.331837	2.84	696.47
25	0.04	2.53727248	1.7510765311	1.976814	2.91	820.97
50	0.02	2.79714962	2.0541885887	2.427911	2.96	921.04
100	0.01	3.03485426	2.3267853326	2.857595	3.01	1027.69

3.5.5 Prueba de bondad de ajuste Kolmogorov–Smirnov.

Tabla 51. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Normal.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	513.05	DESV.EST=	145.41

DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	z = KT	F-normal	D
1	1000.0	0.017	0.983	3.349	1.000	0.017
2	966.0	0.034	0.966	3.115	0.999	0.033
3	911.0	0.051	0.949	2.737	0.997	0.048
4	706.0	0.068	0.932	1.327	0.908	0.024
5	689.6	0.085	0.915	1.214	0.888	0.028
6	689.0	0.102	0.898	1.210	0.887	0.011
7	680.0	0.119	0.881	1.148	0.875	0.007
8	665.0	0.136	0.864	1.045	0.852	0.012
9	656.0	0.153	0.847	0.983	0.837	0.010
10	628.8	0.169	0.831	0.796	0.787	0.044
11	620.0	0.186	0.814	0.736	0.769	0.045
12	620.0	0.203	0.797	0.736	0.769	0.028
13	600.8	0.220	0.780	0.603	0.727	0.053
14	596.0	0.237	0.763	0.570	0.716	0.047
15	587.0	0.254	0.746	0.509	0.694	0.051
16	586.7	0.271	0.729	0.507	0.694	0.035
17	579.0	0.288	0.712	0.454	0.675	0.037
18	541.0	0.305	0.695	0.192	0.576	0.119
19	531.8	0.322	0.678	0.129	0.551	0.127
20	520.5	0.339	0.661	0.051	0.520	0.141
21	520.2	0.356	0.644	0.049	0.520	0.124
22	514.2	0.373	0.627	0.008	0.503	0.124
23	502.4	0.390	0.610	-0.073	0.471	0.139
24	502.4	0.407	0.593	-0.073	0.471	0.122
25	498.2	0.424	0.576	-0.102	0.459	0.117
26	496.5	0.441	0.559	-0.114	0.455	0.105
27	495.2	0.458	0.542	-0.123	0.451	0.091
28	488.0	0.475	0.525	-0.172	0.432	0.094
29	483.0	0.492	0.508	-0.207	0.418	0.090
30	475.0	0.508	0.492	-0.262	0.397	0.095
31	468.0	0.525	0.475	-0.310	0.378	0.096
32	466.9	0.542	0.458	-0.317	0.375	0.082
33	466.8	0.559	0.441	-0.318	0.375	0.065
34	465.1	0.576	0.424	-0.330	0.371	0.053
35	461.3	0.593	0.407	-0.356	0.361	0.046
36	461.3	0.610	0.390	-0.356	0.361	0.029
37	446.0	0.627	0.373	-0.461	0.322	0.051
38	433.2	0.644	0.356	-0.549	0.291	0.064
39	427.5	0.661	0.339	-0.588	0.278	0.061
40	414.0	0.678	0.322	-0.681	0.248	0.074
41	409.2	0.695	0.305	-0.714	0.238	0.068

42	409.2	0.712	0.288	-0.714	0.238	0.051
43	409.2	0.729	0.271	-0.714	0.238	0.034
44	409.2	0.746	0.254	-0.714	0.238	0.017
45	409.2	0.763	0.237	-0.714	0.238	0.000
46	409.2	0.780	0.220	-0.714	0.238	0.017
47	407.0	0.797	0.203	-0.729	0.233	0.030
48	398.0	0.814	0.186	-0.791	0.214	0.028
49	394.0	0.831	0.169	-0.819	0.206	0.037
50	393.0	0.847	0.153	-0.826	0.205	0.052
51	392.6	0.864	0.136	-0.828	0.204	0.068
52	385.0	0.881	0.119	-0.881	0.189	0.071
53	382.5	0.898	0.102	-0.898	0.185	0.083
54	361.7	0.915	0.085	-1.041	0.149	0.064
55	356.0	0.932	0.068	-1.080	0.140	0.072
56	331.0	0.949	0.051	-1.252	0.105	0.054
57	325.5	0.966	0.034	-1.290	0.099	0.065
58	315.9	0.983	0.017	-1.356	0.088	0.071

D K-S =	**0.141**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.179**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.141 < 0.179, No rechaza la hipótesis nula.

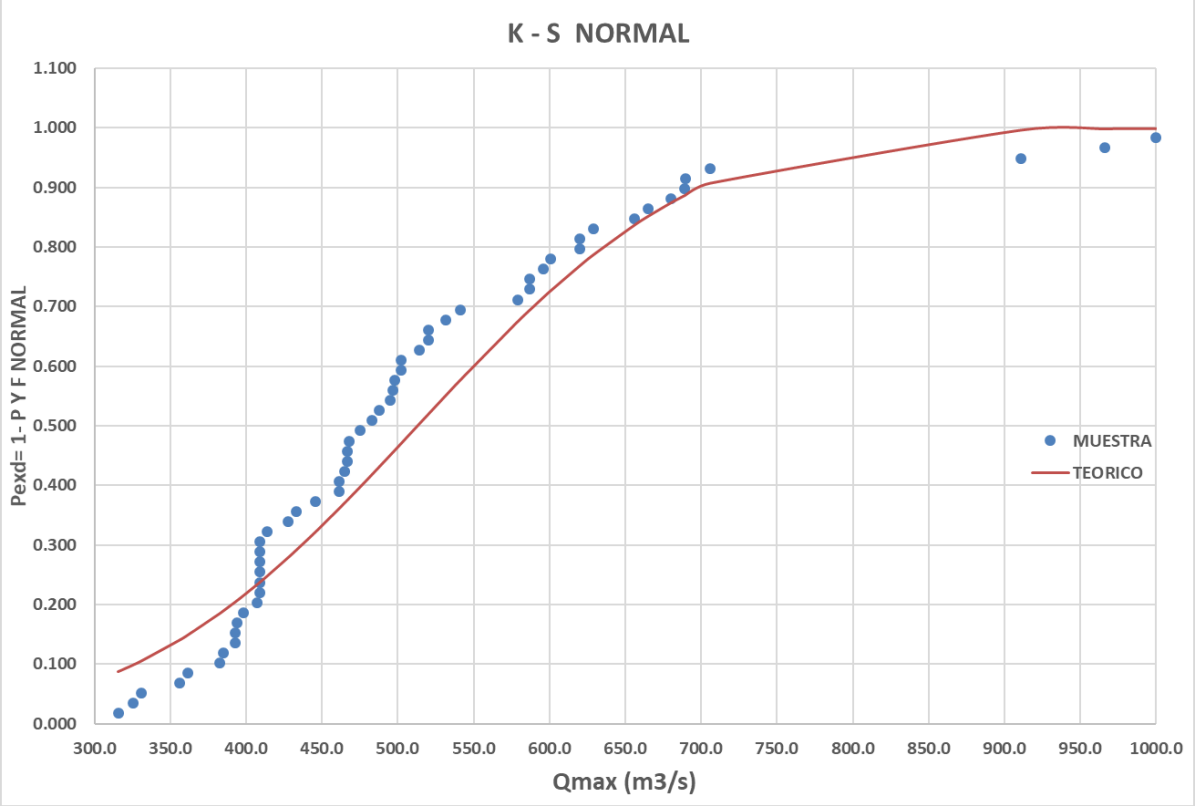


Tabla 52. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Gumbell.

Webull	b=	0	PROMEDIO=	513.05	a=	113.4
			DESV.EST=	145.41	u=	447.6
DISTRIBUCIÓN MUESTRA				DIST. TEÓRICO		DIFERENCIA
n	Qmax (m^3/s)	P	Pexd= 1-P	Y	F-Gumbel	D
1	1000.0	0.017	0.983	4.872	0.992	0.009
2	966.0	0.034	0.966	4.572	0.990	0.024
3	911.0	0.051	0.949	4.087	0.983	0.034
4	706.0	0.068	0.932	2.279	0.903	0.030
5	689.6	0.085	0.915	2.134	0.888	0.027
6	689.0	0.102	0.898	2.129	0.888	0.010
7	680.0	0.119	0.881	2.050	0.879	0.002
8	665.0	0.136	0.864	1.917	0.863	0.001
9	656.0	0.153	0.847	1.838	0.853	0.005
10	628.8	0.169	0.831	1.598	0.817	0.014
11	620.0	0.186	0.814	1.521	0.804	0.010
12	620.0	0.203	0.797	1.521	0.804	0.007
13	600.8	0.220	0.780	1.351	0.772	0.008
14	596.0	0.237	0.763	1.309	0.763	0.001
15	587.0	0.254	0.746	1.229	0.746	0.001
16	586.7	0.271	0.729	1.227	0.746	0.017
17	579.0	0.288	0.712	1.159	0.731	0.019
18	541.0	0.305	0.695	0.824	0.645	0.050
19	531.8	0.322	0.678	0.743	0.621	0.057
20	520.5	0.339	0.661	0.643	0.591	0.070
21	520.2	0.356	0.644	0.640	0.590	0.054
22	514.2	0.373	0.627	0.587	0.574	0.054
23	502.4	0.390	0.610	0.483	0.540	0.070
24	502.4	0.407	0.593	0.483	0.540	0.054
25	498.2	0.424	0.576	0.446	0.527	0.049
26	496.5	0.441	0.559	0.432	0.522	0.037
27	495.2	0.458	0.542	0.420	0.518	0.024
28	488.0	0.475	0.525	0.356	0.496	0.029
29	483.0	0.492	0.508	0.312	0.481	0.027
30	475.0	0.508	0.492	0.242	0.456	0.036
31	468.0	0.525	0.475	0.180	0.434	0.041
32	466.9	0.542	0.458	0.170	0.430	0.027
33	466.8	0.559	0.441	0.169	0.430	0.011
34	465.1	0.576	0.424	0.154	0.424	0.001
35	461.3	0.593	0.407	0.120	0.412	0.005
36	461.3	0.610	0.390	0.120	0.412	0.022
37	446.0	0.627	0.373	-0.014	0.363	0.010
38	433.2	0.644	0.356	-0.127	0.321	0.035
39	427.5	0.661	0.339	-0.177	0.303	0.036
40	414.0	0.678	0.322	-0.296	0.261	0.062
41	409.2	0.695	0.305	-0.339	0.246	0.059
42	409.2	0.712	0.288	-0.339	0.246	0.042
43	409.2	0.729	0.271	-0.339	0.246	0.025

44	409.2	0.746	0.254	-0.339	0.246	0.008
45	409.2	0.763	0.237	-0.339	0.246	0.009
46	409.2	0.780	0.220	-0.339	0.246	0.025
47	407.0	0.797	0.203	-0.358	0.239	0.036
48	398.0	0.814	0.186	-0.438	0.212	0.026
49	394.0	0.831	0.169	-0.473	0.201	0.031
50	393.0	0.847	0.153	-0.482	0.198	0.046
51	392.6	0.864	0.136	-0.485	0.197	0.061
52	385.0	0.881	0.119	-0.552	0.176	0.057
53	382.5	0.898	0.102	-0.574	0.169	0.068
54	361.7	0.915	0.085	-0.758	0.118	0.034
55	356.0	0.932	0.068	-0.808	0.106	0.038
56	331.0	0.949	0.051	-1.029	0.061	0.010
57	325.5	0.966	0.034	-1.077	0.053	0.019
58	315.9	0.983	0.017	-1.162	0.041	0.024

D K-S =	**0.070**	**Nivel de significancia**	**a**	0.05
D Critico =	**0.179**	**Nivel de confianza**	**1 - a**	0.95

Como 0.070< 0.179, No se rechaza la hipótesis nula.

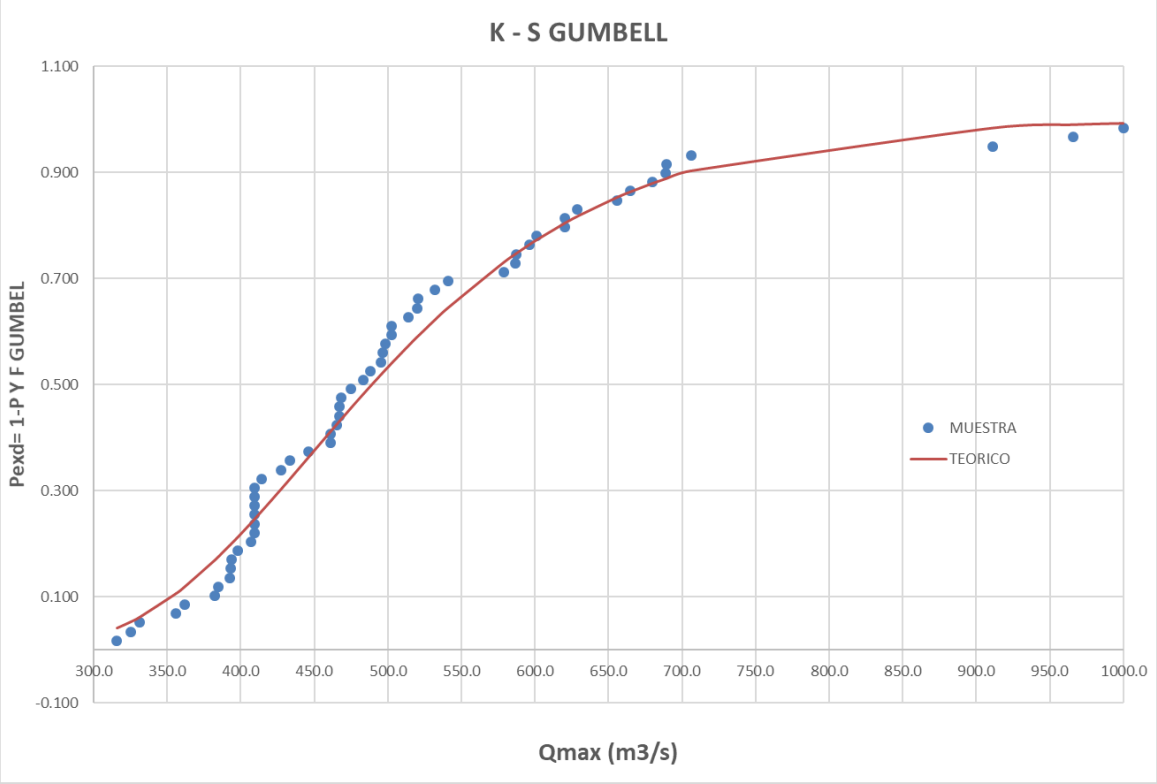


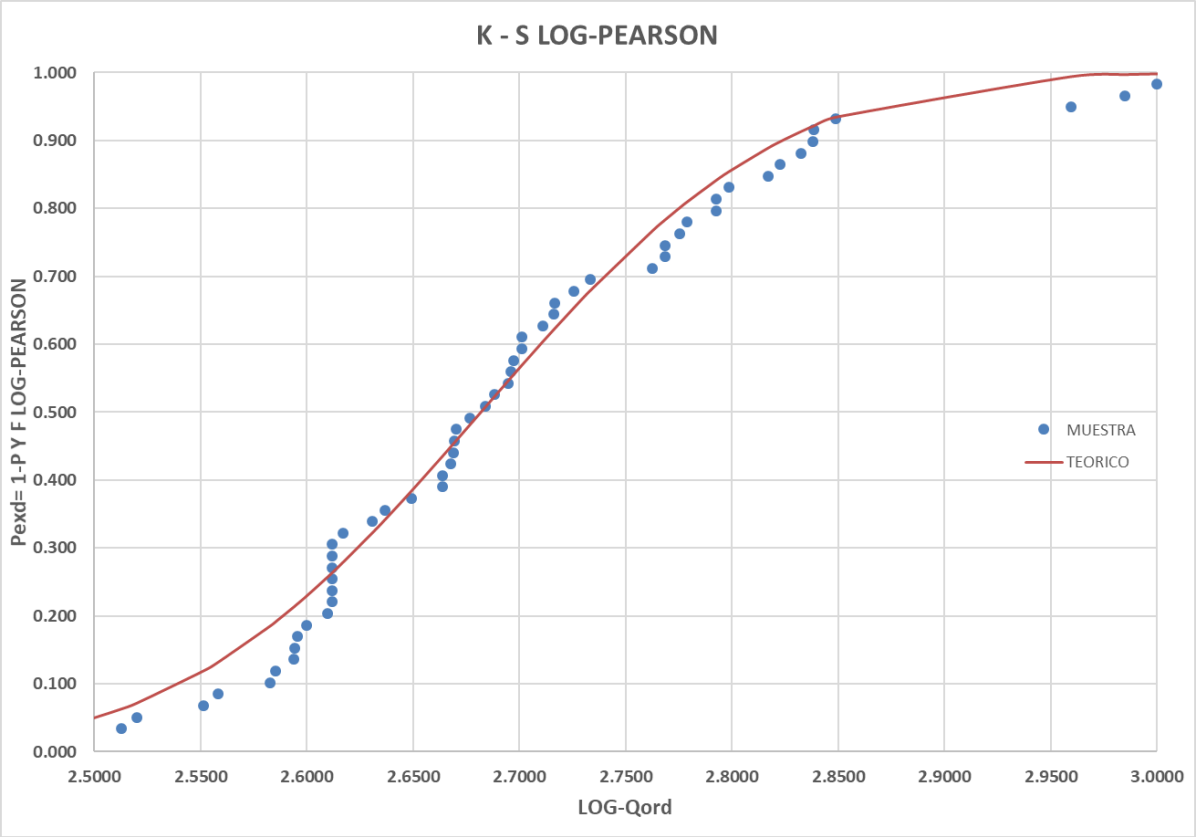
Tabla 53. Cálculos de la prueba K-S para los resultados de la distribución Log Pearson.

Webull b=	0	**PROMEDIO=**	2.70	**COEF. ASI=**	0.74	**D K-S =**	**0.084**	**Nivel significa**	**a**	0.05
		DESV.EST=	0.11	**k=**	0.12	**D Critico =**	**0.179**	**Nivel confianza**	**1 - a**	0.95

DISTRIBUCION MUESTRA				DISTRIBUCION TEORICO						DIFERENCIA
n	**LOG-Qord**	**P**	**Pexd= 1-P=F**	**KT Datos**	**P Log-pearson**	**Z**	**KT Log-pearson**	**Error KT**	**F Log-pearson**	**D**
1	3.0000	0.017	0.983	2.750	0.002	2.874	2.750	0.000000	0.998	0.015
2	2.9850	0.034	0.966	2.615	0.003	2.738	2.615	0.000000	0.997	0.031
3	2.9595	0.051	0.949	2.385	0.006	2.508	2.385	0.000000	0.994	0.045
4	2.8488	0.068	0.932	1.385	0.066	1.509	1.385	0.000000	0.934	0.002
5	2.8386	0.085	0.915	1.293	0.078	1.417	1.293	0.000000	0.922	0.006
6	2.8382	0.102	0.898	1.290	0.079	1.413	1.290	0.000000	0.921	0.023
7	2.8325	0.119	0.881	1.238	0.087	1.362	1.238	0.000000	0.913	0.032
8	2.8228	0.136	0.864	1.151	0.101	1.274	1.151	0.000000	0.899	0.034
9	2.8169	0.153	0.847	1.097	0.111	1.221	1.097	0.000000	0.889	0.041
10	2.7985	0.169	0.831	0.931	0.146	1.055	0.931	0.000000	0.854	0.024
11	2.7924	0.186	0.814	0.876	0.159	0.999	0.876	0.000000	0.841	0.028
12	2.7924	0.203	0.797	0.876	0.159	0.999	0.876	0.000000	0.841	0.045
13	2.7787	0.220	0.780	0.752	0.191	0.876	0.752	0.000000	0.809	0.030
14	2.7752	0.237	0.763	0.721	0.199	0.844	0.721	0.000000	0.801	0.038
15	2.7686	0.254	0.746	0.661	0.216	0.785	0.661	0.000000	0.784	0.038
16	2.7684	0.271	0.729	0.659	0.217	0.783	0.659	0.000000	0.783	0.054
17	2.7627	0.288	0.712	0.607	0.232	0.731	0.607	0.000000	0.768	0.056
18	2.7332	0.305	0.695	0.341	0.321	0.465	0.341	0.000000	0.679	0.016
19	2.7258	0.322	0.678	0.274	0.345	0.398	0.274	0.000000	0.655	0.023
20	2.7164	0.339	0.661	0.190	0.377	0.313	0.190	0.000000	0.623	0.038
21	2.7162	0.356	0.644	0.187	0.378	0.311	0.187	0.000000	0.622	0.022
22	2.7111	0.373	0.627	0.142	0.395	0.265	0.142	0.000000	0.605	0.022
23	2.7010	0.390	0.610	0.051	0.431	0.174	0.051	0.000000	0.569	0.041
24	2.7010	0.407	0.593	0.051	0.431	0.174	0.051	0.000000	0.569	0.024
25	2.6974	0.424	0.576	0.018	0.444	0.142	0.018	0.000000	0.556	0.020
26	2.6959	0.441	0.559	0.005	0.449	0.128	0.005	0.000000	0.551	0.008
27	2.6948	0.458	0.542	-0.006	0.453	0.118	-0.006	0.000000	0.547	0.005
28	2.6884	0.475	0.525	-0.063	0.476	0.060	-0.063	0.000000	0.524	0.001
29	2.6839	0.492	0.508	-0.104	0.492	0.020	-0.104	0.000000	0.508	0.000
30	2.6767	0.508	0.492	-0.169	0.518	-0.045	-0.169	0.000000	0.482	0.010
31	2.6702	0.525	0.475	-0.227	0.541	-0.104	-0.227	0.000000	0.459	0.016
32	2.6692	0.542	0.458	-0.237	0.545	-0.113	-0.237	0.000000	0.455	0.003
33	2.6691	0.559	0.441	-0.237	0.545	-0.114	-0.237	0.000000	0.455	0.014
34	2.6675	0.576	0.424	-0.252	0.551	-0.128	-0.252	0.000000	0.449	0.025
35	2.6639	0.593	0.407	-0.284	0.564	-0.161	-0.284	0.000000	0.436	0.029
36	2.6639	0.610	0.390	-0.284	0.564	-0.161	-0.284	0.000000	0.436	0.046
37	2.6493	0.627	0.373	-0.416	0.615	-0.293	-0.416	0.000000	0.385	0.012
38	2.6367	0.644	0.356	-0.530	0.658	-0.407	-0.530	0.000000	0.342	0.014
39	2.6309	0.661	0.339	-0.582	0.677	-0.459	-0.582	0.000000	0.323	0.016
40	2.6170	0.678	0.322	-0.708	0.721	-0.585	-0.708	0.000000	0.279	0.043
41	2.6119	0.695	0.305	-0.754	0.736	-0.630	-0.754	0.000000	0.264	0.041
42	2.6119	0.712	0.288	-0.754	0.736	-0.630	-0.754	0.000000	0.264	0.024
43	2.6119	0.729	0.271	-0.754	0.736	-0.630	-0.754	0.000000	0.264	0.007
44	2.6119	0.746	0.254	-0.754	0.736	-0.630	-0.754	0.000000	0.264	0.010
45	2.6119	0.763	0.237	-0.754	0.736	-0.630	-0.754	0.000000	0.264	0.027

46	2.6119	0.780	0.220	-0.754	0.736	-0.630	-0.754	0.000000	0.264	0.044
47	2.6096	0.797	0.203	-0.775	0.743	-0.651	-0.775	0.000000	0.257	0.054
48	2.5999	0.814	0.186	-0.863	0.770	-0.739	-0.863	0.000000	0.230	0.043
49	2.5955	0.831	0.169	-0.902	0.782	-0.779	-0.902	0.000000	0.218	0.049
50	2.5944	0.847	0.153	-0.912	0.785	-0.789	-0.912	0.000000	0.215	0.063
51	2.5940	0.864	0.136	-0.916	0.786	-0.793	-0.916	0.000000	0.214	0.078
52	2.5855	0.881	0.119	-0.993	0.808	-0.869	-0.993	0.000000	0.192	0.074
53	2.5826	0.898	0.102	-1.018	0.815	-0.895	-1.018	0.000000	0.185	0.084
54	2.5584	0.915	0.085	-1.238	0.867	-1.114	-1.238	0.000000	0.133	0.048
55	2.5514	0.932	0.068	-1.300	0.880	-1.176	-1.300	0.000000	0.120	0.052
56	2.5198	0.949	0.051	-1.586	0.928	-1.462	-1.586	0.000000	0.072	0.021
57	2.5126	0.966	0.034	-1.651	0.937	-1.528	-1.651	0.000000	0.063	0.029
58	2.4995	0.983	0.017	-1.769	0.950	-1.645	-1.769	0.000000	0.050	0.033

Como 0.084 < 0.179, No se rechaza la hipótesis nula.



3.5.6 Caudal Tr100 rio Tarra. Estación limnigráfica San Rafael [23197370].

Tabla 54. Caudales máximos calculados rio Lebrija: estación San Rafael.

T (años)	NORMAL	GUMBEL	LOG-PEARSON
2	513.0	489.2	480.8
2.33	538.9	513.2	502.9
5	635.4	617.7	605.6
10	699.4	702.7	696.5
25	767.7	810.2	821.0
50	811.7	890.0	921.0
100	851.4	969.1	1027.7

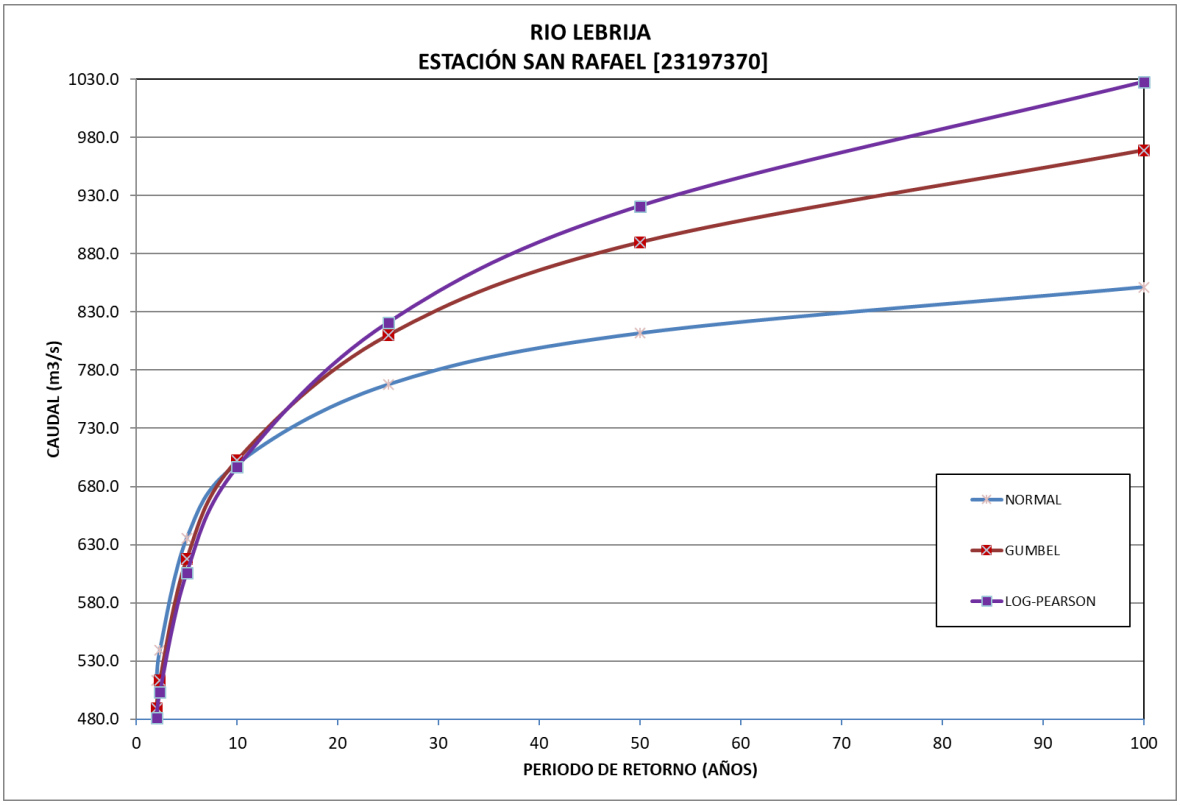


Tabla 55. Comparación de cuantiles de caudal y coherencia hidrológica.

CUANTILES DE CAUDAL Y COHERENCIA HIDROLÓGICA			
Tr (Años)	**DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD (m^3/s)**		
	NORMAL	**GUMBEL**	**LOG-PEARSON III**
2	513.0	489.2	480.8
2.33	538.9	513.2	502.9
5	635.4	617.7	605.6
10	699.4	702.7	696.5
25	767.7	810.2	821.0
50	811.7	890.0	921.0
100	851.4	969.1	1027.7
Q_{100}/Q_{MAX}	**0.85**	**0.97**	**1.03**
Evaluación Hidrológica	**Subestima extremos**	**Conservadora**	**Crecimiento coherente**

Aunque las tres distribuciones superaron la prueba de Kolmogorov–Smirnov, la distribución Normal fue descartada por subestimar los cuantiles extremos. Entre Gumbel y Log-Pearson Tipo III, la primera mostró un crecimiento conservador y Log – Pearson lll un crecimiento coherente con el máximo observado, por lo cual fue seleccionada para el análisis de caudales máximos.

4. ANÁLISIS REGIONAL DE CAUDALES MÁXIMOS INSTANTÁNEOS ANUALES (RIO SAN PABLO).

Este método se basa en la relación generalizada para la región, entre el caudal con periodo de retorno de 2.33 años $Q_{2.33}$ (caudal promedio en la distribución con mejor ajuste) y el área de drenaje A, con base en los datos de cada una de las estaciones hidrométricas.

4.1 PROCEDIMIENTO DE CALCULO.

Cuando se cuenta con varias estaciones hidrométricas con datos de caudales máximos instantáneos anuales históricos en una región de cierta magnitud e hidrológicamente homogénea, se puede aplicar el método del análisis regional de frecuencias de esta variable hidrológica.

Para ello, se sigue la siguiente metodología:

a) Se calculan los valores de caudal para diferentes periodos de retorno en cada una de las estaciones hidrométricas.

b) Se calcula la relación generalizada para la región, entre el caudal con periodo de retorno de 2.33 años Q2.33 (caudal promedio en la distribución Gumbel) y el área de drenaje A, con base en los datos de cada una de las estaciones hidrométricas.

$$Q2.33 = f(A)$$

c) Para cada estación, se calcula la relación entre el caudal para cada periodo de retorno T definido (dando valores de periodos de retorno iguales a 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años) y el caudal con periodo de retorno de 2.33 años QT/Q2.33).

d) Se debe realizar un ensayo (test) de homogeneidad estadístico, con el fin de asegurar que los datos obtenidos correspondan a una región hidrológicamente

homogénea. Si el resultado de una de las estaciones queda por fuera de la franja de confianza del referido ensayo, se debe eliminar tal valor. La pregunta de si los datos en un grupo de estaciones son homogéneos, se puede contestar en un sentido estadístico determinando si ellos difieren de uno a otro por cantidades que no pueden ser explicadas al azar. Por otro lado, donde esas diferencias no son más que debidas a la casualidad, se puede concluir que los datos representan aspectos diferentes de la misma entidad y, por consiguiente, pueden ser tenidos como homogéneos.

e) Se calcula el valor promedio o el valor mediano de la relación QT/Q2.33 para la región para los diferentes periodos de retorno considerados, con base en los valores individuales para cada estación.

f) Para una estación no aforada en la región con un área de drenaje A, el valor del caudal con un periodo de retorno determinado QT se calcula estableciendo, en primer lugar, el valor del Q2.33 con la relación generalizada Q2.33 = f (A) para la región y, luego, utilizando la relación generalizada QT/Q2.33 para la referida región.

4.2 CALCULO DE CAUDALES POR EL MÉTODO DE REGIONALIZACIÓN.

Tabla 56. Caudales para diferentes periodos de retorno en cada estación.

PERIODO DE RETORNO (Años)	ESTACIÓN LIMNIMÉTRICA / LIMNIGRÁFICA				
	EL HOYO (23197410)	LA CABANA - AUT [16057030]	LAS VEGAS [16057010]	PUENTE ABREGO - AUT [16047010]	SAN RAFAEL [23197370]
	Q (m^3/seg)	Q (m^3/seg)	Q (m^3/seg)	Q (m^3/seg)	Q (m^3/seg)
2	127.5	107.6	25.6	123.2	480.8
2.33	132.1	124.8	29.7	132.7	502.9
5	152.3	213.7	54.1	174.3	605.6
10	168.8	301.5	83.7	208.2	696.5
25	189.6	430.4	137.7	251.0	821.0
50	205.0	538.4	193.6	282.7	921.0
100	220.4	655.9	266.6	314.3	1027.7

Tabla 57. Relaciones QT/Q2.33 para cada estación.

ESTACIÓN	Área (Km^2)	Q2.33 (m^3/s)	Q2/Q2.33 (m^3/s)	Q5/Q2.33 (m^3/s)	Q10/Q2.33 (m^3/s)	Q25/Q2.33 (m^3/s)	Q50/Q2.33 (m^3/s)	Q100/Q2.33 (m^3/s)
EL HOYO (23197410)	645.4	132.11	0.96	1.15	1.28	1.44	1.55	1.67
LA CABANA - AUT [16057030]	531.8	124.78	0.86	1.71	2.42	3.45	4.32	5.26
LAS VEGAS [16057010]	69.3	29.72	0.86	1.82	2.82	4.63	6.52	8.97
PUENTE ABREGO - AUT [16047010]	366.2	132.73	0.93	1.31	1.57	1.89	2.13	2.37
SAN RAFAEL [23197370]	4327.1	502.91	0.96	1.20	1.38	1.63	1.83	2.04
MEDIA =			0.91	1.44	1.89	2.61	3.27	4.06

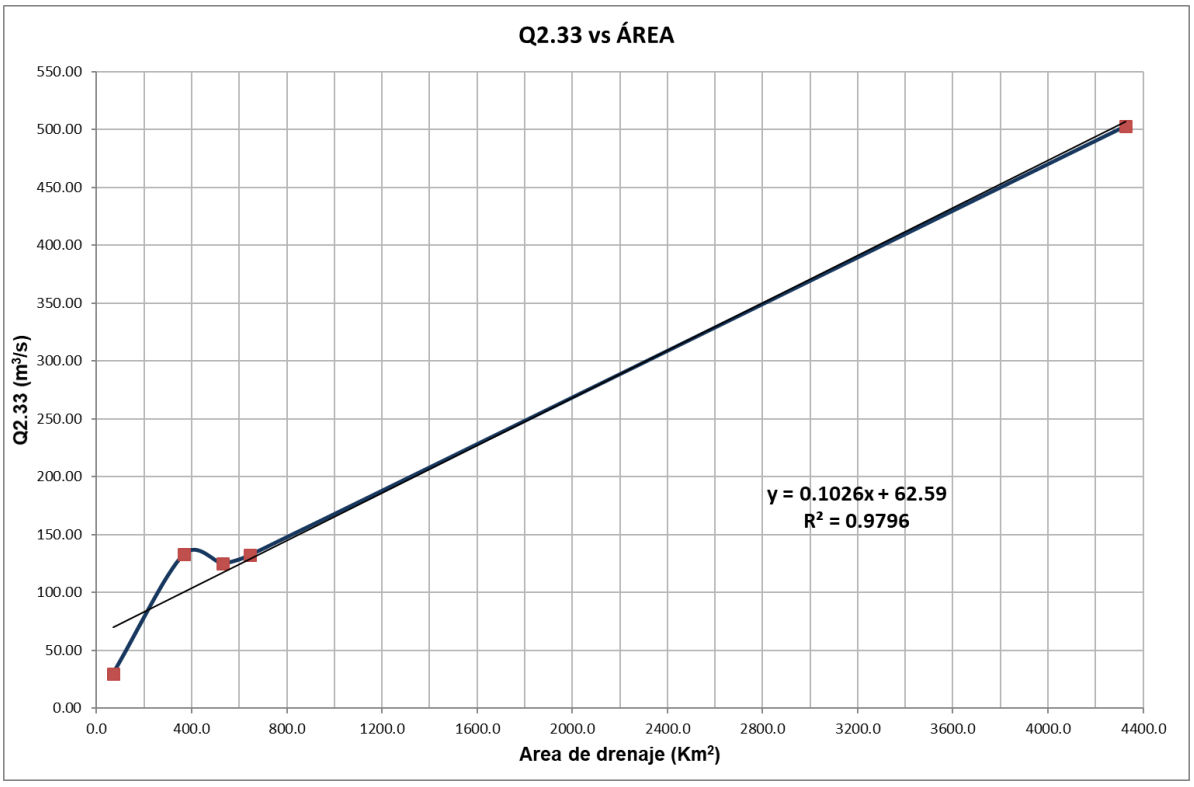


Figura 14. Relaciones QT/Q2.33 para cada estación.

De la gráfica anterior se obtuvo una ecuación para el Q2.33 en función del área de drenaje, con ella se obtuvo el valor de Q2.33 para el sitio en estudio.

$$y = 0.1026x + 62.59$$
$$R^2 = 0.9796$$

UBICACIÓN	Área (Km^2)	Q2.33 (m^3/s)
CAPTACION NUEVA	92.4	72.07

Se graficó la relación QT/Q2.33 vs área, para obtener una ecuación que permitiera obtener los caudales máximos en el sitio en estudio.

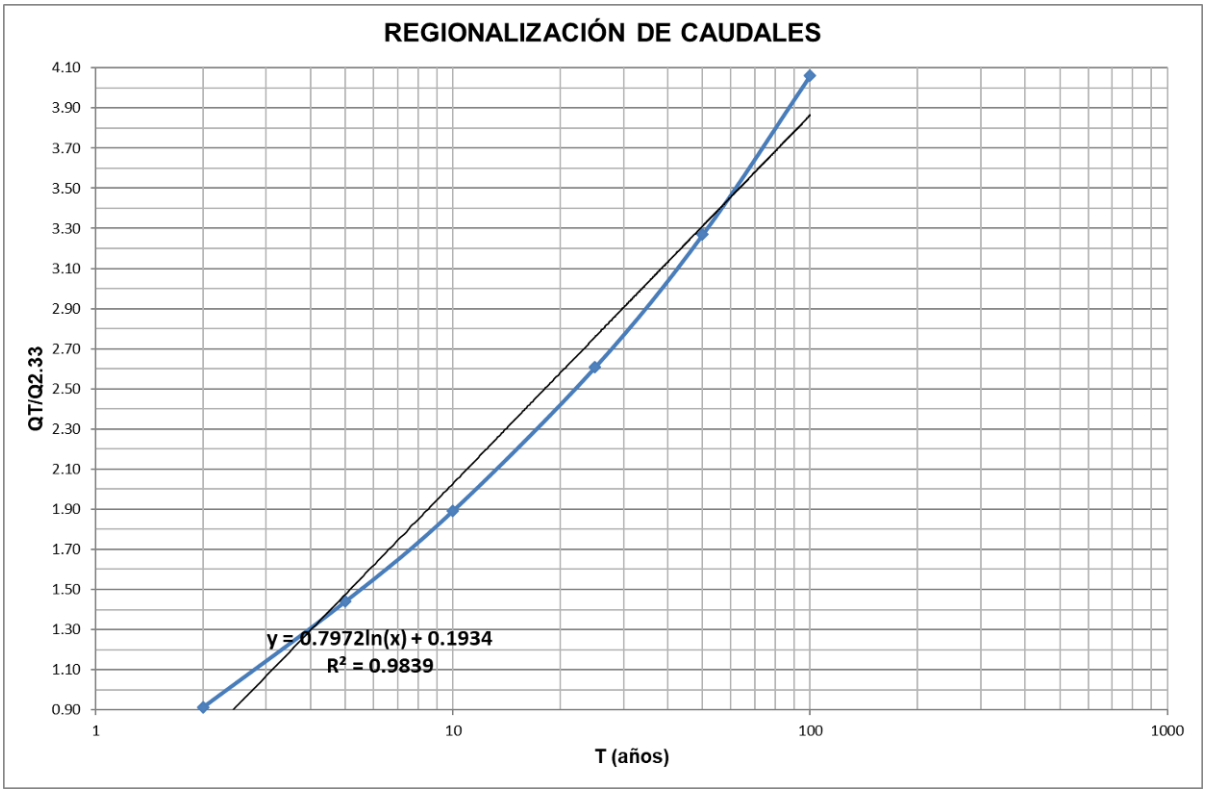


Figura 15. Relación QT/Q2.33 vs Área

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 58. Caudales para Diferentes Periodos de Retorno.

T (Años)	Q (m^3/s)
2	53.76
5	110.48
10	143.55
25	187.28
50	220.35
100	253.42

5. MODELO LLUVIA ESCORRENTÍA: Q95 Y Q50 DE LA QUEBRADA EL CARAÑO Y EL RIO SAN PABLO.

La determinación del caudal medio con duración del 95% del tiempo (Q95) constituye una herramienta fundamental en los estudios hidrológicos y de gestión del recurso hídrico, especialmente en lo referente a la definición de caudales de referencia para la captación y el establecimiento de caudales ambientales o ecológicos. Este indicador representa el caudal que es igualado o superado durante el 95% del período analizado, lo que lo convierte en una medida robusta de las condiciones de bajo flujo del sistema hídrico.

Su estimación se realiza a partir de series históricas de caudal, generalmente con registros diarios o mensuales, mediante la construcción de la curva de duración de caudales (Flow Duration Curve, FDC). Este procedimiento consiste en ordenar los valores de caudal en forma descendente, asociarles una probabilidad de excedencia y, a partir de dicha distribución, identificar el valor correspondiente al percentil 95.

El Q95 se utiliza de manera extendida en estudios de licenciamiento ambiental, planificación de usos del agua y evaluación de la disponibilidad hídrica, dado que refleja la condición de oferta más restrictiva que se presenta de manera recurrente en la fuente. Asimismo, en diversas normativas nacionales e internacionales, este indicador se adopta como referencia inicial para la fijación de caudales de protección ambiental, en combinación con otros parámetros hidrológicos y criterios ecológicos.

En este sentido, la aplicación de la metodología del Q95 en los sitios de captación permite establecer un marco técnico y verificable para la toma de decisiones en materia de aprovechamiento del recurso hídrico, garantizando un equilibrio entre la satisfacción de las demandas antrópicas y la preservación de los ecosistemas acuáticos.

5.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIONES POR EL MÉTODO DE LAS ISOYETAS.

Este es el método más preciso, pues permite la consideración de los efectos orográficos en el cálculo de la lluvia media sobre la cuenca en estudio. Se basa en el trazado de curvas de igual precipitación de la misma forma que se hace para estimar las curvas de nivel de un levantamiento topográfico.
Sobre la base de los valores puntuales de precipitación en cada estación dentro de la cuenca, se construyen, por interpolación, líneas de igual precipitación.
Las líneas así construidas son conocidas como isoyetas. Un mapa de isoyetas de una cuenca es un documento básico dentro de cualquier estudio hidrológico, ya que no solamente permite la cuantificación del valor medio, sino que también presenta de manera gráfica la distribución de la precipitación sobre la zona para el período considerado. Una vez construidas las isoyetas será necesario determinar el área entre ellas para poder calcular la precipitación media mediante la expresión:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{m} \left[\left(P_j + P_{j+1} \right) / 2 \right] \cdot A_j}{\sum_{j=1}^{m} A_j}$$

Dónde:

Pj:	Valor de la Precipitación de la Isoyetas j.
Aj:	Área incluida entre dos isoyetas consecutivas (j y j+1).
M:	Número total de isoyetas.

Como se observa de la anterior expresión este método asume que la lluvia media entre dos isoyetas sucesivas es igual al promedio numérico de sus valores.

5.1.1 Estaciones meteorológicas (IDEAM).

Tabla 59. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: EL CAOBO.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19							ESTACION : EL CAOBO [23190510]						
LATITUD 7,59555556000 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 15/06/71		
LONGITUD -73,32750000000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO LA ESPERANZA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 300 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE QUEBRADA VENECIA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	57	5.1	10	120	37.3	87.4	19	47.2	68.9	68.7	40	13	120
1986	9.8	46.3	77.3	51	62	59.2	11.5	23.6	57.7	80	39.8	4.8	80
1987	34	90	34	122	93	63	55	34	70	80	35	72	122
1988	0	38	10	84	35	55	72	100	86	53	110	102	110
1989	3	80	90	105	96	80	40	59	50	110	40	80	110
1990	73	45	50	55	58	21	30	35	30	40	55	64	73
1991	0	80	55	35	31	50	38	50	170	104	80	40	170
1992	35	2	30	55	20	80	30	20	62	72	37	57	80
1993	67	19	93	89	63	55	45	50	49	56	80	56	93
1994	52	32	47	54	93	24	120	29	65	102	60	50	120
1995	5	40	133	58	74	40	47	70	55	82	74	27	133
1996	25	50	105	53	81	85	40	28	57	61.9	60	114	114
1997	59	62	16	34	37	135	29	31	122	94	59	42	135
1998	23	133	92	110	110	79	66	52	52	60	83	27	133
1999	79	51	40	69	85	49	32	40	65	59	71	90	90
2000	26	53	88	65	45	24	19	23	55	55	40	50	88
2001	46	0	19	47	135	13	30	43	21	120	108	73	135
2002	24	34	26	43	21	26	53	110	47	69	41	54	110
2003	9	30	70	65	46	67	35	17	26	90	104	100	104
2004	60	38	50	87	70	51	31	55	56	49	85	67	87
2005	40	68	60	101	80	32	23	40	43	74	59	57	101
2006	84	30	33.3	63.1	110	74.5	24.9	61.7	83.4	133.9	75.9	31.9	133.9
2007	3.5	5	61.2	55.3	80	15.2	61	32.5	34.4	80	55.9	44	80
2008	26.2	32.4	46.4	26.4	137	137	50	58	25	67	91	84	137
2009	87	45	92	64.7	54	60	50	34	28	57	112	119	119
2010	53	33	109	91	120	47	46	47	53	79	89	145	145
2011	40	62	110	140	151	47.3	38.6	41.3	48.3	58.3	55.2	38.5	151
2012	24.6	30.5	42.8	56.2	63.8	47.1	18	36	9	10	57	40.9	63.8
2013	38	46	59	71	73	59	42	49	59	77	70	64	77
2014	25	27.2	36	29	102	37	24	72	57	148	76	45	148
2015	49	87	111	78	70	7	23	63	31	66	53	30	111
2016	76	8	44	76	77	178	28	94	88	89	85	26	178
2017	53	10	105	52	57	51	46	40	82	79	105	61	105
2018	68	2	52	90	50	37	77	37	46	160	47	52	160
2019	21	145	72	73	47	36	62	39	29	59	69	66	145
2020	63	43	25	66	60	110	15	65	39	96	58	62	110
2021	5	49	26	80	101	51	40	80	152	47	136	98	152
2022	23	54	56	81	45	70	60	80	54	81	55	24	81
2023	62	57	56	83	45	49.3	55	34	63	56	61	136	136
2024	0	82	43	83	123	76	72	38	62	70	98	138	138
2025	6	47	71	144	86	73	11	70	40	86	79	63.60	144
MEDIO	38.2	46.1	59.4	71.5	73.5	59.1	42.5	49.0	58.8	77.3	70.2	63.6	117.0
MÁXIMA	87	145	133	140	151	178	120	110	170	160	136	145	178
MÍNIMA	0	0	10	26.4	20	7	11.5	17	9	10	35	4.8	63.8

Tabla 60. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: EL LÍBANO.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19							ESTACION : EL LIBANO [23190110]						
LATITUD 7,83805556000 N			TIPO EST PM				DEPTO CESAR				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,42805556000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SAN ALBERTO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 164 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE SAN ALBERTO						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	38	3	76	30	50	54	40	30	80	80	51	15	80
1986	10	50	30	31	83	40	14	40	49	50	33	20	83
1987	7	30	30	50	50	80	80	70	80	58	80	92	92
1988	0	30	0	115	93	51	82	20	80	80	80	81	115
1989	14	50	80	50	82	30	89	60	31	100	50	80	100
1990	30	19	52	100	82	81	81	16	48	81	90	31	100
1991	18	52	57	31	60	66	90	22	90	110	105	4	110
1992	88	1	47	50	65	70	55	65	46	75	115	82	115
1993	36	23	95	115	111	80	107	85	57	56	83	62	115
1994	33	40	74	136	90	76	66	42	66	95	110	22	136
1995	48	0	60	80	86	75	32	110	55	100	100	80	110
1996	8	30	91	50	90	65	60	50	135	70	40	65	135
1997	29	34	10	42	70	60	17	13	46	47	86	55	86
1998	3	95	92	111	92	48	35	136	23	97	69	108	136
1999	29	61	60	20	80	45	37	52	92	50	82	64	92
2000	27	53	48	69	77	56	104	60	88	53	47	42	104
2001	6	5	93	73	101	43	48	25	61	51	55.3	60	101
2002	1	9	50	131	99	58	50	42	74	71	66	29	131
2003	0	9	42	124	73	116	37	47	49	130	130	78	130
2004	14	57	9	132	92	20	25	66	80	65	40	20	132
2005	22	7	71	74	50	22	135	134	134	48	80	27	135
2006	123	35	119	95	60	59.6	83	68	55	93.7	112.1	103.5	123
2007	11.2	4.1	67.6	102.5	50	43	86.2	87.5	127.4	61.7	69.6	43.1	127.4
2008	9.1	19.4	65.5	88.5	124.9	40	75.1	39.9	49.6	73.4	68.9	70	124.9
2009	60.5	19.7	83	64.8	69.5	71.2	26.6	84.5	108.2	108.3	67.6	59.8	108.3
2010	9.8	31.3	22.9	67.4	104.6	58.5	40.6	45.1	46.7	81	71.5	78.4	104.6
2011	13.4	91.5	82	127.5	57.1	46.7	98.8	85.7	38.3	61.6	112	114.4	127.5
2012	15.2	8.3	85.6	117.5	43.4	117.8	36.2	20.6	29.1	64.5	65.7	22.9	117.8
2013	0	64	74.3	95.2	73.8	81.2	29.2	87.3	64.2	74.1	41	26.2	95.2
2014	39.7	91.5	17.7	91.1	70	55.3	25.5	20.4	50.3	116.1	105.5	87.8	116.1
2015	38.5	91.9	54	140.5	94.3	24.6	21	23.8	60	51.7	55	25.5	140.5
2016	7.7	4.6	38.5	54.9	77.1	78.7	31.5	30.9	25.2	64.9	92.9	48.5	92.9
2017	69	13.8	68.7	42.5	94.5	58.5	34.1	46.3	51.4	102.3	140	95.5	140
2018	75.4	27.3	44.2	71.5	72.5	38.6	92.5	68.4	36.3	83.8	61.3	27.9	92.5
2019	3.9	36.3	79.5	91.6	99	86	38	62.7	52.5	83.7	45	39.1	99
2020	56.9	20.7	23	56.4	53.2	92.4	62.9	101.5	64.7	99.8	104.5	10.2	104.5
2021	10.2	39.5	34.7	141.9	75.4	32.8	98.3	69.8	52.2	72.4	114.2	4.7	141.9
2022	4.3	29.6	59.8	78.3	127	78.4	82.9	69.8	42.4	82.6	53.3	1.2	127
2023	27.1	14	49.6	92.6	26.3	88	66	58.9	101	74.2	73.3	87.7	101
2024	10.7	28.4	25.9	92.6	70.1	112.5	61.2	38.1	60.2	96.7	108.5	109	112.5
2025	11.5	15.9	36.8	88.5	79.4	98.6	28.6	56.4	36.1	70.5	148	77.8	148
MEDIO	25.8	32.8	56.1	83.3	78.0	63.4	58.6	57.3	63.8	77.7	80.5	54.9	114.2
MÁXIMA	123	95	119	141.9	127	117.8	135	136	135	130	148	114.4	148
MÍNIMA	0	0	0	20	26.3	20	14	13	23	47	33	1.2	80

Tabla 61. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: ESCUELA AGRÍCOLA CACHIRA.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19										ESTACION : ESCUELA AGRICOLA CACHIRA [23195180]			
LATITUD 7,73527778000 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,05166667000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO CACHIRA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1882 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE RIO CACHIRA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	5.8	7.1	8.2	14	14	10.2	105.1	24	27.1	44.7	20	8.3	105.1
1986	27.1	19.2	5.1	27	33.6	24.7	5.3	20.7	51.1	34.2	27.3	1.9	51.1
1987	15	7	14.1	30	33.7	15.1	13.3	5.3	20	48.2	42.2	6.6	48.2
1988	5.1	18.3	15.2	55.3	43.1	14.9	16	34.3	20.9	46.9	59.5	13.7	59.5
1989	13.2	8	22.8	19.8	31.1	25.5	15	13.4	36.6	19.9	7.7	17.4	36.6
1990	18.7	18.6	30.5	42	15.4	7.1	31.5	29.4	17.8	80.2	36.3	18.2	80.2
1991	23.2	15.4	32.5	27.6	29.4	10.1	8.2	16.7	24.5	46.1	27.7	6.4	46.1
1992	8.5	35.3	2	23.1	28	14	8.5	20.1	24.3	40	15.1	7.6	40
1993	11.5	9.5	7.9	32	27.9	7.8	5.2	4.9	23.1	22.5	16.8	16.2	32
1994	7.6	22.7	15	22.2	47.1	3.5	23.2	23.8	20.1	28.9	38.5	11.7	47.1
1995	9.3	5.4	41.5	31.2	27.2	17	32.2	28.5	20.8	36	4.6	13.7	41.5
1996	14.5	18.8	19	18.5	17	27	44.1	17.6	27	45.3	21	8	45.3
1997	11.2	4.4	78.3	23	21.9	19.2	12.5	2.9	37.1	29	23.6	2.1	78.3
1998	12.1	21.2	27.1	23	30.8	12.1	8	18	32.7	38	23.2	35	38
1999	42.5	27.4	13.9	22.9	28.6	12	22.2	8.1	33.6	28.1	36.8	19.7	42.5
2000	8	13.9	25.5	6.6	16.3	13.6	13.2	5.2	32.9	26.2	33.5	28.2	33.5
2001	5	1.7	21.2	16.8	34.5	7.9	18.5	3.2	23.3	21.3	23	9.3	34.5
2002	1.8	10.1	17.6	25.8	29.8	19.1	4.7	8.7	21.7	31.2	5.4	31.6	31.6
2003	0.1	8.6	28.3	23.3	11.7	30.7	20.3	18.6	18.5	46.3	42.8	27.7	46.3
2004	29.7	8.8	8.7	21	30	4.5	8.2	5.6	34	29.1	33.6	3.1	34
2005	15.5	12	5	31	21.4	57	18.4	14.3	21.7	33.2	44.4	5	57
2006	11.2	3.3	37.2	29.7	35.5	5.9	24.6	41.3	14.7	34.8	18.8	3.4	41.3
2007	13.5	2.7	11.6	17.2	21.4	7.1	10	18.2	22.1	27.8	12.3	6.4	27.8
2008	3.6	14.8	12.5	26.1	19.8	15.1	55.1	41	31.3	24.2	43.3	5.3	55.1
2009	11.2	21.5	27	24.8	37.3	27.3	18.6	20.8	20.4	15.7	26.4	22	37.3
2010	0.3	10.5	5.3	12.8	32.5	17.8	23	20.2	24.3	39.6	48.6	47.6	48.6
2011	7.8	18.1	31.8	28.3	24.7	23.1	26.4	15.5	67.2	43.5	40.3	26.2	67.2
2012	2	2	18.5	20.7	43.9	8.2	5.5	57	25.1	57.5	20.7	5	57.5
2013	6.8	17.8	8	24.3	9	3.2	9	30.1	45.1	61.6	0	32.8	61.6
2014	2.7	31.7	29.5	10.4	19.5	5	0.9	35.2	22.8	26.6	14.8	7.5	35.2
2015	9	13.4	32.5	30.5	9.7	5.7	24	6	25	25.6	49	9.2	49
2016	5.9	4.7	11.7	56.1	43.8	16.6	17.2	15.5	16.5	38	57.2	38.2	57.2
2017	23.3	3.6	23.1	55.2	22.8	9	14.7	28.5	27.7	35.5	26.7	4.7	55.2
2018	17.3	2	21.8	34.3	29.5	18.2	6.6	14.8	11.9	44.5	13.2	10.2	44.5
2019	11.2	12.7	10.2	35.6	29.6	13.9	5.6	7.4	37.1	28.5	8.2	22.8	37.1
2020	18.3	12.6	12.5	61.8	59.7	46.4	41	45.7	55	60.6	59.2	38.4	61.8
2021	22.2	27.6	6.8	25.6	58.7	18.4	14.5	27	34.3	24.4	62.5	2.6	62.5
2022	3.8	11.5	14.5	40	47	23.5	11.2	27	35.5	22	50	4.5	50
2023	14.5	4	26.2	18	44	18.5	7	28	21	31.5	24.3	10.4	44
2024	0	31	24.2	18	35.5	35	26	16.6	25	13.4	40	2	40
2025	8	11.6	20	17.2	13.5	37	9.6	15.7	15.8	22.4	25.5	13	37
MEDIO	11.7	13.4	20.1	27.4	29.5	17.3	19.1	20.4	28.0	35.4	29.9	14.7	48.7
MÁXIMA	42.5	35.3	78.3	61.8	59.7	57	105.1	57	67.2	80.2	62.5	47.6	105.1
MÍNIMA	0	1.7	2	6.6	9	3.2	0.9	2.9	11.9	13.4	0	1.9	27.8

Tabla 62. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: LA MARIA.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2024/05/19							ESTACION : LA MARIA [16040050]						
LATITUD 7,93444444000 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,21166667000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO ABREGO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1800 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE ALGODONAL						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	16	23	33	54	50	33	27	34	51	48	48	23	54
1986	12	30	27	43	28	43	0	30	45	71	67	0	71
1987	14	42	15	40	50	50	30	20	51	45	35	18	51
1988	0	7	20	57	32	29	22	87	70	58	80	16	87
1989	12	23	49	22	23	52	27	17	150	92	45	35	150
1990	20	23	8	53	24	27	25	30	49	43	53	12	53
1991	0	11	20	110	72	28	17	34	67	38	38	1	110
1992	25	5	19	61.5	60	25	10	68	34	61.6	56.3	49	68
1993	25	18	26	95	49	2.5	1.5	6.9	7	30	34	5	95
1994	19	30	35	53	57	53	3	34	76	120	53	10	120
1995	18	7	59	75	45	40	38	43	44	35	18	13	75
1996	11	25	25	37	50	65	31	55	18	85	31	51	85
1997	11	43	7	50	55	32	29	28	60	21	46	0	60
1998	49	61	27	79	42	32	31	40	30	33	30	47	79
1999	4	35	42	25	60	22	39	26	45	47	48	19	60
2000	25	20	15	45	50	50	36	25	130	49	50	50	130
2001	9	0	20	20	40	34	21	10	96	40	40	30	96
2002	22	11	68	55	67	30	9	20	34	25	27	32	68
2003	24	45	15	80	49	54	32	36	45	75	21	10	80
2004	10	5	21	57	30	12	35	50	41	47	28	43	57
2005	18	16	21	41	78	35	31	17	60	40	30	21	78
2006	11	18	30	91	33	12	41	60	50	37	46	11	91
2007	56	7	57	38	78	14	26	60	39	53	48	16	78
2008	7	35	28	28	48	33	53	42	119	34	105	0	119
2009	28	47	55	42	41	28	4	60	43	46	49	18	60
2010	0	14	30	33	50	30	54	30	55	30	47	53	55
2011	16	18	32	75	69	22	23	33	45	41	50	43	75
2012	4	4	33	49	39	43	21	23	48	45	54	6	54
2013	0	40	31	44	41	12	23	33	23	22	46	48	48
2014	21	30	32	48	38	3	0	23	61	49	44	32	61
2015	5	13	31	64	35	26	23	45	41	35	41	32	64
2016	7	34	30	39	49	53	18	26	16	57	83	26	83
2017	14	61	49	39	55	26	70	48	36	53	70	12	70
2018	23	0	49	44	64	27	12	24	35	55	22	16	64
2019	21	14	66	81	54	37	14	16	48	92	32	19	92
2020	9	3	34	104	35	59	48	27	39	30	38	1	104
2021	0	9	33	76	49	37	30	39	56	26	81	9	81
2022	6	11	45	75	85	43	47	39	39	25	69	24	85
2023	50	8	76	24	65	33	28	23	25	37	38	26	76
2024	7	76	23	24	57	45	35	18	33	34	64	23	76
2025	40	16	18	51	60	60	32	42	28	50	60	40	60
MEDIO	16.3	22.9	33.0	54.2	50.1	33.9	26.7	34.7	50.8	47.7	47.9	22.9	78.6
MÁXIMA	56	76	76	110	85	65	70	87	150	120	105	53	150
MÍNIMA	0	0	7	20	23	2.5	0	6.9	7	21	18	0	48

Tabla 63. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: LA VEGA.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19							ESTACION : LA VEGA [23190540]						
LATITUD 7,65083333000 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,18055556000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO CACHIRA				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 710 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE RIO CACHIRA						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	48	28.1	60	50	10	50	10	24	45	59.9	5	80	80
1986	20	27.3	41.8	52.2	55	17	20	40	50	92	30	30	92
1987	40	22	17	60	37	40	34	40	47	63	84	30	84
1988	2	62	7	32	40	20	38	37	51	63	75	25	75
1989	20	38	50	30	30	25	21	25	52	84	42	26	84
1990	39	21	52	40	27	29	23	28	25	62	32	25	62
1991	18	8	60	28	45	40	12	11	48	70	35	9	70
1992	23	7	2	28	40	51	14	18	40	54	32	34	54
1993	38	30	50	50	115	7	30	30	40	30	45	2	115
1994	34	25	21	41	48	18	20	24	48	40	50	18	50
1995	30	5	92	30	49	28	42	25	24	103	3	29	103
1996	27	27	83	45	17	58	29	20	80	73	29	22	83
1997	62	41	21	27	37	65	12	25	39	55	19	0	65
1998	35	27	24	46	95	35	23	20	37	30	60	86	95
1999	57	44	73	54	63	25	29	12	105	65	66	51	105
2000	26	25	25	23	37	35	40	45	45	15	45	45	45
2001	45	3	67	48	40	24	45	45	40	63.1	45	20	67
2002	2	2	44.4	45	45	16	45	45	45	50	40	64	64
2003	0	46	55	45	40	65	30	35	80	80	40	40	80
2004	4	30	75	45	45	45	30	10	25	40	77	30	77
2005	17	23	8	63	47	40	32	35	35	93	85	40	93
2006	55	46	60	68	22	20.4	30.4	42.3	56.5	59.7	55.2	10	68
2007	36	0	60.2	32.2	47	30.2	40.2	55.1	45	45.4	50.3	10.3	60.2
2008	16	18.4	33.2	30	34	1	39.2	40.5	30.2	45	45	15	45
2009	25.3	16.3	21.1	15.2	56	13	13	11.4	49.9	36.5	50.8	23.5	56
2010	0	11	70.6	28.2	40.4	63.3	35	39	43	42.7	47.2	35	70.6
2011	15	55	15	82	67.5	37.2	15.2	17.2	20.3	27.5	51.5	45.2	82
2012	8.3	2.1	54.5	81.5	66.2	51.2	14.2	15.6	26.2	26.9	6.3	6.1	81.5
2013	22.7	26.2	15.6	35.3	49.4	44	22.2	21.2	19.1	37.5	65.5	12.2	65.5
2014	35.5	32.1	28.2	34.3	39.1	63.1	10.2	50.4	30.5	63.6	51.4	5.1	63.6
2015	7.2	33.1	38.4	35.5	41.5	20.7	90.2	23.3	60.5	45.2	70.2	0	90.2
2016	10.4	10.2	40.5	40.5	22.2	45.2	0	10.1	46.4	89.2	35.4	0	89.2
2017	40.2	40.1	45.5	45.5	56.2	35.1	21.4	24.2	37.2	55.3	53.2	0	56.2
2018	25.4	9.9	36.4	67.5	52.2	15.5	15.1	69	24.2	78.2	50.3	30.4	78.2
2019	36.5	43.3	77.5	60.5	57.3	54.4	8.1	13.8	24.3	40.2	55.1	61.2	77.5
2020	100.1	38.3	66.5	20.1	10.1	50.4	25.2	102.2	45.6	15.2	30.2	5.2	102.2
2021	0	13.5	75.5	42	99.5	33.2	25.2	40.2	51.2	25.3	120.5	6.2	120.5
2022	18.5	55.2	35.2	100	22.5	16.5	105	40.2	30.3	91.1	45.5	18.5	105
2023	36.8	5.5	40.5	55.2	25.5	47.3	10.1	49.8	30.3	60.1	55.4	19.4	60.1
2024	10.5	32	17	55.2	39	40	50	7	44	32	81	45	81
2025	6	35	31	31	29	37	20	30	22	32	55	26.4	55
MEDIO	27.2	25.7	44.0	45.3	45.2	35.4	28.7	31.7	42.9	55.0	49.0	26.4	77.4
MÁXIMA	100.1	62	92	100	115	65	105	102.2	105	103	120.5	86	120.5
MÍNIMA	0	0	2	15.2	10	1	0	7	19.1	15	3	0	45

Tabla 64. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: SAN ALBERTO.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19							ESTACION : SAN ALBERTO [23190500]						
LATITUD 7,75972222000 N			TIPO EST PM				DEPTO CESAR				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,38833333000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SAN ALBERTO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 134 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE SAN ALBERTO						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	14	7	41	59	67	110	18	46	119	73	22	4	119
1986	28	55	63	144	123	54	12	19	65	46	50	24	144
1987	42	128	44	195	35	63	75	37	119	76	92	92	195
1988	5	37	8	45	57	75	89	67	32	112	86	71	112
1989	18	40	72	84	94	63	41	97	28	135	87	74	135
1990	27	92	58	103	58	178	54	23	64	83	55	92	178
1991	14	11	42	42	73	42	38	28	87	68	123	53	123
1992	57	2	19	53	112	104	32	43	58	67	65	58	112
1993	35	105	58	88	57	41	42	58	75	27	107	64	107
1994	45	45	58	85	63	59	57	33	49	58	135	14	135
1995	2	8	31	68	33	74	60	65	67	48	94	48	94
1996	39	44	71	31	83	70	47	18	68	32	34	102	102
1997	23	15	36	28	54	111	62	26	22	58	36	3	111
1998	5	70	61	59.9	82	65	60	62	47	130	65	69	130
1999	21	67	22	45	69	80	90	40	67	38	77	134	134
2000	15	65	75	66	56	24	57	55	75	56	60	35.1	75
2001	22.3	28.9	44.1	60.1	132	70	12	38	72	71	40	25	132
2002	5	35	30	45	47	20	60	32	70	105	30	60	105
2003	6	40	20	143	93	137	33	50	40	80	90	135	143
2004	35	30	2	85	100	11	20	80	63	100	45	46	100
2005	36	22	34	87	35	70	40	80	105	61.8	55	23	105
2006	91	20	150	62.1	80	58	150	50	45	80	85	34	150
2007	0	0	86	100	35	37	50	100	60	63.7	59	36.8	100
2008	26	37	56	76	74	66	51	54	61	78	72	18	78
2009	39	41	95	50	80	48	75	46	42	100	56.4	36.1	100
2010	24.6	31	39	95	108	47	33	34	50	67	118	90	118
2011	29	51	115	129	59	65	60	67	66	46	53	80	129
2012	18	2	79	51	51	111	40	26	30	175	95	37	175
2013	1	58	78	60	77	21	40	54	87	70	82	19	87
2014	60	52	56	67	89	21	16	110	78	68	35	5	110
2015	72	57	58	60	110	21	33	83	53	126	102	27	126
2016	17	10	43	74	40	133	34	53	35	80	97	45	133
2017	22	29	70	29	84	61	47	60	43	143	48	3	143
2018	2	13	70	65	90	63	31	48	40	68	56	25	90
2019	4	54	44	73	130	44	52	65	52	79	37	70	130
2020	75	3	25	48	80	85	35	73	65	65	105	36	105
2021	4	38	98	73	91	67	50	84	93	80	107	35	107
2022	16	30	75	52	64	62	62	84	38	58	55	3	84
2023	35	3	104	132	19	35	64	34	33	72	58	100	132
2024	0	18	19	132	75	63	119	58	62	78	104	110	132
2025	25	26	47	91	51	43	58	63	30	58	124	52	124
MEDIO	25.7	37.1	56.0	76.5	73.4	65.2	51.2	54.7	59.9	77.5	73.1	50.9	120.6
MÁXIMA	91	128	150	195	132	178	150	110	119	175	135	135	195
MÍNIMA	0	0	2	28	19	11	12	18	22	27	22	3	75

Tabla 65. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: VILLACARO.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19										ESTACION : VILLA CARO [16030090]			
LATITUD 7,91472222000 N			TIPO EST PM				DEPTO NORTE DE SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -72,98000000000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO VILLACARO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 1490 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	20	18	27	35	38	25	23	25	40	40	38	23	40
1986	24.6	27.2	43.4	58.9	61.6	44.9	39.2	45.9	53.8	60.2	40	5	61.6
1987	10	2	22	19	38	10	10	32	34	83	27	5	83
1988	30	16	20	31	20	15	29	67	64	63	43	40	67
1989	10	16	21	5	51	25	15	35	70	26	40	20	70
1990	60	80	8	33	30	9	150	30	57	45	14	30	150
1991	35	21	20	30	50	70	20	40	140	60	85	90	140
1992	3	5	0	50	92	5	90	14	21	13	19	16	92
1993	12	24	2	21	55	9	10	2	23	28	20	20	55
1994	19	18	16	22	30	0	11	16	16	38	90	0	90
1995	0	16	45	13	80	22	27	35	90	36	11	21	90
1996	16	41	40	40	40	41	30	14	21	40	27	51	51
1997	10	28	12	30	28	20	5	0	35	40	25	0	40
1998	25	60	10	30	39	10	11	33	25	46	39	35	60
1999	90	12	30	30	15	50	20	27	45	40	20	29	90
2000	32	15	20	15	30	11	0	0	60	19	50	10	60
2001	0	11	35	13	18	15	35	0	22	45	35	20	45
2002	0	0	30	41	35	25	0	7	8	25	25	15	41
2003	0	0	8	15	10	12	10	40	20	40	40	50	50
2004	0	0	40	45	55	5	0	10	40	40	45	10	55
2005	50	52	40	60	8	60	24	20	65	70	50	50	70
2006	23	0	65	30	24	20	25	10	20	40	36	20	65
2007	15	40	40	19	8	1	10	50	20	40	60.7	35.1	60.7
2008	20	18	27	35	38	25	23	25	40	40	38	23	40
2009	24.4	28.3	43.8	61.9	65.1	47.2	41.2	47.1	55.4	37	35	21	65.1
2010	1	33	23	33	60	30	83	24	41	30	65	58	83
2011	25	20	24	73	40	45	27	38	21	28	30	38	73
2012	17	5	44.3	62	35	5	0	32	2	65	30	17	65
2013	5	15	8	22	33	10	8	26	42	13	50	11	50
2014	6	6	14	31	15	3	5	10	33	28	30	7	33
2015	13	20	34	16	9	14	14	27	10	21	14	18	34
2016	13	20	17	46	39	13	14	27	40	38	39	54	54
2017	65	11	40	23	34	50	11	26	34	16	45	8	65
2018	15	9	60	30	56	10	4	8	31	66	32	7	66
2019	13	16	10	68	37	8	5	0	48	37	39	13	68
2020	29	8	24	37	44	39	27	36	65	42	37	5	65
2021	7	11	42	44	35	105	12	25	42	27	26	8	105
2022	21	6	15	46	38	14	15	25	34	49	45	4	49
2023	27	0	40	43	68	55	18	25	39	55	24	8	68
2024	15	12	14	43	25	12	10	32	39	23	48	39	48
2025	7	10	41	35	41	64	5	20	80	20	40	35	80
MEDIO	19.7	18.3	27.2	35.0	38.2	25.7	22.4	24.5	41.1	39.3	37.7	23.6	66.8
MÁXIMA	90	80	65	73	92	105	150	67	140	83	90	90	150
MÍNIMA	0	0	0	5	8	0	0	0	2	13	11	0	33

Tabla 66. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: LOS PLANES.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19										ESTACION : LOS PLANES [23190810]			
LATITUD 7,81261111000 N			TIPO EST PM				DEPTO CESAR				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,32144444000 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SAN ALBERTO				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 650 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE SAN ALBERTO						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	20	10.7	98.6	41.1	96.7	12.9	14.7	34.5	32	58.9	28	64	98.6
1986	38.5	40.5	20.5	86.8	47.6	48.1	25.1	14.1	51.4	83.4	37.4	25.4	86.8
1987	23.4	44.7	27.4	66.1	89.2	40.7	17.8	18.4	94.2	64.2	44.8	87.6	94.2
1988	9.3	56.7	7.2	54.3	73.5	39.8	33.7	37	56	40	43	51	73.5
1989	31	67	46	70	90	53	47	36	98	78	65	80	98
1990	37	37	35	74	21	70	29	14	50	65	91	40	91
1991	18	26	65	32	54	39	16	69	50	135	81	23	135
1992	30	35	60	39	51	45	24	52	35	51	56	29	60
1993	29	17	63	44	66	70	86	26	50	48	121	40	121
1994	29	17	63	44	60	26	45	40	69	122	72	19	122
1995	14	18	39	75	45	67	49	35	63	69	40	52	75
1996	22	25	70	73	30	107	72	33	63	92	57	51	107
1997	58	25	100	90	70	76	22	28	109	60	65	62	109
1998	25	50	31	70	114	69	20	41	51.1	59.2	55.3	38.8	114
1999	24.7	29.5	43	63	75	30	37	18	40	74	70	49	75
2000	9	47	28	28	120.1	25	29	42	38	30	41	27	120.1
2001	54	6	57	55	126	67	18	61	31	42	29	115	126
2002	8	21	55	106	33	124	42	86	25	98	39	50	124
2003	4	74	101	81	104	76	26	38	83	85	76	21	104
2004	49	130	51	76	45	48	15	25	32	44	75	18	130
2005	24	14	35	111	90	25	25	65	42	43	59	48	111
2006	48	10	68	103	73	40	48	87	81	37	87	42	103
2007	24.4	14	90	117	90	49	19	29	25	24	68	49	117
2008	29	40	80	67	75	18	86	65	36	50	43	48	86
2009	38	58	62	91	65	40	50	52	59	88	94	55	94
2010	27	28	43	70	77	60	50	88	45	55	50	50	88
2011	45	55	72	96	47	25	105	122	55	55	60	45	122
2012	64	10	120	47	60	29	28	29	24	73	94	34	120
2013	25	54	43	116	81	55	59	39	63	38	55	68	116
2014	66	45	50	62	84	23	19	45	58	105	31	30	105
2015	16	76	51	30	32	18	14	23	26	37	61	34	76
2016	25	12	50	65	39	34	19	99	25	74	77	35	99
2017	35	25	64	75	94	45	15	46	76	97	62	75	97
2018	21	18	45	45	69	36	10	62	48	89	79	79	89
2019	35	15	45	79	82	24	20	39	42	48	37	47	82
2020	86	30	14	19	57	104	30	56	81	156	52	43	156
2021	6	38	63	66	67	37	49	73	44	68	58	27	73
2022	28	35	87	85	71	17	39	73	39	76	56	14	87
2023	35	19	48	50	67	37	49	53	38	137	46	83	137
2024	55	43	29	50	68	67	38	31	55	105	60	42	105
2025	28	30	70	40	124	66	32	65	71	19	60.4	47.3	124
MEDIO	31.5	35.3	55.8	67.1	71.3	48.4	35.9	48.5	52.5	70.1	60.4	47.3	103.7
MÁXIMA	86	130	120	117	126	124	105	122	109	156	121	115	156
MÍNIMA	4	6	7.2	19	21	12.9	10	14	24	19	28	14	60

Tabla 67. Valores máximos mensuales de precipitación en 24 horas: SAN RAFAEL.

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES													
SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL													
VALORES MAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACION (mms) EN 24 HORAS													
FECHA DE PROCESO : 2025/11/19							ESTACION : SAN RAFAEL [23190560]						
LATITUD 7,574444 N			TIPO EST PM				DEPTO SANTANDER				FECHA-INSTALACION 1970		
LONGITUD -73,559322 W			ENTIDAD 01 IDEAM				MUNICIPIO SABANA DE TORRES				FECHA-SUSPENSION		
ELEVACION 84 m.s.n.m			REGIONAL 08 - SANTANDERES - ARAUCA				CORRIENTE LEON						
AÑO	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1985	0	12	58	79	87	40	30	96	44	93	63	28	96
1986	22	60	35	90	112	75	23	90	75	80	60	10	112
1987	80	30	45	140	85	100	108	140	145	61	82	15	145
1988	0	18	3	60	132	60	110	140	133	120	80	12	140
1989	30	45	78	132	44	50	65	120	135	85	80	10	135
1990	9	0	44	68	140	90	150	80	70	65	70	30	150
1991	0	42	30	50	85	45	130	40	62	105	45	40	130
1992	7	15	20	110	70	120	25	85	75	59	65	117	120
1993	59	4	50	69	123	54	127	17	125	42	96	61	127
1994	20	34	60	43	72	60	55	90	56	140	65	37	140
1995	0	0	53	138	40	53	133	160	60	80	80	18	160
1996	28	56	61	85	140	92	53	63	102	79	30	50	140
1997	25	14	8	112	98	73	43	88	77	31	105	28	112
1998	1	83	92	65	160	73	81	81	42	110	145	29	160
1999	56	52	19	35	85	70	59	67	98	106	55	46	106
2000	8	55	72	105	55	46	71	143	69	100	77	66	143
2001	33	0	39	45	152	60	41	45	40	64	29	48	152
2002	0	45	46	65	57	30	55	62	105	79	86	34	105
2003	50	33	93	56	81	180	55	59	75	80	93	30	180
2004	24	13	30	106	106	33	60	72	138	45	70	26	138
2005	30	13	40	145	83	54	67	70	72	73	140	20	145
2006	49	1	90	106	106	48	106	81	53	110	50	26	110
2007	1	27	104	133	83	104	70	104	50	56.4	87.7	45	133
2008	20.2	10.4	44.5	45.3	86	63.3	130	66.8	90.2	96	102.6	71.4	130
2009	9.7	23	35.3	100.2	55.5	89.8	151	110.5	62.5	113.5	60	117	151
2010	0	40	77	104.6	82.6	90.5	82.7	61.1	125.5	103.3	40.4	50	125.5
2011	11.1	28.4	37.4	50.2	45.5	78.2	88.8	40.5	34.5	79.6	154.5	56	154.5
2012	0	4	62.6	64.7	93.8	47.8	52	64	64.9	72.3	72.5	20	93.8
2013	14	80.2	72.8	87.6	66.6	40.3	27	70	71.3	48.5	75	20.1	87.6
2014	9.2	106.6	48	30.8	52.7	19.1	19.3	112	60	104	140.5	21.7	140.5
2015	73.1	55	39.3	39.3	91.8	15	46	28.5	65	66.5	63.5	20.7	91.8
2016	4.6	4	20.7	74.2	61.2	112	48.2	21.8	80	60.8	70.7	50.5	112
2017	5.3	0	50.5	50.5	100.8	80.8	100.9	104.6	140.8	130.8	100.5	90.2	140.8
2018	23.3	0	100.3	90.8	100.8	60.2	40.8	30.6	90.5	40.5	55.2	36.5	100.8
2019	21.1	28.4	88.1	83.2	128.2	63	28.4	48.5	96.9	69.9	30.4	28.4	128.2
2020	17.4	0	20	21.2	76.4	26.4	114	87.5	75	99	76.2	38.2	114
2021	17.2	5.7	40.1	85.2	160.3	103.9	39.2	66.2	49.9	55.6	36.9	14.6	160.3
2022	27.7	63.5	41.5	132.5	48.8	183.2	72.5	66.2	151.1	35.5	36.5	2.1	183.2
2023	40.2	53.7	42.8	141.1	74.5	110.1	56.3	31.5	43.5	89.2	86.6	62.3	141.1
2024	0	4.9	17.4	141.1	67.6	199.3	96.3	62.3	34	98.3	121.1	60.6	199.3
2025	30.5	12	65	80	95	146.3	63.2	102.2	139.3	70.3	74.6	41.5	146.3
MEDIO	20.9	28.6	50.6	84.4	89.9	76.6	72.5	77.3	82.3	80.4	76.9	39.7	133.7
MÁXIMA	80	106.6	104	145	160.3	199.3	151	160	151.1	140	154.5	117	199.3
MÍNIMA	0	0	3	21.2	40	15	19.3	17	34	31	29	2.1	87.6

5.1.2. Calculo de precipitaciones mensuales en las cuencas hidrográficas.

CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL POR EL MÉTODO DE LAS ISOYETAS EN LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS: CAPTACIÓN NUEVA Y EXISTENTE												
ESTACIONES METEOROLÓGICAS: PRECIPITACIÓN MÁXIMA MENSUAL EN 24 HORAS										CAPTACIÓN: NUEVA Y EXISTENTE		
FECHA	EL CAOBO [23190510]	LA VEGA [23190540]	ESCUELA AGRICOLA CACHIRA [23195180]	VILLA CARO [16030090]	LA MARIA [16040050]	SAN ALBERTO [23190500]	LOS PLANES [23190810]	EL LIBANO [23190110]	SAN RAFAEL [23190560]	FECHA	RIO SAN PABLO	QUEBRADA EL CARAÑO
Jan-85	57	48	5.8	20	16	14	20	38	0	Jan-85	21.0	9.0
Feb-85	5.1	28.1	7.1	18	23	7	10.7	3	12	Feb-85	16.0	47.5
Mar-85	10	60	8.2	27	33	41	98.6	76	58	Mar-85	56.0	29.0
Apr-85	120	50	14	35	54	59	41.1	30	79	Apr-85	43.0	42.0
May-85	37.3	10	14	38	50	67	96.7	50	87	May-85	54.0	94.0
Jun-85	87.4	50	10.2	25	33	110	12.9	54	40	Jun-85	25.0	81.0
Jul-85	19	10	105.1	23	27	18	14.7	40	30	Jul-85	31.0	16.5
Aug-85	47.2	24	24	25	34	46	34.5	30	96	Aug-85	30.0	40.5
Sep-85	68.9	45	27.1	40	51	119	32	80	44	Sep-85	38.0	71.0
Oct-85	68.7	59.9	44.7	40	48	73	58.9	80	93	Oct-85	52.0	66.0
Nov-85	40	5	20	38	48	22	28	51	63	Nov-85	25.0	29.0
Dec-85	13	80	8.3	23	23	4	64	15	28	Dec-85	49.0	26.0
Jan-86	9.8	20	27.1	24.6	12	28	38.5	10	22	Jan-86	27.0	17.0
Feb-86	46.3	27.3	19.2	27.2	30	55	40.5	50	60	Feb-86	31.0	44.0
Mar-86	77.3	41.8	5.1	43.4	27	63	20.5	30	35	Mar-86	24.0	66.5
Apr-86	51	52.2	27	58.9	43	144	86.8	31	90	Apr-86	60.0	70.0
May-86	62	55	33.6	61.6	28	123	47.6	83	112	May-86	40.0	68.0
Jun-86	59.2	17	24.7	44.9	43	54	48.1	40	75	Jun-86	37.0	50.0
Jul-86	11.5	20	5.3	39.2	0	12	25.1	14	23	Jul-86	15.0	13.6
Aug-86	23.6	40	20.7	45.9	30	19	14.1	40	90	Aug-86	22.0	21.3
Sep-86	57.7	50	51.1	53.8	45	65	51.4	49	75	Sep-86	49.0	56.5
Oct-86	80	92	34.2	60.2	71	46	83.4	50	80	Oct-86	74.0	77.0
Nov-86	39.8	30	27.3	40	67	50	37.4	33	60	Nov-86	40.0	39.0
Dec-86	4.8	30	1.9	5	0	24	25.4	20	10	Dec-86	16.0	13.5
Jan-87	34	40	15	10	14	42	23.4	7	80	Jan-87	23.0	34.2
Feb-87	90	22	7	2	42	128	44.7	30	30	Feb-87	36.0	85.0
Mar-87	34	17	14.1	22	15	44	27.4	30	45	Mar-87	20.0	120.0
Apr-87	122	60	30	19	40	195	66.1	50	140	Apr-87	52.0	32.0
May-87	93	37	33.7	38	50	35	89.2	50	85	May-87	59.0	75.0
Jun-87	63	40	15.1	10	50	63	40.7	80	100	Jun-87	36.0	55.5
Jul-87	55	34	13.3	10	30	75	17.8	80	108	Jul-87	19.0	49.0
Aug-87	34	40	5.3	32	20	37	18.4	70	140	Aug-87	15.0	29.0
Sep-87	70	47	20	34	51	119	94.2	80	145	Sep-87	74.0	86.0
Oct-87	80	63	48.2	83	45	76	64.2	58	61	Oct-87	57.0	2.0

Nov-87	35	84	42.2	27	35	92	44.8	80	82	Nov-87	46.0	51.0
Dec-87	72	30	6.6	5	18	92	87.6	92	15	Dec-87	4.5	76.2
Jan-88	0	2	5.1	30	0	5	9.3	0	0	Jan-88	5.0	2.0
Feb-88	38	62	18.3	16	7	37	56.7	30	18	Feb-88	39.0	44.5
Mar-88	10	7	15.2	20	20	8	7.2	0	3	Mar-88	13.0	9.0
Apr-88	84	32	55.3	31	57	45	54.3	115	60	Apr-88	48.0	38.0
May-88	35	40	43.1	20	32	57	73.5	93	132	May-88	47.0	67.0
Jun-88	55	20	14.9	15	29	75	39.8	51	60	Jun-88	28.0	51.0
Jul-88	72	38	16	29	22	89	33.7	82	110	Jul-88	25.0	64.0
Aug-88	100	37	34.3	67	87	67	37	20	140	Aug-88	49.0	78.0
Sep-88	86	51	20.9	64	70	32	56	80	133	Sep-88	48.0	66.0
Oct-88	53	63	46.9	63	58	112	40	80	120	Oct-88	49.0	60.0
Nov-88	110	75	59.5	43	80	86	43	80	80	Nov-88	62.0	95.0
Dec-88	102	25	13.7	40	16	71	51	81	12	Dec-88	30.0	84.0
Jan-89	3	20	13.2	10	12	18	31	14	30	Jan-89	21.0	67.5
Feb-89	80	38	8	16	23	40	67	50	45	Feb-89	39.0	9.5
Mar-89	90	50	22.8	21	49	72	46	80	78	Mar-89	42.0	77.0
Apr-89	105	30	19.8	5	22	84	70	50	132	Apr-89	41.0	86.0
May-89	96	30	31.1	51	23	94	90	82	44	May-89	52.0	87.0
Jun-89	80	25	25.5	25	52	63	53	30	50	Jun-89	45.0	68.0
Jul-89	40	21	15	15	27	41	47	89	65	Jul-89	28.0	36.0
Aug-89	59	25	13.4	35	17	97	36	60	120	Aug-89	23.0	55.0
Sep-89	50	52	36.6	70	150	28	98	31	135	Sep-89	62.0	48.0
Oct-89	110	84	19.9	26	92	135	78	100	85	Oct-89	73.0	108.0
Nov-89	40	42	7.7	40	45	87	65	50	80	Nov-89	46.0	49.0
Dec-89	80	26	17.4	20	35	74	80	80	10	Dec-89	48.0	73.0
Jan-90	73	39	18.7	60	20	27	37	30	9	Jan-90	32.0	59.5
Feb-90	45	21	18.6	80	23	92	37	19	0	Feb-90	30.0	51.0
Mar-90	50	52	30.5	8	8	58	35	52	44	Mar-90	29.0	50.0
Apr-90	55	40	42	33	53	103	74	100	68	Apr-90	55.0	61.5
May-90	58	27	15.4	30	24	58	21	82	140	May-90	18.0	45.5
Jun-90	21	29	7.1	9	27	178	70	81	90	Jun-90	38.0	50.0
Jul-90	30	23	31.5	150	25	54	29	81	150	Jul-90	23.0	26.5
Aug-90	35	28	29.4	30	30	23	14	16	80	Aug-90	23.0	28.5
Sep-90	30	25	17.8	57	49	64	50	48	70	Sep-90	38.0	35.0
Oct-90	40	62	80.2	45	43	83	65	81	65	Oct-90	61.0	51.5
Nov-90	55	32	36.3	14	53	55	91	90	70	Nov-90	54.0	43.0
Dec-90	64	25	18.2	30	12	92	40	31	30	Dec-90	28.0	62.0
Jan-91	0	18	23.2	35	0	14	18	18	0	Jan-91	15.0	6.5
Feb-91	80	8	15.4	21	11	11	26	52	42	Feb-91	16.0	54.0
Mar-91	55	60	32.5	20	20	42	65	57	30	Mar-91	47.0	55.0

Apr-91	35	28	27.6	30	110	42	32	31	50	**Apr-91**	**49.0**	**34.0**
May-91	31	45	29.4	50	72	73	54	60	85	**May-91**	**51.0**	**39.5**
Jun-91	50	40	10.1	70	28	42	39	66	45	**Jun-91**	**30.0**	**45.0**
Jul-91	38	12	8.2	20	17	38	16	90	130	**Jul-91**	**9.0**	**27.0**
Aug-91	50	11	16.7	40	34	28	69	22	40	**Aug-91**	**41.0**	**43.0**
Sep-91	170	48	24.5	140	67	87	50	90	62	**Sep-91**	**50.0**	**130.0**
Oct-91	104	70	46.1	60	38	68	135	110	105	**Oct-91**	**91.0**	**95.5**
Nov-91	80	35	27.7	85	38	123	81	105	45	**Nov-91**	**51.0**	**81.0**
Dec-91	40	9	6.4	90	1	53	23	4	40	**Dec-91**	**14.0**	**36.0**
Jan-92	35	23	8.5	3	25	57	30	88	7	**Jan-92**	**21.0**	**36.0**
Feb-92	2	7	35.3	5	5	2	35	1	15	**Feb-92**	**22.0**	**5.7**
Mar-92	30	2	2	0	19	19	60	47	20	**Mar-92**	**26.0**	**26.5**
Apr-92	55	28	23.1	50	61.5	53	39	50	110	**Apr-92**	**38.0**	**46.0**
May-92	20	40	28	92	60	112	51	65	70	**May-92**	**50.0**	**40.0**
Jun-92	80	51	14	5	25	104	45	70	120	**Jun-92**	**34.0**	**75.0**
Jul-92	30	14	8.5	90	10	32	24	55	25	**Jul-92**	**35.0**	**42.0**
Aug-92	20	18	20.1	14	68	43	52	65	85	**Aug-92**	**41.0**	**23.0**
Sep-92	62	40	24.3	21	34	58	35	46	75	**Sep-92**	**33.0**	**55.0**
Oct-92	72	54	40	13	61.6	67	51	75	59	**Oct-92**	**50.0**	**67.0**
Nov-92	37	32	15.1	19	56.3	65	56	115	65	**Nov-92**	**40.0**	**40.0**
Dec-92	57	34	7.6	16	49	58	29	82	117	**Dec-92**	**26.0**	**48.0**
Jan-93	67	38	11.5	12	25	35	29	36	59	**Jan-93**	**26.0**	**54.0**
Feb-93	19	30	9.5	24	18	105	17	23	4	**Feb-93**	**20.0**	**36.0**
Mar-93	93	50	7.9	2	26	58	63	95	50	**Mar-93**	**40.0**	**79.0**
Apr-93	89	50	32	21	95	88	44	115	69	**Apr-93**	**53.0**	**78.0**
May-93	63	115	27.9	55	49	57	66	111	123	**May-93**	**60.0**	**67.0**
Jun-93	55	7	7.8	9	2.5	41	70	80	54	**Jun-93**	**28.0**	**46.0**
Jul-93	45	30	5.2	10	1.5	42	86	107	127	**Jul-93**	**36.0**	**42.0**
Aug-93	50	30	4.9	2	6.9	58	26	85	17	**Aug-93**	**16.0**	**47.0**
Sep-93	49	40	23.1	23	7	75	50	57	125	**Sep-93**	**32.0**	**49.0**
Oct-93	56	30	22.5	28	30	27	48	56	42	**Oct-93**	**35.0**	**46.5**
Nov-93	80	45	16.8	20	34	107	121	83	96	**Nov-93**	**67.0**	**83.0**
Dec-93	56	2	16.2	20	5	64	40	62	61	**Dec-93**	**18.0**	**47.0**
Jan-94	52	34	7.6	19	19	45	29	33	20	**Jan-94**	**24.0**	**47.5**
Feb-94	32	25	22.7	18	30	45	17	40	34	**Feb-94**	**22.0**	**31.5**
Mar-94	47	21	15	16	35	58	63	74	60	**Mar-94**	**37.0**	**45.0**
Apr-94	54	41	22.2	22	53	85	44	136	43	**Apr-94**	**37.0**	**55.0**
May-94	93	48	47.1	30	57	63	60	90	72	**May-94**	**53.0**	**78.0**
Jun-94	24	18	3.5	0	53	59	26	76	60	**Jun-94**	**24.0**	**26.5**
Jul-94	120	20	23.2	11	3	57	45	66	55	**Jul-94**	**26.0**	**89.0**
Aug-94	29	24	23.8	16	34	33	40	42	90	**Aug-94**	**31.0**	**27.0**

Sep-94	65	48	20.1	16	76	49	69	66	56	**Sep-94**	**57.0**	**60.0**
Oct-94	102	40	28.9	38	120	58	122	95	140	**Oct-94**	**85.0**	**85.0**
Nov-94	60	50	38.5	90	53	135	72	110	65	**Nov-94**	**56.0**	**71.0**
Dec-94	50	18	11.7	0	10	14	19	22	37	**Dec-94**	**15.0**	**37.0**
Jan-95	5	30	9.3	0	18	2	14	48	0	**Jan-95**	**15.0**	**8.0**
Feb-95	40	5	5.4	16	7	8	18	0	0	**Feb-95**	**12.0**	**29.0**
Mar-95	133	92	41.5	45	59	31	39	60	53	**Mar-95**	**54.0**	**104.0**
Apr-95	58	30	31.2	13	75	68	75	80	138	**Apr-95**	**55.0**	**53.0**
May-95	74	49	27.2	80	45	33	45	86	40	**May-95**	**41.0**	**61.0**
Jun-95	40	28	17	22	40	74	67	75	53	**Jun-95**	**43.0**	**45.0**
Jul-95	47	42	32.2	27	38	60	49	32	133	**Jul-95**	**41.0**	**46.0**
Aug-95	70	25	28.5	35	43	65	35	110	160	**Aug-95**	**28.0**	**54.0**
Sep-95	55	24	20.8	90	44	67	63	55	60	**Sep-95**	**44.0**	**52.0**
Oct-95	82	103	36	36	35	48	69	100	80	**Oct-95**	**58.0**	**78.0**
Nov-95	74	3	4.6	11	18	94	40	100	80	**Nov-95**	**18.0**	**62.0**
Dec-95	27	29	13.7	21	13	48	52	80	18	**Dec-95**	**30.0**	**32.5**
Jan-96	25	27	14.5	16	11	39	22	8	28	**Jan-96**	**20.0**	**27.5**
Feb-96	50	27	18.8	41	25	44	25	30	56	**Feb-96**	**24.0**	**43.0**
Mar-96	105	83	19	40	25	71	70	91	61	**Mar-96**	**52.0**	**94.5**
Apr-96	53	45	18.5	40	37	31	73	50	85	**Apr-96**	**48.0**	**49.0**
May-96	81	17	17	40	50	83	30	90	140	**May-96**	**26.0**	**64.0**
Jun-96	85	58	27	41	65	70	107	65	92	**Jun-96**	**73.0**	**80.0**
Jul-96	40	29	44.1	30	31	47	72	60	53	**Jul-96**	**47.0**	**41.0**
Aug-96	28	20	17.6	14	55	18	33	50	63	**Aug-96**	**31.0**	**23.0**
Sep-96	57	80	27	21	18	68	63	135	102	**Sep-96**	**44.0**	**60.0**
Oct-96	61.9	73	45.3	40	85	32	92	70	79	**Oct-96**	**76.0**	**61.0**
Nov-96	60	29	21	27	31	34	57	40	30	**Nov-96**	**39.0**	**52.0**
Dec-96	114	22	8	51	51	102	51	65	50	**Dec-96**	**41.0**	**95.0**
Jan-97	59	62	11.2	10	11	23	58	29	25	**Jan-97**	**40.0**	**55.0**
Feb-97	62	41	4.4	28	43	15	25	34	14	**Feb-97**	**28.0**	**49.5**
Mar-97	16	21	78.3	12	7	36	100	10	8	**Mar-97**	**58.0**	**29.5**
Apr-97	34	27	23	30	50	28	90	42	112	**Apr-97**	**53.0**	**34.0**
May-97	37	37	21.9	28	55	54	70	70	98	**May-97**	**49.0**	**40.0**
Jun-97	135	65	19.2	20	32	111	76	60	73	**Jun-97**	**54.0**	**119.0**
Jul-97	29	12	12.5	5	29	62	22	17	43	**Jul-97**	**21.0**	**31.0**
Aug-97	31	25	2.9	0	28	26	28	13	88	**Aug-97**	**22.0**	**27.0**
Sep-97	122	39	37.1	35	60	22	109	46	77	**Sep-97**	**72.0**	**94.0**
Oct-97	94	55	29	40	21	58	60	47	31	**Oct-97**	**45.0**	**82.0**
Nov-97	59	19	23.6	25	46	36	65	86	105	**Nov-97**	**41.0**	**47.0**
Dec-97	42	0	2.1	0	0	3	62	55	28	**Dec-97**	**22.0**	**31.0**
Jan-98	23	35	12.1	25	49	5	25	3	1	**Jan-98**	**31.0**	**23.0**

Feb-98	133	27	21.2	60	61	70	50	95	83	**Feb-98**	**43.0**	**100.0**
Mar-98	92	24	27.1	10	27	61	31	92	92	**Mar-98**	**24.0**	**70.0**
Apr-98	110	46	23	30	79	59.9	70	111	65	**Apr-98**	**58.0**	**89.0**
May-98	110	95	30.8	39	42	82	114	92	160	**May-98**	**75.0**	**102.0**
Jun-98	79	35	12.1	10	32	65	69	48	73	**Jun-98**	**43.0**	**70.0**
Jul-98	66	23	8	11	31	60	20	35	81	**Jul-98**	**20.0**	**54.0**
Aug-98	52	20	18	33	40	62	41	136	81	**Aug-98**	**28.0**	**44.0**
Sep-98	52	37	32.7	25	30	47	51.1	23	42	**Sep-98**	**41.0**	**50.0**
Oct-98	60	30	38	46	33	130	59.2	97	110	**Oct-98**	**41.0**	**65.0**
Nov-98	83	60	23.2	39	30	65	55.3	69	145	**Nov-98**	**42.0**	**71.5**
Dec-98	27	86	35	35	47	69	38.8	108	29	**Dec-98**	**46.0**	**43.0**
Jan-99	79	57	42.5	90	4	21	24.7	29	56	**Jan-99**	**30.0**	**62.0**
Feb-99	51	44	27.4	12	35	67	29.5	61	52	**Feb-99**	**31.0**	**50.0**
Mar-99	40	73	13.9	30	42	22	43	60	19	**Mar-99**	**42.0**	**43.0**
Apr-99	69	54	22.9	30	25	45	63	20	35	**Apr-99**	**48.0**	**64.5**
May-99	85	63	28.6	15	60	69	75	80	85	**May-99**	**60.0**	**78.0**
Jun-99	49	25	12	50	22	80	30	45	70	**Jun-99**	**23.0**	**48.0**
Jul-99	32	29	22.2	20	39	90	37	37	59	**Jul-99**	**34.0**	**41.0**
Aug-99	40	12	8.1	27	26	40	18	52	67	**Aug-99**	**15.0**	**32.0**
Sep-99	65	105	33.6	45	45	67	40	92	98	**Sep-99**	**49.0**	**67.5**
Oct-99	59	65	28.1	40	47	38	74	50	106	**Oct-99**	**57.0**	**56.0**
Nov-99	71	66	36.8	20	48	77	70	82	55	**Nov-99**	**58.0**	**72.0**
Dec-99	90	51	19.7	29	19	134	49	64	46	**Dec-99**	**38.0**	**90.0**
Jan-00	26	26	8	32	25	15	9	27	8	**Jan-00**	**15.0**	**23.0**
Feb-00	53	25	13.9	15	20	65	47	53	55	**Feb-00**	**29.0**	**50.0**
Mar-00	88	25	25.5	20	15	75	28	48	72	**Mar-00**	**23.0**	**71.0**
Apr-00	65	23	6.6	15	45	66	28	69	105	**Apr-00**	**24.0**	**53.0**
May-00	45	37	16.3	30	50	56	120.1	77	55	**May-00**	**66.0**	**52.0**
Jun-00	24	35	13.6	11	50	24	25	56	46	**Jun-00**	**28.0**	**24.0**
Jul-00	19	40	13.2	0	36	57	29	104	71	**Jul-00**	**25.0**	**26.0**
Aug-00	23	45	5.2	0	25	55	42	60	143	**Aug-00**	**28.0**	**28.0**
Sep-00	55	45	32.9	60	130	75	38	88	69	**Sep-00**	**58.0**	**53.2**
Oct-00	55	15	26.2	19	49	56	30	53	100	**Oct-00**	**29.0**	**45.0**
Nov-00	40	45	33.5	50	50	60	41	47	77	**Nov-00**	**42.0**	**43.0**
Dec-00	50	45	28.2	10	50	35.1	27	42	66	**Dec-00**	**35.0**	**44.0**
Jan-01	46	45	5	0	9	22.3	54	6	33	**Jan-01**	**34.0**	**44.0**
Feb-01	0	3	1.7	11	0	28.9	6	5	0	**Feb-01**	**4.0**	**6.0**
Mar-01	19	67	21.2	35	20	44.1	57	93	39	**Mar-01**	**42.0**	**32.0**
Apr-01	47	48	16.8	13	20	60.1	55	73	45	**Apr-01**	**38.0**	**50.0**
May-01	135	40	34.5	18	40	132	126	101	152	**May-01**	**72.0**	**119.0**
Jun-01	13	24	7.9	15	34	70	67	43	60	**Jun-01**	**40.0**	**27.0**

Jul-01	30	45	18.5	35	21	12	18	48	41	**Jul-01**	**22.5**	**27.0**
Aug-01	43	45	3.2	0	10	38	61	25	45	**Aug-01**	**36.0**	**45.0**
Sep-01	21	40	23.3	22	96	72	31	61	40	**Sep-01**	**45.0**	**32.0**
Oct-01	120	63.1	21.3	45	40	71	42	51	64	**Oct-01**	**42.0**	**99.0**
Nov-01	108	45	23	35	40	40	29	55.3	29	**Nov-01**	**33.0**	**83.0**
Dec-01	73	20	9.3	20	30	25	115	60	48	**Dec-01**	**56.0**	**62.0**
Jan-02	24	2	1.8	0	22	5	8	1	0	**Jan-02**	**10.0**	**17.0**
Feb-02	34	2	10.1	0	11	35	21	9	45	**Feb-02**	**13.0**	**28.0**
Mar-02	26	44.4	17.6	30	68	30	55	50	46	**Mar-02**	**47.0**	**31.0**
Apr-02	43	45	25.8	41	55	45	106	131	65	**Apr-02**	**63.0**	**47.0**
May-02	21	45	29.8	35	67	47	33	99	57	**May-02**	**39.0**	**27.0**
Jun-02	26	16	19.1	25	30	20	124	58	30	**Jun-02**	**58.0**	**32.0**
Jul-02	53	45	4.7	0	9	60	42	50	55	**Jul-02**	**28.0**	**52.0**
Aug-02	110	45	8.7	7	20	32	86	42	62	**Aug-02**	**49.0**	**87.0**
Sep-02	47	45	21.7	8	34	70	25	74	105	**Sep-02**	**27.0**	**46.0**
Oct-02	69	50	31.2	25	25	105	98	71	79	**Oct-02**	**58.0**	**75.0**
Nov-02	41	40	5.4	25	27	30	39	66	86	**Nov-02**	**28.0**	**36.5**
Dec-02	54	64	31.6	15	32	60	50	29	34	**Dec-02**	**46.0**	**57.7**
Jan-03	9	0	0.1	0	24	6	4	0	50	**Jan-03**	**6.0**	**5.0**
Feb-03	30	46	8.6	0	45	40	74	9	33	**Feb-03**	**52.0**	**39.0**
Mar-03	70	55	28.3	8	15	20	101	42	93	**Mar-03**	**59.0**	**62.0**
Apr-03	65	45	23.3	15	80	143	81	124	56	**Apr-03**	**63.0**	**76.0**
May-03	46	40	11.7	10	49	93	104	73	81	**May-03**	**61.0**	**57.0**
Jun-03	67	65	30.7	12	54	137	76	116	180	**Jun-03**	**57.0**	**74.0**
Jul-03	35	30	20.3	10	32	33	26	37	55	**Jul-03**	**26.0**	**32.0**
Aug-03	17	35	18.6	40	36	50	38	47	59	**Aug-03**	**31.0**	**25.0**
Sep-03	26	80	18.5	20	45	40	83	49	75	**Sep-03**	**62.0**	**40.0**
Oct-03	90	80	46.3	40	75	80	85	130	80	**Oct-03**	**73.0**	**86.0**
Nov-03	104	40	42.8	40	21	90	76	130	93	**Nov-03**	**47.0**	**89.0**
Dec-03	100	40	27.7	50	10	135	21	78	30	**Dec-03**	**24.0**	**92.0**
Jan-04	60	4	29.7	0	10	35	49	14	24	**Jan-04**	**28.0**	**48.0**
Feb-04	38	30	8.8	0	5	30	130	57	13	**Feb-04**	**58.0**	**45.0**
Mar-04	50	75	8.7	40	21	2	51	9	30	**Mar-04**	**43.0**	**48.0**
Apr-04	87	45	21	45	57	85	76	132	106	**Apr-04**	**52.0**	**77.0**
May-04	70	45	30	55	30	100	45	92	106	**May-04**	**37.0**	**67.0**
Jun-04	51	45	4.5	5	12	11	48	20	33	**Jun-04**	**32.0**	**44.5**
Jul-04	31	30	8.2	0	35	20	15	25	60	**Jul-04**	**20.0**	**26.5**
Aug-04	55	10	5.6	10	50	80	25	66	72	**Aug-04**	**21.0**	**48.0**
Sep-04	56	25	34	40	41	63	32	80	138	**Sep-04**	**29.0**	**46.0**
Oct-04	49	40	29.1	40	47	100	44	65	45	**Oct-04**	**41.0**	**56.0**
Nov-04	85	77	33.6	45	28	45	75	40	70	**Nov-04**	**58.0**	**78.0**

Dec-04	67	30	3.1	10	43	46	18	20	26	**Dec-04**	**24.0**	**55.5**
Jan-05	40	17	15.5	50	18	36	24	22	30	**Jan-05**	**20.0**	**34.5**
Feb-05	68	23	12	52	16	22	14	7	13	**Feb-05**	**17.0**	**51.0**
Mar-05	60	8	5	40	21	34	35	71	40	**Mar-05**	**20.0**	**45.0**
Apr-05	101	63	31	60	41	87	111	74	145	**Apr-05**	**69.0**	**92.0**
May-05	80	47	21.4	8	78	35	90	50	83	**May-05**	**66.0**	**68.5**
Jun-05	32	40	57	60	35	70	25	22	54	**Jun-05**	**37.0**	**38.5**
Jul-05	23	32	18.4	24	31	40	25	135	67	**Jul-05**	**21.0**	**23.0**
Aug-05	40	35	14.3	20	17	80	65	134	70	**Aug-05**	**34.0**	**45.0**
Sep-05	43	35	21.7	65	60	105	42	134	72	**Sep-05**	**36.0**	**49.0**
Oct-05	74	93	33.2	70	40	61.8	43	48	73	**Oct-05**	**50.0**	**72.0**
Nov-05	59	85	44.4	50	30	55	59	80	140	**Nov-05**	**52.0**	**58.0**
Dec-05	57	40	5	50	21	23	48	27	20	**Dec-05**	**34.0**	**49.5**
Jan-06	84	55	11.2	23	11	91	48	123	49	**Jan-06**	**31.0**	**78.0**
Feb-06	30	46	3.3	0	18	20	10	35	1	**Feb-06**	**16.0**	**30.0**
Mar-06	33.3	60	37.2	65	30	150	68	119	90	**Mar-06**	**49.0**	**57.0**
Apr-06	63.1	68	29.7	30	91	62.1	103	95	106	**Apr-06**	**78.0**	**65.0**
May-06	110	22	35.5	24	33	80	73	60	106	**May-06**	**46.0**	**89.0**
Jun-06	74.5	20.4	5.9	20	12	58	40	59.6	48	**Jun-06**	**23.0**	**61.0**
Jul-06	24.9	30.4	24.6	25	41	150	48	83	106	**Jul-06**	**37.0**	**45.0**
Aug-06	61.7	42.3	41.3	10	60	50	87	68	81	**Aug-06**	**62.0**	**58.0**
Sep-06	83.4	56.5	14.7	20	50	45	81	55	53	**Sep-06**	**58.0**	**74.0**
Oct-06	133.9	59.7	34.8	40	37	80	37	93.7	110	**Oct-06**	**39.0**	**106.0**
Nov-06	75.9	55.2	18.8	36	46	85	87	112.1	50	**Nov-06**	**58.0**	**75.5**
Dec-06	31.9	10	3.4	20	11	34	42	103.5	26	**Dec-06**	**18.0**	**28.5**
Jan-07	3.5	36	13.5	15	56	0	24.4	11.2	1	**Jan-07**	**32.0**	**10.0**
Feb-07	5	0	2.7	40	7	0	14	4.1	27	**Feb-07**	**8.0**	**3.0**
Mar-07	61.2	60.2	11.6	40	57	86	90	67.6	104	**Mar-07**	**62.0**	**66.0**
Apr-07	55.3	32.2	17.2	19	38	100	117	102.5	133	**Apr-07**	**61.0**	**61.0**
May-07	80	47	21.4	8	78	35	90	50	83	**May-07**	**65.0**	**69.0**
Jun-07	15.2	30.2	7.1	1	14	37	49	43	104	**Jun-07**	**27.0**	**20.0**
Jul-07	61	40.2	10	10	26	50	19	86.2	70	**Jul-07**	**19.0**	**51.0**
Aug-07	32.5	55.1	18.2	50	60	100	29	87.5	104	**Aug-07**	**37.0**	**43.0**
Sep-07	34.4	45	22.1	20	39	60	25	127.4	50	**Sep-07**	**28.0**	**37.0**
Oct-07	80	45.4	27.8	40	53	63.7	24	61.7	56.4	**Oct-07**	**36.0**	**68.0**
Nov-07	55.9	50.3	12.3	60.7	48	59	68	69.6	87.7	**Nov-07**	**49.0**	**55.0**
Dec-07	44	10.3	6.4	35.1	16	36.8	49	43.1	45	**Dec-07**	**25.0**	**38.0**
Jan-08	26.2	16	3.6	20	7	26	29	9.1	20.2	**Jan-08**	**17.0**	**25.5**
Feb-08	32.4	18.4	14.8	18	35	37	40	19.4	10.4	**Feb-08**	**31.0**	**33.0**
Mar-08	46.4	33.2	12.5	27	28	56	80	65.5	44.5	**Mar-08**	**45.0**	**49.0**
Apr-08	26.4	30	26.1	35	28	76	67	88.5	45.3	**Apr-08**	**41.0**	**37.0**

May-08	137	34	19.8	38	48	74	75	124.9	86	**May-08**	**47.0**	**106.0**
Jun-08	137	1	15.1	25	33	66	18	40	63.3	**Jun-08**	**18.0**	**96.0**
Jul-08	50	39.2	55.1	23	53	51	86	75.1	130	**Jul-08**	**60.0**	**48.5**
Aug-08	58	40.5	41	25	42	54	65	39.9	66.8	**Aug-08**	**51.0**	**55.5**
Sep-08	25	30.2	31.3	40	119	61	36	49.6	90.2	**Sep-08**	**50.0**	**29.5**
Oct-08	67	45	24.2	40	34	78	50	73.4	96	**Oct-08**	**39.0**	**62.0**
Nov-08	91	45	43.3	38	105	72	43	68.9	102.6	**Nov-08**	**56.0**	**75.5**
Dec-08	84	15	5.3	23	0	18	48	70	71.4	**Dec-08**	**20.0**	**59.0**
Jan-09	87	25.3	11.2	24.4	28	39	38	60.5	9.7	**Jan-09**	**28.0**	**68.0**
Feb-09	45	16.3	21.5	28.3	47	41	58	19.7	23	**Feb-09**	**42.0**	**42.0**
Mar-09	92	21.1	27	43.8	55	95	62	83	35.3	**Mar-09**	**47.0**	**81.0**
Apr-09	64.7	15.2	24.8	61.9	42	50	91	64.8	100.2	**Apr-09**	**52.0**	**55.0**
May-09	54	56	37.3	65.1	41	80	65	69.5	55.5	**May-09**	**53.0**	**59.0**
Jun-09	60	13	27.3	47.2	28	48	40	71.2	89.8	**Jun-09**	**27.0**	**47.0**
Jul-09	50	13	18.6	41.2	4	75	50	26.6	151	**Jul-09**	**26.0**	**45.0**
Aug-09	34	11.4	20.8	47.1	60	46	52	84.5	110.5	**Aug-09**	**37.0**	**30.0**
Sep-09	28	49.9	20.4	55.4	43	42	59	108.2	62.5	**Sep-09**	**43.0**	**33.5**
Oct-09	57	36.5	15.7	37	46	100	88	108.3	113.5	**Oct-09**	**53.0**	**61.0**
Nov-09	112	50.8	26.4	35	49	56.4	94	67.6	60	**Nov-09**	**63.0**	**94.0**
Dec-09	119	23.5	22	21	18	36.1	55	59.8	117	**Dec-09**	**33.0**	**85.0**
Jan-10	53	0	0.3	1	0	24.6	27	9.8	0	**Jan-10**	**13.0**	**40.0**
Feb-10	33	11	10.5	33	14	31	28	31.3	40	**Feb-10**	**18.0**	**28.0**
Mar-10	109	70.6	5.3	23	30	39	43	22.9	77	**Mar-10**	**39.0**	**88.0**
Apr-10	91	28.2	12.8	33	33	95	70	67.4	104.6	**Apr-10**	**41.0**	**80.0**
May-10	120	40.4	32.5	60	50	108	77	104.6	82.6	**May-10**	**54.0**	**103.0**
Jun-10	47	63.3	17.8	30	30	47	60	58.5	90.5	**Jun-10**	**44.0**	**49.0**
Jul-10	46	35	23	83	54	33	50	40.6	82.7	**Jul-10**	**40.0**	**40.0**
Aug-10	47	39	20.2	24	30	34	88	45.1	61.1	**Aug-10**	**51.0**	**47.0**
Sep-10	53	43	24.3	41	55	50	45	46.7	125.5	**Sep-10**	**42.0**	**47.0**
Oct-10	79	42.7	39.6	30	30	67	55	81	103.3	**Oct-10**	**41.0**	**68.0**
Nov-10	89	47.2	48.6	65	47	118	50	71.5	40.4	**Nov-10**	**49.0**	**86.0**
Dec-10	145	35	47.6	58	53	90	50	78.4	50	**Dec-10**	**48.0**	**114.0**
Jan-11	40	15	7.8	25	16	29	45	13.4	11.1	**Jan-11**	**27.0**	**36.5**
Feb-11	62	55	18.1	20	18	51	55	91.5	28.4	**Feb-11**	**37.0**	**59.0**
Mar-11	110	15	31.8	24	32	115	72	82	37.4	**Mar-11**	**44.0**	**96.0**
Apr-11	140	82	28.3	73	75	129	96	127.5	50.2	**Apr-11**	**76.0**	**128.0**
May-11	151	67.5	24.7	40	69	59	47	57.1	45.5	**May-11**	**53.0**	**118.0**
Jun-11	47.3	37.2	23.1	45	22	65	25	46.7	78.2	**Jun-11**	**25.0**	**45.0**
Jul-11	38.6	15.2	26.4	27	23	60	105	98.8	88.8	**Jul-11**	**50.0**	**42.0**
Aug-11	41.3	17.2	15.5	38	33	67	122	85.7	40.5	**Aug-11**	**59.0**	**49.0**
Sep-11	48.3	20.3	67.2	21	45	66	55	38.3	34.5	**Sep-11**	**49.0**	**49.0**

Oct-11	58.3	27.5	43.5	28	41	46	55	61.6	79.6	**Oct-11**	**42.0**	**50.0**
Nov-11	55.2	51.5	40.3	30	50	53	60	112	154.5	**Nov-11**	**47.0**	**49.5**
Dec-11	38.5	45.2	26.2	38	43	80	45	114.4	56	**Dec-11**	**37.0**	**45.0**
Jan-12	24.6	8.3	2	17	4	18	64	15.2	0	**Jan-12**	**27.0**	**26.0**
Feb-12	30.5	2.1	2	5	4	2	10	8.3	4	**Feb-12**	**6.0**	**20.0**
Mar-12	42.8	54.5	18.5	44.3	33	79	120	85.6	62.6	**Mar-12**	**67.0**	**57.0**
Apr-12	56.2	81.5	20.7	62	49	51	47	117.5	64.7	**Apr-12**	**45.0**	**56.5**
May-12	63.8	66.2	43.9	35	39	51	60	43.4	93.8	**May-12**	**53.0**	**61.0**
Jun-12	47.1	51.2	8.2	5	43	111	29	117.8	47.8	**Jun-12**	**28.0**	**56.0**
Jul-12	18	14.2	5.5	0	21	40	28	36.2	52	**Jul-12**	**18.0**	**20.5**
Aug-12	36	15.6	57	32	23	26	29	20.6	64	**Aug-12**	**30.0**	**30.0**
Sep-12	9	26.2	25.1	2	48	30	24	29.1	64.9	**Sep-12**	**29.0**	**14.0**
Oct-12	10	26.9	57.5	65	45	175	73	64.5	72.3	**Oct-12**	**54.0**	**43.0**
Nov-12	57	6.3	20.7	30	54	95	94	65.7	72.5	**Nov-12**	**53.0**	**58.0**
Dec-12	40.9	6.1	5	17	6	37	34	22.9	20	**Dec-12**	**17.0**	**35.0**
Jan-13	38	22.7	6.8	5	0	1	25	0	14	**Jan-13**	**16.0**	**30.0**
Feb-13	46	26.2	17.8	15	40	58	54	64	80.2	**Feb-13**	**37.0**	**44.0**
Mar-13	59	15.6	8	8	31	78	43	74.3	72.8	**Mar-13**	**27.0**	**53.0**
Apr-13	71	35.3	24.3	22	44	60	116	95.2	87.6	**Apr-13**	**64.0**	**67.0**
May-13	73	49.4	9	33	41	77	81	73.8	66.6	**May-13**	**51.0**	**71.0**
Jun-13	59	44	3.2	10	12	21	55	81.2	40.3	**Jun-13**	**31.0**	**50.0**
Jul-13	42	22.2	9	8	23	40	59	29.2	27	**Jul-13**	**35.0**	**41.0**
Aug-13	49	21.2	30.1	26	33	54	39	87.3	70	**Aug-13**	**29.5**	**43.0**
Sep-13	59	19.1	45.1	42	23	87	63	64.2	71.3	**Sep-13**	**40.0**	**57.0**
Oct-13	77	37.5	61.6	13	22	70	38	74.1	48.5	**Oct-13**	**37.0**	**67.0**
Nov-13	70	65.5	0	50	46	82	55	41	75	**Nov-13**	**46.0**	**70.0**
Dec-13	64	12.2	32.8	11	48	19	68	26.2	20.1	**Dec-13**	**47.0**	**51.0**
Jan-14	25	35.5	2.7	6	21	60	66	39.7	9.2	**Jan-14**	**38.0**	**37.0**
Feb-14	27.2	32.1	31.7	6	30	52	45	91.5	106.6	**Feb-14**	**32.5**	**29.5**
Mar-14	36	28.2	29.5	14	32	56	50	17.7	48	**Mar-14**	**38.0**	**39.5**
Apr-14	29	34.3	10.4	31	48	67	62	91.1	30.8	**Apr-14**	**42.0**	**38.0**
May-14	102	39.1	19.5	15	38	89	84	70	52.7	**May-14**	**52.0**	**91.0**
Jun-14	37	63.1	5	3	3	21	23	55.3	19.1	**Jun-14**	**21.0**	**37.0**
Jul-14	24	10.2	0.9	5	0	16	19	25.5	19.3	**Jul-14**	**9.0**	**20.0**
Aug-14	72	50.4	35.2	10	23	110	45	20.4	112	**Aug-14**	**40.0**	**72.0**
Sep-14	57	30.5	22.8	33	61	78	58	50.3	60	**Sep-14**	**48.0**	**56.0**
Oct-14	148	63.6	26.6	28	49	68	105	116.1	104	**Oct-14**	**68.0**	**119.0**
Nov-14	76	51.4	14.8	30	44	35	31	105.5	140.5	**Nov-14**	**29.0**	**57.0**
Dec-14	45	5.1	7.5	7	32	5	30	87.8	21.7	**Dec-14**	**18.0**	**30.0**
Jan-15	49	7.2	9	13	5	72	16	38.5	73.1	**Jan-15**	**9.0**	**42.0**
Feb-15	87	33.1	13.4	20	13	57	76	91.9	55	**Feb-15**	**39.0**	**73.0**

Mar-15	111	38.4	32.5	34	31	58	51	54	39.3	Mar-15	41.0	88.0
Apr-15	78	35.5	30.5	16	64	60	30	140.5	39.3	Apr-15	35.0	63.0
May-15	70	41.5	9.7	9	35	110	32	94.3	91.8	May-15	27.0	67.0
Jun-15	7	20.7	5.7	14	26	21	18	24.6	15	Jun-15	17.0	12.0
Jul-15	23	90.2	24	14	23	33	14	21	46	Jul-15	31.0	34.0
Aug-15	63	23.3	6	27	45	83	23	23.8	28.5	Aug-15	26.0	58.0
Sep-15	31	60.5	25	10	41	53	26	60	65	Sep-15	33.0	37.0
Oct-15	66	45.2	25.6	21	35	126	37	51.7	66.5	Oct-15	36.0	71.0
Nov-15	53	70.2	49	14	41	102	61	55	63.5	Nov-15	56.0	65.0
Dec-15	30	0	9.2	18	32	27	34	25.5	20.7	Dec-15	23.0	25.0
Jan-16	76	10.4	5.9	13	7	17	25	7.7	4.6	Jan-16	16.0	55.0
Feb-16	8	10.2	4.7	20	34	10	12	4.6	4	Feb-16	16.0	9.0
Mar-16	44	40.5	11.7	17	30	43	50	38.5	20.7	Mar-16	37.0	45.0
Apr-16	76	40.5	56.1	46	39	74	65	54.9	74.2	Apr-16	52.0	70.0
May-16	77	22.2	43.8	39	49	40	39	77.1	61.2	May-16	37.0	59.0
Jun-16	178	45.2	16.6	13	53	133	34	78.7	112	Jun-16	36.0	140.0
Jul-16	28	0	17.2	14	18	34	19	31.5	48.2	Jul-16	14.0	23.0
Aug-16	94	10.1	15.5	27	26	53	99	30.9	21.8	Aug-16	113.0	78.0
Sep-16	88	46.4	16.5	40	16	35	25	25.2	80	Sep-16	25.0	68.0
Oct-16	89	89.2	38	38	57	80	74	64.9	60.8	Oct-16	67.0	88.0
Nov-16	85	35.4	57.2	39	83	97	77	92.9	70.7	Nov-16	66.0	79.0
Dec-16	26	0	38.2	54	26	45	35	48.5	50.5	Dec-16	26.0	24.0
Jan-17	53	40.2	23.3	65	14	22	35	69	5.3	Jan-17	27.0	45.0
Feb-17	10	40.1	3.6	11	61	29	25	13.8	0	Feb-17	33.0	20.0
Mar-17	105	45.5	23.1	40	49	70	64	68.7	50.5	Mar-17	50.0	88.0
Apr-17	52	45.5	55.2	23	39	29	75	42.5	50.5	Apr-17	56.0	50.0
May-17	57	56.2	22.8	34	55	84	94	94.5	100.8	May-17	62.0	62.5
Jun-17	51	35.1	9	50	26	61	45	58.5	80.8	Jun-17	31.0	48.0
Jul-17	46	21.4	14.7	11	70	47	15	34.1	100.9	Jul-17	27.0	37.0
Aug-17	40	24.2	28.5	26	48	60	46	46.3	104.6	Aug-17	38.0	39.0
Sep-17	82	37.2	27.7	34	36	43	76	51.4	140.8	Sep-17	49.0	66.0
Oct-17	79	55.3	35.5	16	53	143	97	102.3	130.8	Oct-17	66.0	86.0
Nov-17	105	53.2	26.7	45	70	48	62	140	100.5	Nov-17	52.0	82.0
Dec-17	61	0	4.7	8	12	3	75	95.5	90.2	Dec-17	27.0	41.0
Jan-18	68	25.4	17.3	15	23	2	21	75.4	23.3	Jan-18	19.0	47.0
Feb-18	2	9.9	2	9	0	13	18	27.3	0	Feb-18	8.0	6.0
Mar-18	52	36.4	21.8	60	49	70	45	44.2	100.3	Mar-18	40.0	50.0
Apr-18	90	67.5	34.3	30	44	65	45	71.5	90.8	Apr-18	45.0	78.0
May-18	50	52.2	29.5	56	64	90	69	72.5	100.8	May-18	57.0	56.0
Jun-18	37	15.5	18.2	10	27	63	36	38.6	60.2	Jun-18	26.0	37.0
Jul-18	77	15.1	6.6	4	12	31	10	92.5	40.8	Jul-18	7.0	54.0

Aug-18	37	69	14.8	8	24	48	62	68.4	30.6	**Aug-18**	**45.0**	**46.0**
Sep-18	46	24.2	11.9	31	35	40	48	36.3	90.5	**Sep-18**	**33.0**	**40.0**
Oct-18	160	78.2	44.5	66	55	68	89	83.8	40.5	**Oct-18**	**72.0**	**131.0**
Nov-18	47	50.3	13.2	32	22	56	79	61.3	55.2	**Nov-18**	**47.0**	**52.0**
Dec-18	52	30.4	10.2	7	16	25	79	27.9	36.5	**Dec-18**	**43.0**	**48.0**
Jan-19	21	36.5	11.2	13	21	4	35	3.9	21.1	**Jan-19**	**29.0**	**22.0**
Feb-19	145	43.3	12.7	16	14	54	15	36.3	28.4	**Feb-19**	**21.0**	**108.0**
Mar-19	72	77.5	10.2	10	66	44	45	79.5	88.1	**Mar-19**	**47.0**	**65.0**
Apr-19	73	60.5	35.6	68	81	73	79	91.6	83.2	**Apr-19**	**67.0**	**71.0**
May-19	47	57.3	29.6	37	54	130	82	99	128.2	**May-19**	**59.0**	**62.0**
Jun-19	36	54.4	13.9	8	37	44	24	86	63	**Jun-19**	**27.0**	**37.0**
Jul-19	62	8.1	5.6	5	14	52	20	38	28.4	**Jul-19**	**13.0**	**50.0**
Aug-19	39	13.8	7.4	0	16	65	39	62.7	48.5	**Aug-19**	**21.0**	**39.0**
Sep-19	29	24.3	37.1	48	48	52	42	52.5	96.9	**Sep-19**	**37.0**	**30.0**
Oct-19	59	40.2	28.5	37	92	79	48	83.7	69.9	**Oct-19**	**51.0**	**57.0**
Nov-19	69	55.1	8.2	39	32	37	37	45	30.4	**Nov-19**	**34.0**	**60.0**
Dec-19	66	61.2	22.8	13	19	70	47	39.1	28.4	**Dec-19**	**39.0**	**66.5**
Jan-20	63	100.1	18.3	29	9	75	86	56.9	17.4	**Jan-20**	**127.0**	**75.5**
Feb-20	43	38.3	12.6	8	3	3	30	20.7	0	**Feb-20**	**23.0**	**36.5**
Mar-20	25	66.5	12.5	24	34	25	14	23	20	**Mar-20**	**28.0**	**31.0**
Apr-20	66	20.1	61.8	37	104	48	19	56.4	21.2	**Apr-20**	**48.0**	**53.0**
May-20	60	10.1	59.7	44	35	80	57	53.2	76.4	**May-20**	**42.0**	**55.0**
Jun-20	110	50.4	46.4	39	59	85	104	92.4	26.4	**Jun-20**	**73.0**	**99.0**
Jul-20	15	25.2	41	27	48	35	30	62.9	114	**Jul-20**	**32.0**	**16.5**
Aug-20	65	102.2	45.7	36	27	73	56	101.5	87.5	**Aug-20**	**53.0**	**70.0**
Sep-20	39	45.6	55	65	39	65	81	64.7	75	**Sep-20**	**58.0**	**47.0**
Oct-20	96	15.2	60.6	42	30	65	156	99.8	99	**Oct-20**	**176.0**	**84.0**
Nov-20	58	30.2	59.2	37	38	105	52	104.5	76.2	**Nov-20**	**43.5**	**60.0**
Dec-20	62	5.2	38.4	5	1	36	43	10.2	38.2	**Dec-20**	**26.0**	**49.0**
Jan-21	5	0	22.2	7	0	4	6	10.2	17.2	**Jan-21**	**6.0**	**3.7**
Feb-21	49	13.5	27.6	11	9	38	38	39.5	5.7	**Feb-21**	**24.0**	**42.5**
Mar-21	26	75.5	6.8	42	33	98	63	34.7	40.1	**Mar-21**	**50.0**	**49.0**
Apr-21	80	42	25.6	44	76	73	66	141.9	85.2	**Apr-21**	**52.0**	**70.0**
May-21	101	99.5	58.7	35	49	91	67	75.4	160.3	**May-21**	**66.0**	**94.0**
Jun-21	51	33.2	18.4	105	37	67	37	32.8	103.9	**Jun-21**	**33.0**	**47.0**
Jul-21	40	25.2	14.5	12	30	50	49	98.3	39.2	**Jul-21**	**30.0**	**39.0**
Aug-21	80	40.2	27	25	39	84	73	69.8	66.2	**Aug-21**	**51.0**	**75.0**
Sep-21	152	51.2	34.3	42	56	93	44	52.2	49.9	**Sep-21**	**48.0**	**122.0**
Oct-21	47	25.3	24.4	27	26	80	68	72.4	55.6	**Oct-21**	**40.0**	**51.0**
Nov-21	136	120.5	62.5	26	81	107	58	114.2	36.9	**Nov-21**	**75.0**	**126.0**
Dec-21	98	6.2	2.6	8	9	35	27	4.7	14.6	**Dec-21**	**15.0**	**71.0**

Jan-22	23	18.5	3.8	21	6	16	28	4.3	27.7	**Jan-22**	**17.0**	**22.0**
Feb-22	54	55.2	11.5	6	11	30	35	29.6	63.5	**Feb-22**	**28.0**	**49.0**
Mar-22	56	35.2	14.5	15	45	75	87	59.8	41.5	**Mar-22**	**54.0**	**60.0**
Apr-22	81	100	40	46	75	52	85	78.3	132.5	**Apr-22**	**76.0**	**78.5**
May-22	45	22.5	47	38	85	64	71	127	48.8	**May-22**	**58.0**	**45.0**
Jun-22	70	16.5	23.5	14	43	62	17	78.4	183.2	**Jun-22**	**20.0**	**50.0**
Jul-22	60	105	11.2	15	47	62	39	82.9	72.5	**Jul-22**	**44.0**	**64.5**
Aug-22	80	40.2	27	25	39	84	73	69.8	66.2	**Aug-22**	**50.0**	**75.0**
Sep-22	54	30.3	35.5	34	39	38	39	42.4	151.1	**Sep-22**	**34.5**	**42.0**
Oct-22	81	91.1	22	49	25	58	76	82.6	35.5	**Oct-22**	**56.0**	**80.0**
Nov-22	55	45.5	50	45	69	55	56	53.3	36.5	**Nov-22**	**56.0**	**54.0**
Dec-22	24	18.5	4.5	4	24	3	14	1.2	2.1	**Dec-22**	**16.0**	**20.0**
Jan-23	62	36.8	14.5	27	50	35	35	27.1	40.2	**Jan-23**	**36.0**	**52.0**
Feb-23	57	5.5	4	0	8	3	19	14	53.7	**Feb-23**	**11.0**	**37.0**
Mar-23	56	40.5	26.2	40	76	104	48	49.6	42.8	**Mar-23**	**51.0**	**62.0**
Apr-23	83	55.2	18	43	24	132	50	92.6	141.1	**Apr-23**	**36.0**	**81.0**
May-23	45	25.5	44	68	65	19	67	26.3	74.5	**May-23**	**55.0**	**38.0**
Jun-23	49.3	47.3	18.5	55	33	35	37	88	110.1	**Jun-23**	**31.0**	**42.0**
Jul-23	55	10.1	7	18	28	64	49	66	56.3	**Jul-23**	**28.0**	**48.0**
Aug-23	34	49.8	28	25	23	34	53	58.9	31.5	**Aug-23**	**40.0**	**38.0**
Sep-23	63	30.3	21	39	25	33	38	101	43.5	**Sep-23**	**27.0**	**50.0**
Oct-23	56	60.1	31.5	55	37	72	137	74.2	89.2	**Oct-23**	**79.0**	**66.0**
Nov-23	61	55.4	24.3	24	38	58	46	73.3	86.6	**Nov-23**	**40.0**	**57.0**
Dec-23	136	19.4	10.4	8	26	100	83	87.7	62.3	**Dec-23**	**42.0**	**111.0**
Jan-24	0	10.5	0	15	7	0	55	10.7	0	**Jan-24**	**24.0**	**7.0**
Feb-24	82	32	31	12	76	18	43	28.4	4.9	**Feb-24**	**48.0**	**64.0**
Mar-24	43	17	24.2	14	23	19	29	25.9	17.4	**Mar-24**	**24.5**	**35.0**
Apr-24	83	55.2	18	43	24	132	50	92.6	141.1	**Apr-24**	**36.0**	**82.0**
May-24	123	39	35.5	25	57	75	68	70.1	67.6	**May-24**	**55.0**	**100.0**
Jun-24	76	40	35	12	45	63	67	112.5	199.3	**Jun-24**	**45.0**	**62.0**
Jul-24	72	50	26	10	35	119	38	61.2	96.3	**Jul-24**	**36.0**	**73.0**
Aug-24	38	7	16.6	32	18	58	31	38.1	62.3	**Aug-24**	**20.0**	**35.0**
Sep-24	62	44	25	39	33	62	55	60.2	34	**Sep-24**	**42.0**	**60.0**
Oct-24	70	32	13.4	23	34	78	105	96.7	98.3	**Oct-24**	**56.0**	**67.0**
Nov-24	98	81	40	48	64	104	60	108.5	121.1	**Nov-24**	**58.0**	**91.0**
Dec-24	138	45	2	39	23	110	42	109	60.6	**Dec-24**	**28.0**	**113.0**
Jan-25	6	6	8	7	40	25	28	11.5	30.5	**Jan-25**	**23.0**	**10.0**
Feb-25	47	35	11.6	10	16	26	30	15.9	12	**Feb-25**	**25.0**	**42.0**
Mar-25	71	31	20	41	18	47	70	36.8	65	**Mar-25**	**42.0**	**62.0**
Apr-25	144	31	17.2	35	51	91	40	88.5	80	**Apr-25**	**36.0**	**111.0**
May-25	86	29	13.5	41	60	51	124	79.4	95	**May-25**	**70.0**	**74.0**

Jun-25	73	37	37	64	60	43	66	98.6	146.3	**Jun-25**	**50.0**	**58.0**
Jul-25	11	20	9.6	5	32	58	32	28.6	63.2	**Jul-25**	**25.0**	**20.0**
Aug-25	70	30	15.7	20	42	63	65	56.4	102.2	**Aug-25**	**43.0**	**61.0**
Sep-25	40	22	15.8	80	28	30	71	36.1	139.3	**Sep-25**	**39.0**	**34.0**
Oct-25	86	32	22.4	20	50	58	19	70.5	70.3	**Oct-25**	**28.0**	**67.0**
Nov-25	79	55	25.5	40	60	124	60.4	148	74.6	**Nov-25**	**49.0**	**80.0**
Dec-25	63.60	26.4	13	35	40	52	47.3	77.8	41.5	**Dec-25**	**35.0**	**55.0**

5.2 CALCULO DEL Q95 YQ50 EN LA QUEBRADA EL CARAÑO: CAPTACIÓN EXISTENTE.

5.2.1 Caudal con el 95% del tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales.

La curva de duración de caudales es el resultado del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios en el sitio de captación de un proyecto de suministro de agua. Se estima que, si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentará durante la vida útil de la captación.

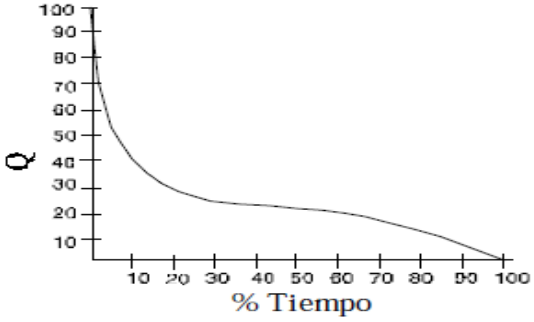
La curva de duración es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q, como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva.

Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P, de cualquier descarga (o valor de clase), Q, es:

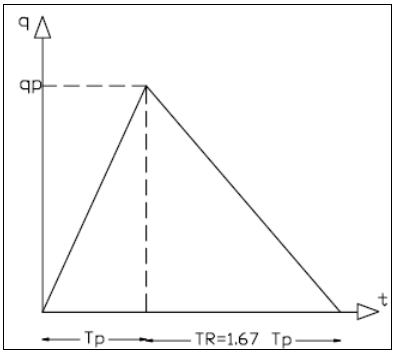
$$P = \frac{m}{N} \times 100$$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la siguiente figura.



5.2.1.1 Transformación de precipitaciones en caudal por el método del número de curva CSC.

HIDROGRAMA PARA LA LLUVIA BASE



$$q_P = \frac{2Q}{T_P + T_R} \qquad q_p = 0.75\frac{Q}{T_P}$$

$$T_C = 0.95\left[\frac{L^3}{H}\right]^{0.385} \qquad T_P = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$q_P = 0{,}208\frac{A \times Q}{T_P}\left(m^3/s\right)$$

Tabla 68. Valores máximos mensuales de precipitaciones en 24 horas: cuenca hidrográfica quebrada El Caraño.

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) EN 24 HORAS CUENCA HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA EL CARAÑO: CAPTACIÓN EXISTENTE. LA ESPERANZA, NORTE DE SANTANDER.													
AÑO	**ENERO**	**FEBRERO**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**JULIO**	**AGOST**	**SEPTIE**	**OCTUB**	**NOVIE**	**DICIEM**	**VR ANUAL**
1985	9.0	47.5	29.0	42.0	94.0	81.0	16.5	40.5	71.0	66.0	29.0	26.0	94
1986	17.0	44.0	66.5	70.0	68.0	50.0	13.6	21.3	56.5	77.0	39.0	13.5	77
1987	34.2	85.0	120.0	32.0	75.0	55.5	49.0	29.0	86.0	2.0	51.0	76.2	120
1988	2.0	44.5	9.0	38.0	67.0	51.0	64.0	78.0	66.0	60.0	95.0	84.0	95
1989	67.5	9.5	77.0	86.0	87.0	68.0	36.0	55.0	48.0	108.0	49.0	73.0	108
1990	59.5	51.0	50.0	61.5	45.5	50.0	26.5	28.5	35.0	51.5	43.0	62.0	62
1991	6.5	54.0	55.0	34.0	39.5	45.0	27.0	43.0	130.0	95.5	81.0	36.0	130
1992	36.0	5.7	26.5	46.0	40.0	75.0	42.0	23.0	55.0	67.0	40.0	48.0	75
1993	54.0	36.0	79.0	78.0	67.0	46.0	42.0	47.0	49.0	46.5	83.0	47.0	83
1994	47.5	31.5	45.0	55.0	78.0	26.5	89.0	27.0	60.0	85.0	71.0	37.0	89
1995	8.0	29.0	104.0	53.0	61.0	45.0	46.0	54.0	52.0	78.0	62.0	32.5	104
1996	27.5	43.0	94.5	49.0	64.0	80.0	41.0	23.0	60.0	61.0	52.0	95.0	95
1997	55.0	49.5	29.5	34.0	40.0	119.0	31.0	27.0	94.0	82.0	47.0	31.0	119
1998	23.0	100.0	70.0	89.0	102.0	70.0	54.0	44.0	50.0	65.0	71.5	43.0	102
1999	62.0	50.0	43.0	64.5	78.0	48.0	41.0	32.0	67.5	56.0	72.0	90.0	90
2000	23.0	50.0	71.0	53.0	52.0	24.0	26.0	28.0	53.2	45.0	43.0	44.0	71
2001	44.0	6.0	32.0	50.0	119.0	27.0	27.0	45.0	32.0	99.0	83.0	62.0	119
2002	17.0	28.0	31.0	47.0	27.0	32.0	52.0	87.0	46.0	75.0	36.5	57.7	87
2003	5.0	39.0	62.0	76.0	57.0	74.0	32.0	25.0	40.0	86.0	89.0	92.0	92
2004	48.0	45.0	48.0	77.0	67.0	44.5	26.5	48.0	46.0	56.0	78.0	55.5	78
2005	34.5	51.0	45.0	92.0	68.5	38.5	23.0	45.0	49.0	72.0	58.0	49.5	92
2006	78.0	30.0	57.0	65.0	89.0	61.0	45.0	58.0	74.0	106.0	75.5	28.5	106
2007	10.0	3.0	66.0	61.0	69.0	20.0	51.0	43.0	37.0	68.0	55.0	38.0	69

2008	25.5	33.0	49.0	37.0	106.0	96.0	48.5	55.5	29.5	62.0	75.5	59.0	106
2009	68.0	42.0	81.0	55.0	59.0	47.0	45.0	30.0	33.5	61.0	94.0	85.0	94
2010	40.0	28.0	88.0	80.0	103.0	49.0	40.0	47.0	47.0	68.0	86.0	114.0	114
2011	36.5	59.0	96.0	128.0	118.0	45.0	42.0	49.0	49.0	50.0	49.5	45.0	128
2012	26.0	20.0	57.0	56.5	61.0	56.0	20.5	30.0	14.0	43.0	58.0	35.0	61
2013	30.0	44.0	53.0	67.0	71.0	50.0	41.0	43.0	57.0	67.0	70.0	51.0	71
2014	37.0	29.5	39.5	38.0	91.0	37.0	20.0	72.0	56.0	119.0	57.0	30.0	119
2015	42.0	73.0	88.0	63.0	67.0	12.0	34.0	58.0	37.0	71.0	65.0	25.0	88
2016	55.0	9.0	45.0	70.0	59.0	140.0	23.0	78.0	68.0	88.0	79.0	24.0	140
2017	45.0	20.0	88.0	50.0	62.5	48.0	37.0	39.0	66.0	86.0	82.0	41.0	88
2018	47.0	6.0	50.0	78.0	56.0	37.0	54.0	46.0	40.0	131.0	52.0	48.0	131
2019	22.0	108.0	65.0	71.0	62.0	37.0	50.0	39.0	30.0	57.0	60.0	66.5	108
2020	75.5	36.5	31.0	53.0	55.0	99.0	16.5	70.0	47.0	84.0	60.0	49.0	99
2021	3.7	42.5	49.0	70.0	94.0	47.0	39.0	75.0	122.0	51.0	126.0	71.0	126
2022	22.0	49.0	60.0	78.5	45.0	50.0	64.5	75.0	42.0	80.0	54.0	20.0	80
2023	52.0	37.0	62.0	81.0	38.0	42.0	48.0	38.0	50.0	66.0	57.0	111.0	111
2024	7.0	64.0	35.0	82.0	100.0	62.0	73.0	35.0	60.0	67.0	91.0	113.0	113
2025	10.0	42.0	62.0	111.0	74.0	58.0	20.0	61.0	34.0	67.0	80.0	55.0	111
MEDIO	36.4	40.1	58.4	64.1	68.9	53.7	40.5	45.9	53.6	72.7	67.3	55.3	98.3
MAXIM	78.0	108.0	104.0	128.0	119.0	140.0	89.0	87.0	130.0	131.0	126.0	114.0	140.0
MINIM	3.7	3.0	26.5	34.0	27.0	12.0	16.5	23.0	14.0	43.0	36.5	20.0	61.0

Tabla 69. Valores medios mensuales de caudal: quebrada El Caraño.

VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES QUEBRADA EL CARAÑO(m^3/seg) CAPTACIÓN EXISTENTE, LA ESPERANZA. NORTE DE SANTANDER												
AÑO	**ENERO**	**FEBRE**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**JULIO**	**AGOST**	**SEPTI**	**OCTUB**	**NOVIE**	**DICIE**
1985	0.007	0.015	2.338	0.789	2.337	0.057	0.261	0.220	0.568	1.425	0.050	1.552
1986	0.107	0.244	0.043	2.301	0.842	0.510	0.029	0.016	1.416	3.958	0.609	0.015
1987	0.027	0.489	0.002	1.491	3.053	0.455	0.000	0.029	4.757	1.890	1.006	0.361
1988	0.324	0.677	0.061	1.151	1.496	0.128	0.066	1.631	1.323	1.178	2.550	0.209
1989	0.007	0.677	0.904	0.663	2.078	1.064	0.147	0.029	2.908	3.815	1.006	1.451
1990	0.281	0.205	0.171	1.774	0.002	0.568	0.029	0.029	0.568	2.309	1.690	0.140
1991	0.031	0.017	1.143	1.291	1.446	0.205	0.210	0.742	1.368	5.563	1.446	0.049
1992	0.008	0.017	0.086	0.568	1.368	0.367	0.414	0.742	0.323	1.368	0.682	0.086
1993	0.086	0.002	0.682	1.607	2.216	0.140	0.463	0.017	0.281	0.414	2.888	0.002
1994	0.045	0.017	0.515	0.515	1.607	0.045	0.086	0.242	1.947	4.849	1.860	0.031
1995	0.031	0.099	1.690	1.774	0.742	0.868	0.742	0.140	0.934	2.035	0.002	0.205
1996	0.002	0.045	1.526	1.216	0.086	3.508	1.143	0.242	0.934	3.831	0.624	0.742
1997	0.682	0.140	2.035	1.607	1.291	1.690	0.008	0.017	3.402	1.002	0.742	0.017
1998	0.242	0.868	0.045	2.035	3.723	0.868	0.002	0.140	0.742	0.742	0.804	1.072
1999	0.205	0.242	0.804	1.216	2.216	0.029	0.367	0.031	1.291	1.947	2.035	0.568
2000	0.031	0.171	0.029	0.045	2.789	0.140	0.064	0.140	2.035	0.171	0.804	0.414
2001	0.367	0.503	0.804	0.568	3.402	0.682	0.022	0.463	1.002	0.804	0.323	1.860
2002	0.168	0.072	1.143	2.497	0.624	2.035	0.140	1.291	0.112	2.035	0.140	1.072
2003	0.368	1.526	2.125	2.497	2.309	1.947	0.086	0.242	2.402	3.508	1.143	0.045
2004	0.140	2.035	0.868	1.526	0.515	0.281	0.002	0.008	0.171	0.742	2.035	0.045
2005	0.002	0.008	0.002	3.091	2.789	0.515	0.008	0.367	0.463	1.368	1.526	0.367
2006	0.242	0.017	1.291	4.052	1.072	0.029	0.515	2.402	2.035	0.624	2.035	0.002
2007	0.281	0.257	2.402	2.309	2.690	0.112	0.000	0.515	0.140	0.463	1.291	0.064
2008	0.008	0.242	1.002	0.742	1.143	0.002	2.216	1.446	1.368	0.624	1.860	0.002
2009	0.140	0.804	1.143	1.526	1.607	0.112	0.086	0.515	0.868	1.607	2.497	0.323
2010	0.072	0.002	0.624	0.742	1.690	0.934	0.682	1.446	0.804	0.742	1.291	1.216
2011	0.112	0.515	0.934	3.831	1.607	0.064	1.368	2.125	1.291	0.804	1.143	0.515
2012	0.112	0.368	2.888	1.002	1.607	0.140	0.002	0.205	0.171	1.690	1.607	0.008
2013	0.017	0.515	0.112	2.593	1.446	0.242	0.414	0.188	0.682	0.515	1.072	1.143
2014	0.568	0.302	0.568	0.804	1.526	0.008	0.210	0.682	1.216	2.989	0.171	0.002
2015	0.210	0.624	0.742	0.414	0.112	0.008	0.242	0.086	0.323	0.463	1.860	0.029

2016	0.017	0.017	0.515	1.526	0.515	0.463	0.049	8.377	0.064	2.888	2.789	0.086
2017	0.125	0.383	1.525	1.918	2.934	0.231	0.128	0.343	1.598	2.769	1.375	0.113
2018	0.000	0.235	0.700	0.947	2.292	0.079	0.286	0.642	0.349	3.521	0.990	1.013
2019	0.195	0.008	1.245	3.227	2.539	0.103	0.071	0.004	0.576	1.284	0.284	0.704
2020	22.725	0.031	0.129	1.178	0.840	4.668	0.337	1.097	2.701	30.886	0.758	0.086
2021	0.328	0.049	1.525	1.526	3.505	0.314	0.242	0.972	1.494	0.553	3.959	0.028
2022	0.008	0.158	1.944	4.550	2.414	0.002	1.246	0.912	0.427	1.717	1.729	0.016
2023	0.564	0.124	1.625	0.405	2.057	0.231	0.162	0.419	0.114	4.512	0.557	0.931
2024	0.049	1.640	0.048	0.405	2.057	1.083	0.577	0.001	0.940	1.717	1.921	0.143
2025	0.031	0.071	0.840	0.405	4.127	1.539	0.072	0.547	0.711	0.102	1.137	0.451

DATOS SIN VALOR = 0
 # DE DATOS = 492
V MÍNIMO = 0.00000051
V MÁXIMO = 30.885628
Δ = 1.24

Tabla 70. Duración de caudales: quebrada El Caraño.

Nº	Intervalo de clases (m^3/seg)		Limite inferior del intervalo Q_{min} (m^3/seg)	Numero de ocurrencia en intervalo	Numero de veces en q $Q \geq Q_{min}$	% de tiempo $Q \geq Q_{min}$
1	0.100	1.339	0.100	216	333	100.0
2	1.340	2.579	1.340	84	117	35.1
3	2.580	3.819	2.580	21	33	9.9
4	3.820	5.059	3.82	8	12	3.6
5	5.060	6.299	5.06	1	4	1.2
6	6.300	7.539	6.3	0	3	0.9
7	7.540	8.779	7.54	1	3	0.9
8	8.780	10.019	8.78	0	2	0.6
9	10.020	11.259	10.02	0	2	0.6
10	11.260	12.499	11.26	0	2	0.6
11	12.500	13.739	12.5	0	2	0.6
12	13.740	14.979	13.74	0	2	0.6
13	14.980	16.219	14.98	0	2	0.6
14	16.220	17.459	16.22	0	2	0.6
15	17.460	18.699	17.46	0	2	0.6
16	18.700	19.939	18.7	0	2	0.6
17	19.940	21.179	19.94	0	2	0.6
18	21.180	22.419	21.18	0	2	0.6
19	22.420	23.659	22.42	1	2	0.6
20	23.660	24.899	23.66	0	1	0.3
21	24.900	26.139	24.9	0	1	0.3
22	26.140	27.379	26.14	0	1	0.3
23	27.380	28.619	27.38	0	1	0.3
24	28.620	29.859	28.62	0	1	0.3
25	29.860	31.099	29.860	1	1	0.3

5.2.1.2 Caudal 95% y 50% calculados.

El caudal con un porcentaje en el tiempo igual o superior al 95% y 50% en la quebrada El Caraño en el sitio de la captación existente es de **0.2m³/s y 1.1m³/s.**

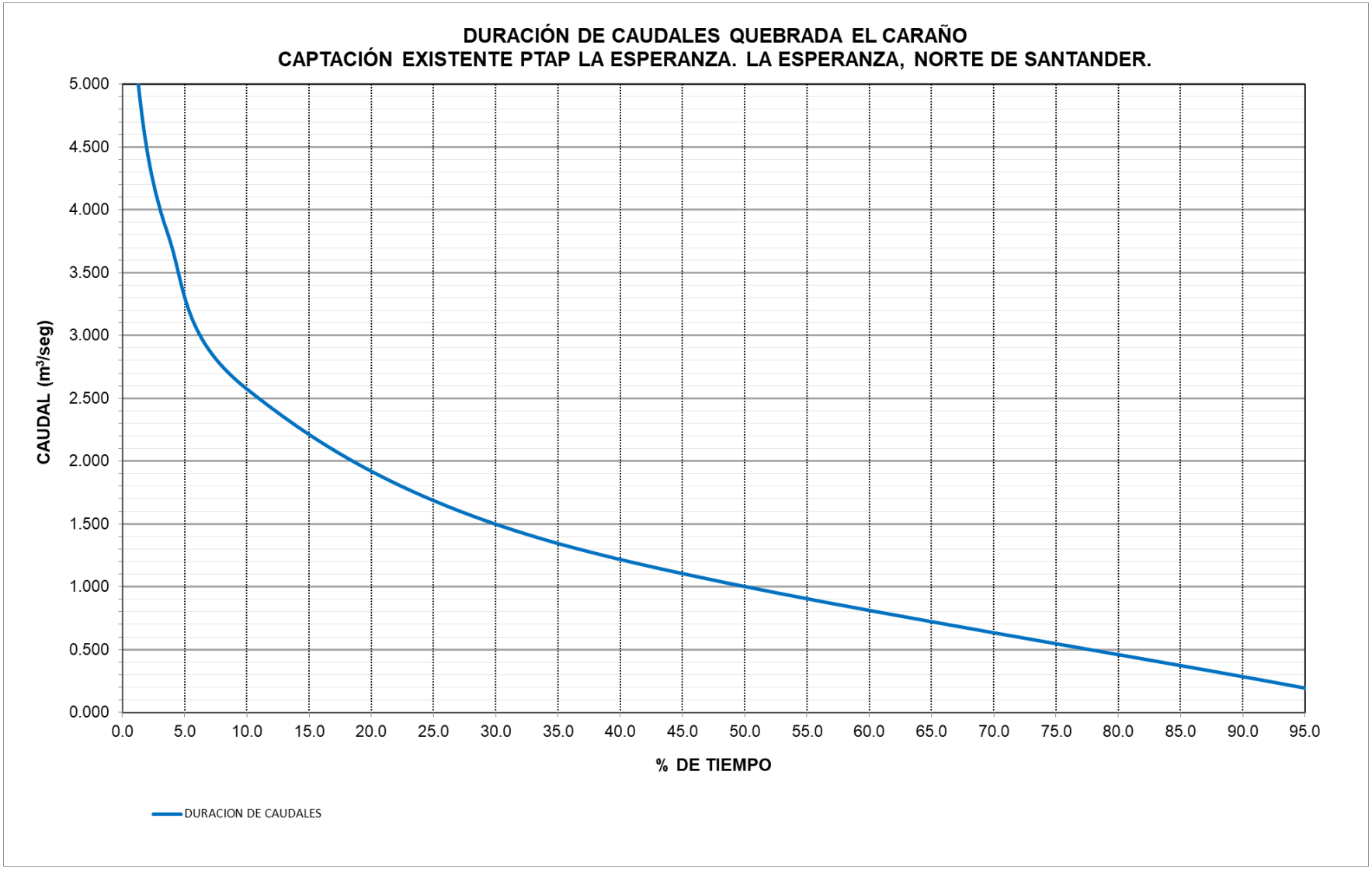


Figura 16. Curva de duración de caudales en la captación existente: quebrada El Caraño.

5.3 CALCULO DEL Q95 YQ50 EN EL RIO SAN PABLO: CAPTACIÓN NUEVA.

5.2.1 Caudal con el 95% del tiempo de excedencia en la curva de duración de caudales.

La curva de duración de caudales es el resultado del análisis de frecuencias de la serie histórica de caudales medios diarios en el sitio de captación de un proyecto de suministro de agua. Se estima que, si la serie histórica es suficientemente buena, la curva de duración es representativa del régimen de caudales medios de la corriente y por lo tanto puede utilizarse para pronosticar el comportamiento del régimen futuro de caudales, o sea el régimen que se presentará durante la vida útil de la captación.

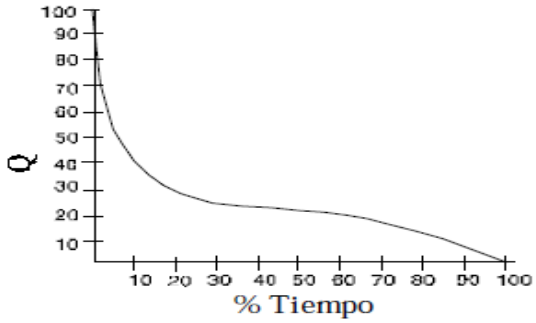
La curva de duración es un procedimiento gráfico para el análisis de la frecuencia de los datos de caudales y representa la frecuencia acumulada de ocurrencia de un caudal determinado. Es una gráfica que tiene el caudal, Q, como ordenada y el número de días del año (generalmente expresados en % de tiempo) en que ese caudal, Q, es excedido o igualado, como abscisa. La ordenada Q para cualquier porcentaje de probabilidad, representa la magnitud del flujo en un año promedio, que espera que sea excedido o igualado un porcentaje, P del tiempo.

Los datos de caudal medio anual, mensual o diario se pueden usar para construir la curva.

Los caudales se disponen en orden descendente, usando intervalos de clase si el número de valores es muy grande. Si N es el número de datos, la probabilidad de excedencia, P, de cualquier descarga (o valor de clase), Q, es:

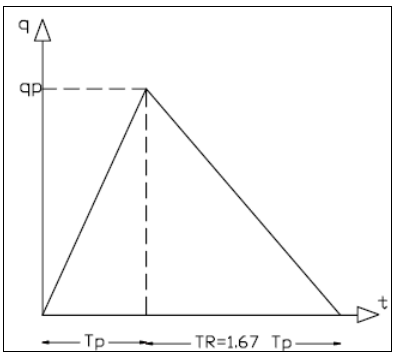
$$P = \frac{m}{N} \times 100$$

Siendo m el número de veces que se presenta en ese tiempo el caudal. Si se dibuja el caudal contra el porcentaje de tiempo en que éste es excedido o igualado se tiene una gráfica como la mostrada en la siguiente figura.



5.2.1.1 Transformación de precipitaciones en caudal por el método del número de curva CSC.

HIDROGRAMA PARA LA LLUVIA BASE



$$q_P = \frac{2Q}{T_P + T_R} \qquad q_p = 0.75\frac{Q}{T_P}$$

$$T_C = 0.95\left[\frac{L^3}{H}\right]^{0.385} \qquad T_P = \frac{t_r}{2} + t_p$$

$$q_P = 0{,}208\frac{A \times Q}{T_P}\left(m^3/s\right)$$

Tabla 71. Valores máximos mensuales de precipitaciones en 24 horas: cuenca hidrográfica rio San Pablo.

VALORES MÁXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms) EN 24 HORAS CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RIO SAN PABLO: CAPTACIÓN NUEVA. LA ESPERANZA, NORTE DE SANTANDER.													
AÑO	**ENERO**	**FEBRE**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**JULIO**	**AGOS**	**SEPTIE**	**OCTU**	**NOVIE**	**DICIE**	**VR ANUAL**
1985	21.0	16.0	56.0	43.0	54.0	25.0	31.0	30.0	38.0	52.0	25.0	49.0	56
1986	27.0	31.0	24.0	60.0	40.0	37.0	15.0	22.0	49.0	74.0	40.0	16.0	74
1987	23.0	36.0	20.0	52.0	59.0	36.0	19.0	15.0	74.0	57.0	46.0	4.5	74
1988	5.0	39.0	13.0	48.0	47.0	28.0	25.0	49.0	48.0	49.0	62.0	30.0	62
1989	21.0	39.0	42.0	41.0	52.0	45.0	28.0	23.0	62.0	73.0	46.0	48.0	73
1990	32.0	30.0	29.0	55.0	18.0	38.0	23.0	23.0	38.0	61.0	54.0	28.0	61
1991	15.0	16.0	47.0	49.0	51.0	30.0	9.0	41.0	50.0	91.0	51.0	14.0	91
1992	21.0	22.0	26.0	38.0	50.0	34.0	35.0	41.0	33.0	50.0	40.0	26.0	50
1993	26.0	20.0	40.0	53.0	60.0	28.0	36.0	16.0	32.0	35.0	67.0	18.0	67
1994	24.0	22.0	37.0	37.0	53.0	24.0	26.0	31.0	57.0	85.0	56.0	15.0	85
1995	15.0	12.0	54.0	55.0	41.0	43.0	41.0	28.0	44.0	58.0	18.0	30.0	58
1996	20.0	24.0	52.0	48.0	26.0	73.0	47.0	31.0	44.0	76.0	39.0	41.0	76
1997	40.0	28.0	58.0	53.0	49.0	54.0	21.0	22.0	72.0	45.0	41.0	22.0	72
1998	31.0	43.0	24.0	58.0	75.0	43.0	20.0	28.0	41.0	41.0	42.0	46.0	75
1999	30.0	31.0	42.0	48.0	60.0	23.0	34.0	15.0	49.0	57.0	58.0	38.0	60
2000	15.0	29.0	23.0	24.0	66.0	28.0	25.0	28.0	58.0	29.0	42.0	35.0	66
2001	34.0	4.0	42.0	38.0	72.0	40.0	22.5	36.0	45.0	42.0	33.0	56.0	72
2002	10.0	13.0	47.0	63.0	39.0	58.0	28.0	49.0	27.0	58.0	28.0	46.0	63
2003	6.0	52.0	59.0	63.0	61.0	57.0	26.0	31.0	62.0	73.0	47.0	24.0	73
2004	28.0	58.0	43.0	52.0	37.0	32.0	20.0	21.0	29.0	41.0	58.0	24.0	58
2005	20.0	17.0	20.0	69.0	66.0	37.0	21.0	34.0	36.0	50.0	52.0	34.0	69
2006	31.0	16.0	49.0	78.0	46.0	23.0	37.0	62.0	58.0	39.0	58.0	18.0	78
2007	32.0	8.0	62.0	61.0	65.0	27.0	19.0	37.0	28.0	36.0	49.0	25.0	65
2008	17.0	31.0	45.0	41.0	47.0	18.0	60.0	51.0	50.0	39.0	56.0	20.0	60
2009	28.0	42.0	47.0	52.0	53.0	27.0	26.0	37.0	43.0	53.0	63.0	33.0	63
2010	13.0	18.0	39.0	41.0	54.0	44.0	40.0	51.0	42.0	41.0	49.0	48.0	54
2011	27.0	37.0	44.0	76.0	53.0	25.0	50.0	59.0	49.0	42.0	47.0	37.0	76
2012	27.0	6.0	67.0	45.0	53.0	28.0	18.0	30.0	29.0	54.0	53.0	17.0	67
2013	16.0	37.0	27.0	64.0	51.0	31.0	35.0	29.5	40.0	37.0	46.0	47.0	64
2014	38.0	32.5	38.0	42.0	52.0	21.0	9.0	40.0	48.0	68.0	29.0	18.0	68
2015	9.0	39.0	41.0	35.0	27.0	17.0	31.0	26.0	33.0	36.0	56.0	23.0	56
2016	16.0	16.0	37.0	52.0	37.0	36.0	14.0	113.0	25.0	67.0	66.0	26.0	113

2017	27.0	33.0	50.0	56.0	62.0	31.0	27.0	38.0	49.0	66.0	52.0	27.0	66
2018	19.0	8.0	40.0	45.0	57.0	26.0	7.0	45.0	33.0	72.0	47.0	43.0	72
2019	29.0	21.0	47.0	67.0	59.0	27.0	13.0	21.0	37.0	51.0	34.0	39.0	67
2020	127.0	23.0	28.0	48.0	42.0	73.0	32.0	53.0	58.0	176.0	43.5	26.0	176
2021	6.0	24.0	50.0	52.0	66.0	33.0	30.0	51.0	48.0	40.0	75.0	15.0	75
2022	17.0	28.0	54.0	76.0	58.0	20.0	44.0	50.0	34.5	56.0	56.0	16.0	76
2023	36.0	11.0	51.0	36.0	55.0	31.0	28.0	40.0	27.0	79.0	40.0	42.0	79
2024	24.0	48.0	24.5	36.0	55.0	45.0	36.0	20.0	42.0	56.0	58.0	28.0	58
2025	23.0	25.0	42.0	36.0	70.0	50.0	25.0	43.0	39.0	28.0	49.0	35.0	70
MEDIO	25.9	25.7	42.4	51.6	51.9	35.0	28.3	38.0	42.6	57.1	48.7	29.9	72.3
MAXIM	127.0	58.0	67.0	78.0	75.0	73.0	60.0	113.0	72.0	176.0	75.0	56.0	176.0
MINIM	6.0	4.0	20.0	24.0	18.0	17.0	7.0	15.0	25.0	29.0	18.0	14.0	50.0

Tabla 72. Valores medios mensuales de caudal: rio San Pablo.

VALORES MEDIOS MENSUALES DE CAUDALES RIO SAN PABLO(m^3/seg) CAPTACIÓN NUEVA. LA ESPERANZA, NORTE DE SANTANDER.												
AÑO	**ENERO**	**FEBRE**	**MARZO**	**ABRIL**	**MAYO**	**JUNIO**	**JULIO**	**AGOST**	**SEPTI**	**OCTUB**	**NOVIE**	**DICIE**
1985	0.857	0.094	93.709	32.712	94.953	3.443	12.586	10.824	24.625	56.807	2.995	63.570
1986	5.769	11.696	2.854	90.122	36.406	22.310	0.332	1.508	57.626	151.456	25.745	0.096
1987	2.011	21.736	0.477	59.557	122.537	20.110	0.207	0.332	184.030	74.323	41.105	10.219
1988	9.059	29.241	1.119	46.641	62.237	6.618	4.005	67.027	54.055	47.426	99.552	10.265
1989	0.857	29.241	38.245	27.831	84.903	44.026	7.698	2.207	114.446	146.167	41.105	59.631
1990	13.190	10.058	8.631	70.280	0.041	24.625	2.207	2.207	24.625	90.028	67.149	7.301
1991	0.364	0.110	46.670	52.251	58.054	10.058	5.315	31.374	55.126	207.786	58.054	0.771
1992	0.962	1.525	4.942	24.625	55.126	16.675	18.544	31.374	14.890	55.126	29.054	4.942
1993	4.942	0.525	29.054	64.067	86.627	7.301	20.493	0.110	13.190	18.544	111.268	0.041
1994	3.007	1.525	22.521	22.521	64.067	3.007	4.942	11.579	76.684	182.193	73.459	0.364
1995	0.364	2.068	67.149	70.280	31.374	36.219	31.374	7.301	38.739	79.954	0.041	10.058
1996	0.525	3.007	61.035	49.432	4.942	133.810	46.670	11.579	38.739	145.519	26.803	31.374
1997	29.054	7.301	79.954	64.067	52.251	67.149	0.962	1.525	129.969	41.322	31.374	1.525
1998	11.579	36.219	3.007	79.954	141.585	36.219	0.525	7.301	31.374	31.374	33.763	43.966
1999	10.058	11.579	33.763	49.432	86.627	2.207	16.675	0.364	52.251	76.684	79.954	24.625
2000	0.364	8.631	2.207	3.007	107.633	7.301	3.920	7.301	79.954	8.631	33.763	18.544
2001	16.675	14.669	33.763	24.625	129.969	29.054	1.851	20.493	41.322	33.763	14.890	73.459
2002	4.051	1.337	46.670	96.952	26.803	79.954	7.301	52.251	6.070	79.954	7.301	43.966
2003	10.288	61.035	83.269	96.952	90.028	76.684	4.942	11.579	93.470	133.810	46.670	3.007
2004	7.301	79.954	36.219	61.035	22.521	13.190	0.525	0.962	8.631	31.374	79.954	3.007
2005	0.525	0.004	0.525	118.645	107.633	22.521	0.962	16.675	20.493	55.126	61.035	16.675
2006	11.579	0.110	52.251	153.475	43.966	2.207	22.521	93.470	79.954	26.803	79.954	0.041
2007	13.190	6.771	93.470	90.028	104.034	6.070	0.216	22.521	7.301	20.493	52.251	3.920
2008	0.004	11.579	41.322	31.374	46.670	0.041	86.627	58.054	55.126	26.803	73.459	0.525
2009	7.301	33.763	46.670	61.035	64.067	6.070	4.942	22.521	36.219	64.067	96.952	14.890
2010	1.337	0.041	26.803	31.374	67.149	38.739	29.054	58.054	33.763	31.374	52.251	49.432
2011	6.070	22.521	38.739	145.519	64.067	3.920	55.126	83.269	52.251	33.763	46.670	22.521
2012	6.070	10.288	111.268	41.322	64.067	7.301	0.041	10.058	8.631	67.149	64.067	0.004
2013	0.110	22.521	6.070	100.474	58.054	11.579	18.544	9.333	29.054	22.521	43.966	46.670
2014	24.625	14.029	24.625	33.763	61.035	0.962	5.315	29.054	49.432	114.939	8.631	0.041
2015	5.315	26.803	31.374	18.544	6.070	0.004	11.579	4.942	14.890	20.493	73.459	2.207
2016	0.110	0.110	22.521	61.035	22.521	20.493	0.771	307.865	3.920	111.268	107.633	4.942
2017	6.856	17.870	61.890	75.888	115.527	11.027	7.021	14.474	65.600	106.841	54.703	6.134
2018	0.224	6.133	29.877	38.930	91.160	4.471	7.715	25.878	16.158	134.750	40.099	42.704
2019	9.952	1.019	51.075	125.068	100.561	5.549	1.321	0.476	25.398	51.221	12.721	30.473
2020	866.332	2.389	6.680	47.798	35.357	180.988	16.053	42.939	108.041	1132.496	31.223	4.942
2021	9.077	3.290	61.890	61.035	137.095	14.464	11.998	38.271	61.535	23.283	151.028	0.322
2022	0.004	8.332	77.924	174.396	95.803	0.445	52.750	36.038	19.379	67.515	68.015	0.098

2023	25.318	2.796	65.726	17.782	82.221	11.027	8.533	17.397	6.199	171.399	23.456	39.453
2024	3.290	68.055	3.042	17.782	82.221	44.866	25.929	0.257	39.873	67.515	75.214	7.454
2025	2.389	4.335	35.357	17.782	160.509	62.480	4.439	22.284	30.798	5.206	45.669	20.302

DATOS SIN VALOR =	0
# DE DATOS =	492
V MÍNIMO =	0.00394273
V MÁXIMO =	1132.496198
Δ = 45.30	

Tabla 73. Duración de caudales: rio San Pablo.

Nº	Intervalo de clases (m^3/seg)		Limite inferior del intervalo Q_{min} (m^3/seg)	Numero de ocurrencia en intervalo	Numero de veces en q $Q \geq Q_{min}$	% de tiempo $Q \geq Q_{min}$
1	0.100	45.399	0.100	265	406	100.0
2	45.400	90.699	45.400	99	141	34.7
3	90.700	135.999	90.700	28	42	10.3
4	136.000	181.299	136	9	14	3.4
5	181.300	226.599	181.3	2	5	1.2
6	226.600	271.899	226.6	0	3	0.7
7	271.900	317.199	271.9	1	3	0.7
8	317.200	362.499	317.2	0	2	0.5
9	362.500	407.799	362.5	0	2	0.5
10	407.800	453.099	407.8	0	2	0.5
11	453.100	498.399	453.1	0	2	0.5
12	498.400	543.699	498.4	0	2	0.5
13	543.700	588.999	543.7	0	2	0.5
14	589.000	634.299	589	0	2	0.5
15	634.300	679.599	634.3	0	2	0.5
16	679.600	724.899	679.6	0	2	0.5
17	724.900	770.199	724.9	0	2	0.5
18	770.200	815.499	770.2	0	2	0.5
19	815.500	860.799	815.5	0	2	0.5
20	860.800	906.099	860.8	1	2	0.5
21	906.100	951.399	906.1	0	1	0.2
22	951.400	996.699	951.4	0	1	0.2
23	996.700	1041.999	996.7	0	1	0.2
24	1042.000	1087.299	1042	0	1	0.2
25	1087.300	1132.599	1087.300	1	1	0.2

5.2.1.2 Caudal 95% y 50% calculados.

El caudal con un porcentaje en el tiempo igual o superior al 95% y 50% en el rio San Pablo en el sitio de la captación nueva es de **3.6m^3/s y 34.8m^3/s.**

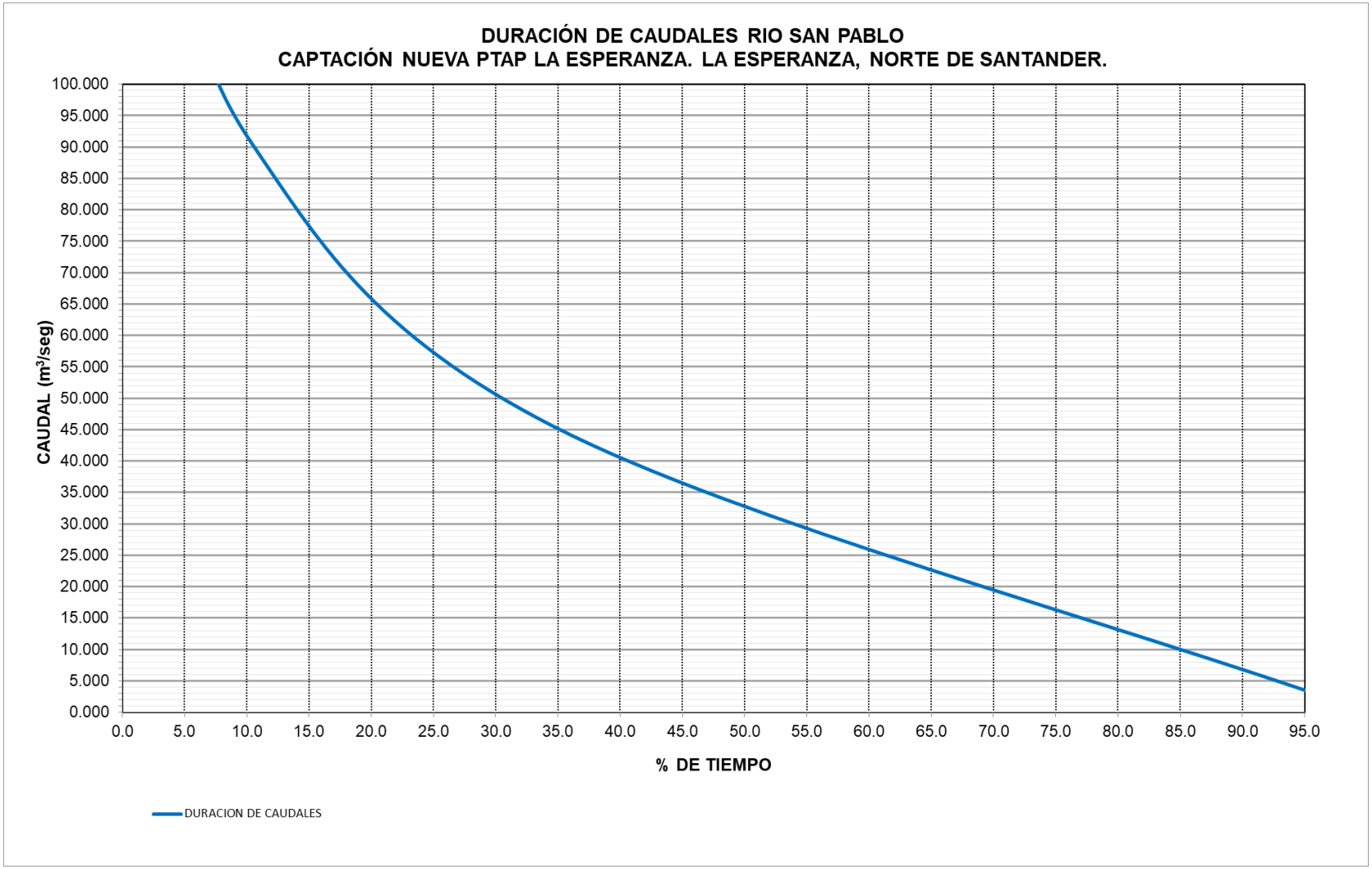


Figura 17. Curva de duración de caudales en la captación nueva: rio San Pablo.

6. CALCULO DEL CAUDAL AMBIENTAL: QUEBRADA EL CARAÑO Y RIO SAN PABLO.

Se conoce como caudal ecológico o caudal ambiental a la cantidad, ritmo y calidad de agua que un río o cuerpo de agua necesita para mantener la salud de sus ecosistemas, incluyendo su flora, fauna y procesos naturales, así como los beneficios que estos ecosistemas proveen a las personas.
Su objetivo es garantizar la sostenibilidad de los ríos al asegurar que la vida acuática y la vegetación de las riberas puedan prosperar, junto con la provisión de servicios ambientales y culturales para el bienestar humano.

6.1 MÉTODO DEL PERÍMETRO MOJADO.

El método del perímetro mojado es una técnica hidráulica para estimar el caudal mínimo (o rango de caudales) que debe mantenerse en un río para asegurar condiciones mínimas de hábitat acuático, basándose en la relación entre el perímetro mojado de la sección transversal del cauce y el caudal.

El perímetro mojado (en una sección transversal del canal) es la longitud total del contorno del canal que está en contacto con el agua (fondo + laterales sumando las partes mojadas).
La idea básica es que a medida que aumenta el caudal, el perímetro mojado crece, ampliando el hábitat utilizable (más fondo y márgenes activas). Pero ese crecimiento no es lineal indefinidamente: en cierto punto, aumentos del caudal producen incrementos muy pequeños del perímetro mojado (se llega a la “banca llena”).
Ese punto de inflexión (o punto crítico) en la curva perímetro mojado vs. Caudal se considera un umbral de sostenibilidad para funciones ecológicas (producción de alimento bentónico, corredores laterales, conectividad) y se toma como “caudal ecológico recomendado” o “mínimo ecológico”.

Para el desarrollo de la metodología; se toma como caudal base, el calculado para el 95% del tiempo en la curva de duración de caudales en el sitio de la captación existente y captación propuesta.

6.1.1 Caudal ambiental en la quebrada El Caraño: captación existente.

Para el desarrollo de la metodología se modelo en el software HEC-RAS 6.6 el área donde está ubicada la captación existente, para este fin se contó con la topografía de la quebrada en el sitio en mención y el caudal Q95.

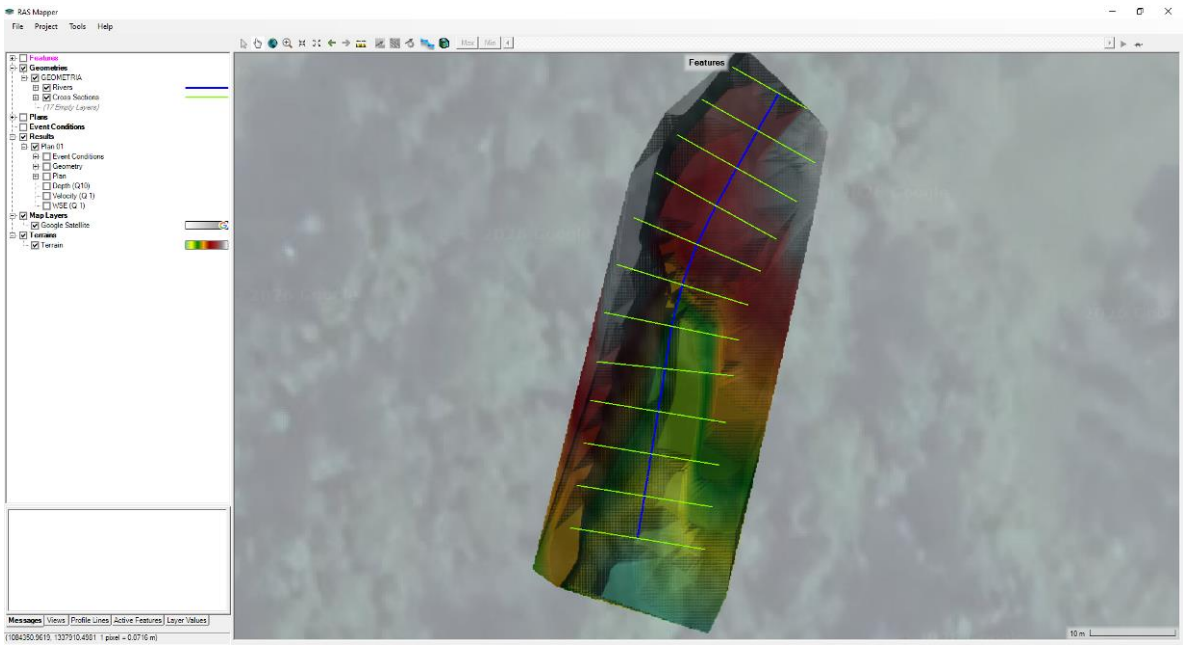


Figura 18. Modelación hidráulica quebrada El Caraño con el Q95 calculado.

Tabla 74. Resultados modelación hidráulica del Q95 quebrada El Caraño.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
QDA_CARANO	54.9913	Q 1	0.02	299.57	299.76	299.63	299.76	0.012766	0.04	0.5	5.14	0.04
QDA_CARANO	54.9913	Q 2	0.04	299.57	299.81	299.64	299.81	0.015866	0.05	0.78	6.27	0.05
QDA_CARANO	54.9913	Q 3	0.06	299.57	299.84	299.66	299.84	0.019663	0.06	0.97	7.02	0.05
QDA_CARANO	54.9913	Q 4	0.08	299.57	299.86	299.66	299.86	0.023274	0.07	1.13	7.51	0.06
QDA_CARANO	54.9913	Q 5	0.1	299.57	299.88	299.67	299.88	0.026253	0.08	1.3	8.41	0.06
QDA_CARANO	54.9913	Q 6	0.12	299.57	299.89	299.68	299.89	0.029584	0.08	1.44	9.06	0.07
QDA_CARANO	54.9913	Q 7	0.14	299.57	299.91	299.68	299.91	0.031174	0.09	1.57	9.27	0.07
QDA_CARANO	54.9913	Q 8	0.16	299.57	299.92	299.69	299.92	0.033053	0.1	1.68	9.33	0.07
QDA_CARANO	54.9913	Q 9	0.18	299.57	299.93	299.7	299.93	0.034361	0.1	1.78	9.4	0.07
QDA_CARANO	54.9913	Q10	0.2	299.57	299.94	299.7	299.94	0.035859	0.11	1.88	9.45	0.08
QDA_CARANO	49.99133	Q 1	0.02	299.5	299.51	299.51	299.51	19.9998	0.3	0.07	8.31	1.06
QDA_CARANO	49.99133	Q 2	0.04	299.5	299.52	299.51	299.52	4.540461	0.25	0.16	8.34	0.59
QDA_CARANO	49.99133	Q 3	0.06	299.5	299.54		299.54	0.717265	0.17	0.35	8.4	0.27
QDA_CARANO	49.99133	Q 4	0.08	299.5	299.56		299.56	0.333967	0.15	0.53	8.45	0.19
QDA_CARANO	49.99133	Q 5	0.1	299.5	299.58		299.58	0.23342	0.15	0.68	8.5	0.17
QDA_CARANO	49.99133	Q 6	0.12	299.5	299.6		299.6	0.178722	0.15	0.82	8.54	0.15
QDA_CARANO	49.99133	Q 7	0.14	299.5	299.61		299.61	0.146227	0.15	0.96	8.58	0.14
QDA_CARANO	49.99133	Q 8	0.16	299.5	299.63		299.63	0.125635	0.15	1.09	8.62	0.13
QDA_CARANO	49.99133	Q 9	0.18	299.5	299.64		299.64	0.114326	0.15	1.2	8.65	0.13
QDA_CARANO	49.99133	Q10	0.2	299.5	299.66		299.66	0.102562	0.15	1.32	8.69	0.12

QDA_CARANO	44.99136	Q 1	0.02	299	299.19	299.04	299.19	0.012224	0.04	0.46	3.97	0.04
QDA_CARANO	44.99136	Q 2	0.04	299	299.25		299.25	0.015224	0.06	0.71	4.91	0.05
QDA_CARANO	44.99136	Q 3	0.06	299	299.29		299.29	0.017139	0.07	0.92	5.51	0.05
QDA_CARANO	44.99136	Q 4	0.08	299	299.32		299.32	0.018638	0.07	1.09	5.93	0.05
QDA_CARANO	44.99136	Q 5	0.1	299	299.34		299.34	0.019708	0.08	1.26	6.29	0.06
QDA_CARANO	44.99136	Q 6	0.12	299	299.37		299.37	0.020626	0.09	1.41	6.61	0.06
QDA_CARANO	44.99136	Q 7	0.14	299	299.39		299.39	0.021415	0.09	1.56	6.9	0.06
QDA_CARANO	44.99136	Q 8	0.16	299	299.41		299.41	0.022039	0.09	1.7	7.17	0.06
QDA_CARANO	44.99136	Q 9	0.18	299	299.43		299.43	0.0226	0.1	1.83	7.42	0.06
QDA_CARANO	44.99136	Q10	0.2	299	299.45		299.45	0.022912	0.1	1.97	7.67	0.06
QDA_CARANO	39.99097	Q 1	0.02	299	299.07	299.02	299.07	0.066206	0.07	0.29	4.56	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 2	0.04	299	299.11	299.02	299.11	0.059423	0.08	0.48	5.15	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 3	0.06	299	299.14		299.14	0.054815	0.09	0.65	5.63	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 4	0.08	299	299.17		299.17	0.052293	0.1	0.81	6.03	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 5	0.1	299	299.19		299.19	0.050672	0.1	0.95	6.41	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 6	0.12	299	299.21		299.22	0.050208	0.11	1.09	6.73	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 7	0.14	299	299.23		299.24	0.049054	0.11	1.22	7.05	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 8	0.16	299	299.25		299.25	0.04802	0.12	1.36	7.38	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q 9	0.18	299	299.27		299.27	0.047581	0.12	1.49	7.67	0.09
QDA_CARANO	39.99097	Q10	0.2	299	299.3		299.3	0.037937	0.11	1.74	8.22	0.08
QDA_CARANO	34.99333	Q 1	0.02	298.58	298.74	298.63	298.74	0.069084	0.09	0.22	2.4	0.09
QDA_CARANO	34.99333	Q 2	0.04	298.58	298.79	298.65	298.79	0.070893	0.11	0.37	2.95	0.1
QDA_CARANO	34.99333	Q 3	0.06	298.58	298.83	298.67	298.83	0.073455	0.12	0.48	3.33	0.1
QDA_CARANO	34.99333	Q 4	0.08	298.58	298.86	298.68	298.86	0.074564	0.13	0.59	3.65	0.11
QDA_CARANO	34.99333	Q 5	0.1	298.58	298.89	298.69	298.89	0.075438	0.14	0.7	3.93	0.11
QDA_CARANO	34.99333	Q 6	0.12	298.58	298.91	298.7	298.91	0.075875	0.15	0.8	4.17	0.11
QDA_CARANO	34.99333	Q 7	0.14	298.58	298.93	298.71	298.93	0.077108	0.16	0.89	4.39	0.11
QDA_CARANO	34.99333	Q 8	0.16	298.58	298.95	298.72	298.95	0.077798	0.16	0.98	4.59	0.11
QDA_CARANO	34.99333	Q 9	0.18	298.58	298.97	298.72	298.97	0.078387	0.17	1.06	4.78	0.11
QDA_CARANO	34.99333	Q10	0.2	298.58	299.04	298.73	299.04	0.081929	0.13	1.57	11.26	0.11
QDA_CARANO	29.99564	Q 1	0.02	297.5	297.53	297.53	297.54	12.18252	0.52	0.04	1.4	1.01
QDA_CARANO	29.99564	Q 2	0.04	297.5	297.54	297.54	297.57	11.80216	0.68	0.06	1.44	1.06
QDA_CARANO	29.99564	Q 3	0.06	297.5	297.56	297.56	297.59	9.539066	0.73	0.08	1.5	1
QDA_CARANO	29.99564	Q 4	0.08	297.5	297.57	297.57	297.6	9.163283	0.8	0.1	1.56	1
QDA_CARANO	29.99564	Q 5	0.1	297.5	297.58	297.58	297.62	8.793826	0.85	0.12	1.61	1
QDA_CARANO	29.99564	Q 6	0.12	297.5	297.59	297.59	297.63	8.959969	0.91	0.13	1.65	1.03
QDA_CARANO	29.99564	Q 7	0.14	297.5	297.6	297.6	297.65	8.215115	0.93	0.15	1.7	1
QDA_CARANO	29.99564	Q 8	0.16	297.5	297.61	297.61	297.66	8.045107	0.97	0.17	1.74	1
QDA_CARANO	29.99564	Q 9	0.18	297.5	297.62	297.62	297.67	7.881409	1	0.18	1.77	1
QDA_CARANO	29.99564	Q10	0.2	297.5	297.63	297.63	297.68	7.858674	1.03	0.19	1.8	1
QDA_CARANO	24.99806	Q 1	0.02	296.5	296.71	296.53	296.71	0.009	0.04	0.46	3.12	0.04
QDA_CARANO	24.99806	Q 2	0.04	296.5	296.78	296.54	296.78	0.011138	0.06	0.7	3.72	0.04
QDA_CARANO	24.99806	Q 3	0.06	296.5	296.83	296.56	296.83	0.012326	0.07	0.91	4.17	0.05
QDA_CARANO	24.99806	Q 4	0.08	296.5	296.87	296.57	296.87	0.013148	0.07	1.09	4.54	0.05
QDA_CARANO	24.99806	Q 5	0.1	296.5	296.91	296.58	296.91	0.013843	0.08	1.27	4.85	0.05

QDA_CARANO	24.99806	Q 6	0.12	296.5	296.94	296.59	296.94	0.014411	0.08	1.43	5.13	0.05
QDA_CARANO	24.99806	Q 7	0.14	296.5	296.97	296.59	296.97	0.014788	0.09	1.58	5.38	0.05
QDA_CARANO	24.99806	Q 8	0.16	296.5	297	296.6	297	0.015226	0.09	1.73	5.61	0.05
QDA_CARANO	24.99806	Q 9	0.18	296.5	297.02	296.61	297.02	0.015571	0.1	1.86	5.76	0.05
QDA_CARANO	24.99806	Q10	0.2	296.5	297.04	296.62	297.05	0.015626	0.1	1.99	5.81	0.05
QDA_CARANO	20.00038	Q 1	0.02	296.5	296.66		296.67	0.008072	0.04	0.51	3.7	0.03
QDA_CARANO	20.00038	Q 2	0.04	296.5	296.73		296.73	0.010547	0.05	0.74	4.15	0.04
QDA_CARANO	20.00038	Q 3	0.06	296.5	296.77		296.77	0.01206	0.06	0.94	4.5	0.04
QDA_CARANO	20.00038	Q 4	0.08	296.5	296.81		296.81	0.013098	0.07	1.12	4.79	0.05
QDA_CARANO	20.00038	Q 5	0.1	296.5	296.84		296.84	0.014079	0.08	1.28	5.04	0.05
QDA_CARANO	20.00038	Q 6	0.12	296.5	296.87		296.87	0.014872	0.08	1.43	5.25	0.05
QDA_CARANO	20.00038	Q 7	0.14	296.5	296.9		296.9	0.015546	0.09	1.57	5.44	0.05
QDA_CARANO	20.00038	Q 8	0.16	296.5	296.92		296.92	0.016243	0.09	1.7	5.61	0.05
QDA_CARANO	20.00038	Q 9	0.18	296.5	296.94		296.94	0.016795	0.1	1.82	5.78	0.06
QDA_CARANO	20.00038	Q10	0.2	296.5	296.96		296.96	0.01724	0.1	1.95	5.93	0.06
QDA_CARANO	15.00019	Q 1	0.02	296.5	296.59		296.59	0.033238	0.06	0.34	4.04	0.06
QDA_CARANO	15.00019	Q 2	0.04	296.5	296.64		296.64	0.031324	0.07	0.55	4.41	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 3	0.06	296.5	296.68		296.68	0.03012	0.08	0.73	4.7	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 4	0.08	296.5	296.71		296.71	0.030407	0.09	0.88	4.93	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 5	0.1	296.5	296.74		296.74	0.030032	0.1	1.03	5.15	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 6	0.12	296.5	296.77		296.77	0.029995	0.1	1.16	5.35	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 7	0.14	296.5	296.79		296.79	0.030083	0.11	1.29	5.52	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 8	0.16	296.5	296.81		296.81	0.029898	0.11	1.42	5.69	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q 9	0.18	296.5	296.83		296.83	0.030443	0.12	1.53	5.84	0.07
QDA_CARANO	15.00019	Q10	0.2	296.5	296.85		296.85	0.030858	0.12	1.64	5.97	0.07
QDA_CARANO	10.0002	Q 1	0.02	296.32	296.45	296.36	296.46	0.023191	0.05	0.39	4.15	0.05
QDA_CARANO	10.0002	Q 2	0.04	296.32	296.5	296.38	296.5	0.024845	0.07	0.6	4.69	0.06
QDA_CARANO	10.0002	Q 3	0.06	296.32	296.54	296.38	296.54	0.026528	0.08	0.77	5.02	0.06
QDA_CARANO	10.0002	Q 4	0.08	296.32	296.57	296.39	296.57	0.027512	0.09	0.93	5.29	0.07
QDA_CARANO	10.0002	Q 5	0.1	296.32	296.6	296.4	296.6	0.02851	0.09	1.07	5.54	0.07
QDA_CARANO	10.0002	Q 6	0.12	296.32	296.62	296.4	296.62	0.029378	0.1	1.2	5.75	0.07
QDA_CARANO	10.0002	Q 7	0.14	296.32	296.64	296.41	296.64	0.03013	0.11	1.33	5.95	0.07
QDA_CARANO	10.0002	Q 8	0.16	296.32	296.66	296.41	296.66	0.031331	0.11	1.44	6.12	0.07
QDA_CARANO	10.0002	Q 9	0.18	296.32	296.67		296.67	0.033101	0.12	1.53	6.25	0.08
QDA_CARANO	10.0002	Q10	0.2	296.32	296.69		296.69	0.034571	0.12	1.62	6.37	0.08
QDA_CARANO	5.000199	Q 1	0.02	296	296.02	296.02	296.03	13.00387	0.43	0.05	2.42	0.99
QDA_CARANO	5.000199	Q 2	0.04	296	296.03	296.03	296.05	11.88125	0.54	0.07	2.56	1.01
QDA_CARANO	5.000199	Q 3	0.06	296	296.04	296.04	296.06	10.54557	0.6	0.1	2.67	1
QDA_CARANO	5.000199	Q 4	0.08	296	296.05	296.05	296.07	10.04656	0.66	0.12	2.77	1
QDA_CARANO	5.000199	Q 5	0.1	296	296.06	296.06	296.08	9.614396	0.7	0.14	2.86	1
QDA_CARANO	5.000199	Q 6	0.12	296	296.06	296.06	296.09	9.43064	0.74	0.16	2.94	1
QDA_CARANO	5.000199	Q 7	0.14	296	296.07	296.07	296.1	9.231119	0.77	0.18	3.02	1.01
QDA_CARANO	5.000199	Q 8	0.16	296	296.08	296.08	296.11	6.591271	0.72	0.22	3.18	0.87
QDA_CARANO	5.000199	Q 9	0.18	296	296.11	296.08	296.12	3.470064	0.6	0.3	3.46	0.66
QDA_CARANO	5.000199	Q10	0.2	296	296.13	296.09	296.14	2.269809	0.54	0.37	3.7	0.54

QDA_CARANO	0	Q 1	0.02	295.5	295.64	295.52	295.64	0.010018	0.04	0.52	4.59	0.04
QDA_CARANO	0	Q 2	0.04	295.5	295.71	295.53	295.71	0.010004	0.05	0.84	5.54	0.04
QDA_CARANO	0	Q 3	0.06	295.5	295.75	295.54	295.75	0.010003	0.05	1.12	6.1	0.04
QDA_CARANO	0	Q 4	0.08	295.5	295.8	295.54	295.8	0.010018	0.06	1.38	6.71	0.04
QDA_CARANO	0	Q 5	0.1	295.5	295.83	295.55	295.83	0.010007	0.06	1.62	7.16	0.04
QDA_CARANO	0	Q 6	0.12	295.5	295.86	295.56	295.86	0.01002	0.07	1.84	7.47	0.04
QDA_CARANO	0	Q 7	0.14	295.5	295.89	295.56	295.89	0.010012	0.07	2.05	7.76	0.04
QDA_CARANO	0	Q 8	0.16	295.5	295.92	295.57	295.92	0.01001	0.07	2.28	8.24	0.04
QDA_CARANO	0	Q 9	0.18	295.5	295.94	295.57	295.94	0.010005	0.07	2.47	8.46	0.04
QDA_CARANO	0	Q10	0.2	295.5	295.96	295.58	295.96	0.010003	0.08	2.66	8.67	0.04

Para la construcción de la gráfica caudal / perímetro mojado, se tomó la abscisa 40 ya que esta es la más cercana al punto de captación.

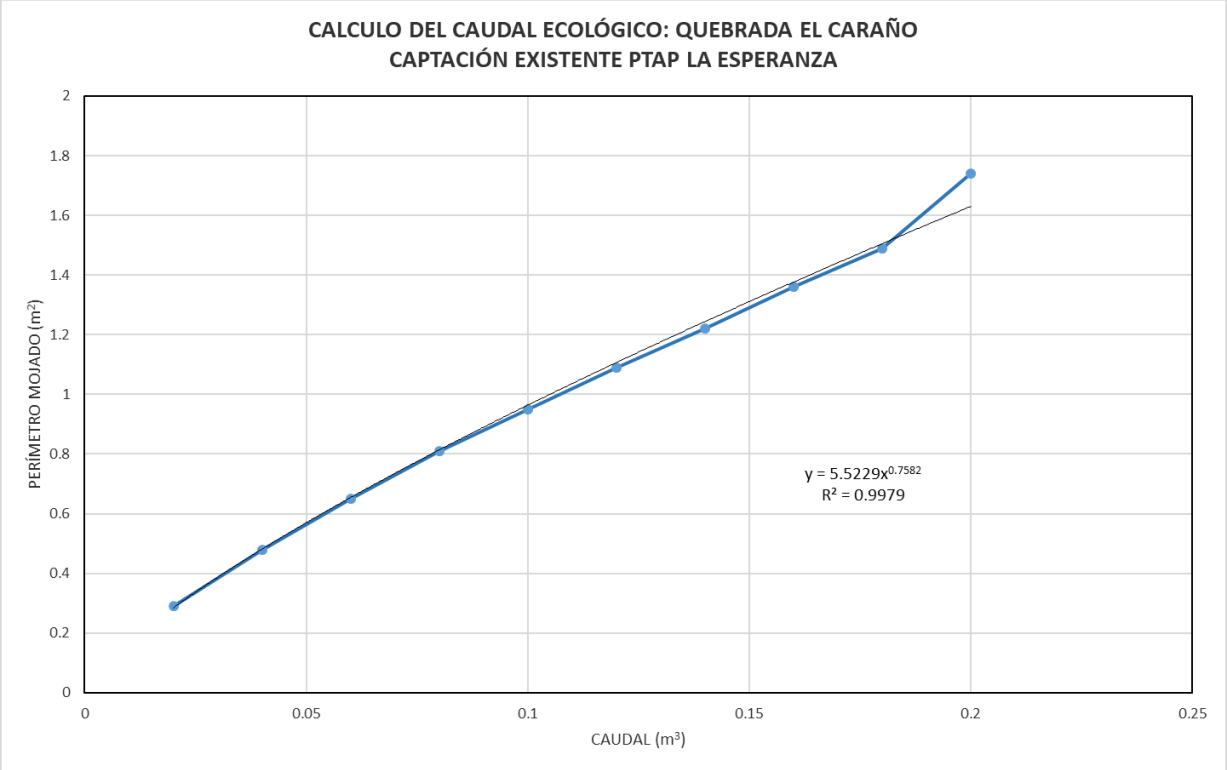


Figura 19. Calculo de caudal ambiental: método del perímetro mojado.

Luego de graficarse la relacion: caudal / perímetro mojado, se llega a la siguiente conclusión.

- No se observa punto de inflexión con tendencia descendente, se observa una tendencia ascendente lo que sugiere la necesidad de un caudal mayor al calculado para mantener las condiciones mínimas del hábitat acuático.

- La quebrada El Caraño no cuenta con el caudal suficiente para considerarse una fuente hídrica que pueda abastecer el sistema de acueducto, ya que el caudal Q95 es muy inferior al caudal ambiental.

6.1.2 Caudal ambiental en el rio San Pablo: captación nueva.

Para el desarrollo de la metodología se modelo en el software HEC-RAS 6.6 el área donde está ubicada la captación nueva, se contó con la topografía del rio en el sitio en mención y el caudal Q95.

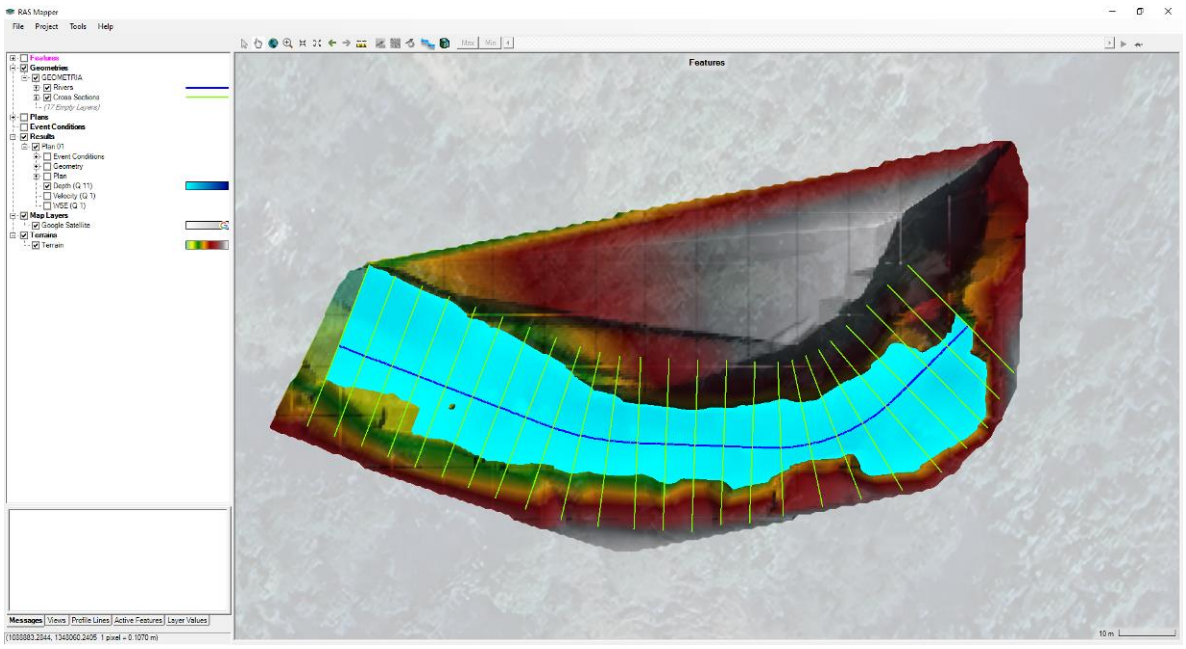


Figura 20. Modelación hidráulica rio San Pablo con el Q95 calculado.

Tabla 75. Resultados modelación hidráulica del Q95 quebrada El Caraño.

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
SAN_PABLO	120.0009	Q 1	0.25	722	722.38	722.07	722.38	0.044941	0.17	1.51	4.04	0.09
SAN_PABLO	120.0009	Q 2	0.5	722	722.56	722.12	722.57	0.051914	0.22	2.26	4.1	0.1
SAN_PABLO	120.0009	Q 3	0.75	722	722.71	722.15	722.71	0.057152	0.26	2.86	4.13	0.1
SAN_PABLO	120.0009	Q 4	1	722	722.83	722.19	722.83	0.063962	0.3	3.34	4.16	0.11
SAN_PABLO	120.0009	Q 5	1.25	722	722.93	722.22	722.94	0.070022	0.33	3.78	4.19	0.11
SAN_PABLO	120.0009	Q 6	1.5	722	723.02	722.24	723.03	0.075752	0.36	4.17	4.21	0.12
SAN_PABLO	120.0009	Q 7	1.75	722	723.11	722.27	723.12	0.081223	0.39	4.53	4.23	0.12
SAN_PABLO	120.0009	Q 8	2	722	723.19	722.29	723.2	0.085855	0.41	4.88	4.25	0.12
SAN_PABLO	120.0009	Q 9	2.5	722	723.34	722.34	723.35	0.095358	0.45	5.5	4.28	0.13

SAN_PABLO	120.0009	Q 10	3	722	723.47	722.39	723.48	0.104408	0.49	6.07	4.31	0.13
SAN_PABLO	120.0009	Q 11	3.6	722	723.61	722.44	723.63	0.114964	0.54	6.68	4.34	0.14
SAN_PABLO	115.0009	Q 1	0.25	721.52	722.32		722.32	0.004808	0.07	3.61	7.23	0.03
SAN_PABLO	115.0009	Q 2	0.5	721.52	722.48		722.48	0.008288	0.11	4.75	7.55	0.04
SAN_PABLO	115.0009	Q 3	0.75	721.52	722.61		722.61	0.010636	0.13	5.74	7.89	0.05
SAN_PABLO	115.0009	Q 4	1	721.52	722.7		722.71	0.013	0.15	6.52	8.16	0.05
SAN_PABLO	115.0009	Q 5	1.25	721.52	722.79		722.79	0.014927	0.17	7.25	8.41	0.06
SAN_PABLO	115.0009	Q 6	1.5	721.52	722.87		722.87	0.016649	0.19	7.92	8.63	0.06
SAN_PABLO	115.0009	Q 7	1.75	721.52	722.94		722.95	0.018145	0.2	8.55	8.85	0.07
SAN_PABLO	115.0009	Q 8	2	721.52	723.01		723.01	0.019948	0.22	9.17	9.25	0.07
SAN_PABLO	115.0009	Q 9	2.5	721.52	723.14		723.14	0.022394	0.24	10.37	9.81	0.07
SAN_PABLO	115.0009	Q 10	3	721.52	723.25		723.26	0.024276	0.26	11.53	10.33	0.08
SAN_PABLO	115.0009	Q 11	3.6	721.52	723.38		723.38	0.026237	0.28	12.85	10.92	0.08
SAN_PABLO	110.0009	Q 1	0.25	721.05	722.32		722.32	0.00075	0.03	7.51	11.73	0.01
SAN_PABLO	110.0009	Q 2	0.5	721.05	722.46		722.46	0.001706	0.05	9.34	13.26	0.02
SAN_PABLO	110.0009	Q 3	0.75	721.05	722.59		722.59	0.002438	0.07	11.05	14.3	0.02
SAN_PABLO	110.0009	Q 4	1	721.05	722.68		722.68	0.003047	0.08	12.37	14.51	0.03
SAN_PABLO	110.0009	Q 5	1.25	721.05	722.76		722.76	0.003563	0.09	13.59	14.7	0.03
SAN_PABLO	110.0009	Q 6	1.5	721.05	722.84		722.84	0.004033	0.1	14.7	14.87	0.03
SAN_PABLO	110.0009	Q 7	1.75	721.05	722.91		722.91	0.004453	0.11	15.74	15.03	0.03
SAN_PABLO	110.0009	Q 8	2	721.05	722.97		722.97	0.004839	0.12	16.71	15.18	0.04
SAN_PABLO	110.0009	Q 9	2.5	721.05	723.09		723.09	0.005652	0.13	18.56	15.8	0.04
SAN_PABLO	110.0009	Q 10	3	721.05	723.2		723.2	0.006574	0.15	20.33	16.88	0.04
SAN_PABLO	110.0009	Q 11	3.6	721.05	723.32		723.32	0.007549	0.16	22.38	18.1	0.05
SAN_PABLO	105.0009	Q 1	0.25	721.95	722.3		722.31	0.044595	0.13	1.85	7.76	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 2	0.5	721.95	722.44		722.44	0.046621	0.17	3	9.45	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 3	0.75	721.95	722.55		722.55	0.049136	0.18	4.26	12.82	0.1
SAN_PABLO	105.0009	Q 4	1	721.95	722.64		722.64	0.043521	0.18	5.41	13.85	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 5	1.25	721.95	722.72		722.72	0.039413	0.19	6.55	14.82	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 6	1.5	721.95	722.79		722.79	0.036518	0.2	7.64	15.63	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 7	1.75	721.95	722.86		722.86	0.034225	0.2	8.71	16.38	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 8	2	721.95	722.92		722.92	0.032437	0.21	9.75	17.11	0.09
SAN_PABLO	105.0009	Q 9	2.5	721.95	723.03		723.04	0.029431	0.21	11.8	18.32	0.08
SAN_PABLO	105.0009	Q 10	3	721.95	723.14		723.14	0.026917	0.22	13.75	19.07	0.08
SAN_PABLO	105.0009	Q 11	3.6	721.95	723.25		723.25	0.024999	0.23	15.97	19.91	0.08
SAN_PABLO	100.0009	Q 1	0.25	721.5	722.11		722.11	0.036323	0.11	2.18	9.83	0.08
SAN_PABLO	100.0009	Q 2	0.5	721.5	722.28		722.28	0.024108	0.12	4.01	11.75	0.07

SAN_PABLO	100.0009	Q 3	0.75	721.5	722.39		722.39	0.022152	0.14	5.47	13.08	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 4	1	721.5	722.49		722.5	0.02067	0.15	6.85	14.12	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 5	1.25	721.5	722.58		722.58	0.019664	0.15	8.14	15	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 6	1.5	721.5	722.66		722.66	0.019228	0.16	9.33	15.77	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 7	1.75	721.5	722.73		722.73	0.01878	0.17	10.49	16.48	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 8	2	721.5	722.8		722.8	0.018407	0.17	11.61	17.13	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 9	2.5	721.5	722.92		722.92	0.01774	0.18	13.78	18.3	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 10	3	721.5	723.03		723.03	0.01702	0.19	15.87	19.19	0.07
SAN_PABLO	100.0009	Q 11	3.6	721.5	723.15		723.16	0.015986	0.2	18.2	19.56	0.07
SAN_PABLO	95.0009	Q 1	0.25	721.37	721.96		721.96	0.022994	0.11	2.18	6.52	0.06
SAN_PABLO	95.0009	Q 2	0.5	721.37	722.15		722.15	0.025579	0.13	3.9	10.85	0.07
SAN_PABLO	95.0009	Q 3	0.75	721.37	722.28		722.28	0.023198	0.14	5.4	12.37	0.07
SAN_PABLO	95.0009	Q 4	1	721.37	722.39		722.39	0.022198	0.15	6.81	13.89	0.07
SAN_PABLO	95.0009	Q 5	1.25	721.37	722.48		722.48	0.021021	0.15	8.18	15.1	0.07
SAN_PABLO	95.0009	Q 6	1.5	721.37	722.56		722.56	0.019525	0.16	9.43	15.55	0.07
SAN_PABLO	95.0009	Q 7	1.75	721.37	722.64		722.64	0.018429	0.16	10.63	15.9	0.06
SAN_PABLO	95.0009	Q 8	2	721.37	722.71		722.71	0.017735	0.17	11.74	16.22	0.06
SAN_PABLO	95.0009	Q 9	2.5	721.37	722.84		722.84	0.016835	0.18	13.83	16.81	0.06
SAN_PABLO	95.0009	Q 10	3	721.37	722.95		722.95	0.016309	0.19	15.78	17.35	0.06
SAN_PABLO	95.0009	Q 11	3.6	721.37	723.07		723.08	0.015821	0.2	17.97	17.83	0.06
SAN_PABLO	90.00086	Q 1	0.25	721	721.91		721.91	0.005426	0.07	3.58	7.3	0.03
SAN_PABLO	90.00086	Q 2	0.5	721	722.08		722.08	0.009006	0.1	4.87	8.16	0.04
SAN_PABLO	90.00086	Q 3	0.75	721	722.2		722.2	0.011592	0.13	5.88	8.59	0.05
SAN_PABLO	90.00086	Q 4	1	721	722.3		722.3	0.01368	0.15	6.77	8.99	0.05
SAN_PABLO	90.00086	Q 5	1.25	721	722.39		722.39	0.015327	0.16	7.59	9.34	0.06
SAN_PABLO	90.00086	Q 6	1.5	721	722.47		722.47	0.016725	0.18	8.36	9.65	0.06
SAN_PABLO	90.00086	Q 7	1.75	721	722.55		722.55	0.017816	0.19	9.09	9.9	0.06
SAN_PABLO	90.00086	Q 8	2	721	722.62		722.62	0.018875	0.2	9.77	10.12	0.07
SAN_PABLO	90.00086	Q 9	2.5	721	722.74		722.74	0.020623	0.23	11.06	10.53	0.07
SAN_PABLO	90.00086	Q 10	3	721	722.85		722.86	0.022104	0.24	12.27	10.9	0.07
SAN_PABLO	90.00086	Q 11	3.6	721	722.98		722.98	0.023595	0.26	13.63	11.31	0.08
SAN_PABLO	85.00082	Q 1	0.25	721.5	721.87		721.87	0.019099	0.1	2.42	7.72	0.06
SAN_PABLO	85.00082	Q 2	0.5	721.5	722.01		722.01	0.024123	0.14	3.58	8.6	0.07
SAN_PABLO	85.00082	Q 3	0.75	721.5	722.12		722.12	0.026389	0.17	4.5	8.75	0.07
SAN_PABLO	85.00082	Q 4	1	721.5	722.21		722.21	0.028248	0.19	5.3	8.89	0.08
SAN_PABLO	85.00082	Q 5	1.25	721.5	722.29		722.29	0.029603	0.21	6.02	9.01	0.08
SAN_PABLO	85.00082	Q 6	1.5	721.5	722.36		722.36	0.030851	0.22	6.69	9.12	0.08
SAN_PABLO	85.00082	Q 7	1.75	721.5	722.43		722.43	0.03176	0.24	7.33	9.22	0.09

SAN_PABLO	85.00082	Q 8	2	721.5	722.49		722.5	0.032969	0.25	7.9	9.32	0.09
SAN_PABLO	85.00082	Q 9	2.5	721.5	722.61		722.61	0.03533	0.28	8.98	9.61	0.09
SAN_PABLO	85.00082	Q 10	3	721.5	722.71		722.71	0.037396	0.3	9.99	9.89	0.1
SAN_PABLO	85.00082	Q 11	3.6	721.5	722.82		722.83	0.039495	0.32	11.13	10.21	0.1
SAN_PABLO	80.00091	Q 1	0.25	721.47	721.73		721.73	0.040418	0.12	2.08	9.43	0.08
SAN_PABLO	80.00091	Q 2	0.5	721.47	721.86		721.86	0.03715	0.15	3.31	9.99	0.08
SAN_PABLO	80.00091	Q 3	0.75	721.47	721.96		721.96	0.03576	0.17	4.35	10.38	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 4	1	721.47	722.05		722.05	0.035279	0.19	5.26	10.68	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 5	1.25	721.47	722.13		722.13	0.035145	0.21	6.09	10.94	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 6	1.5	721.47	722.2		722.2	0.03516	0.22	6.87	11.17	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 7	1.75	721.47	722.26		722.27	0.034636	0.23	7.64	11.4	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 8	2	721.47	722.32		722.33	0.035252	0.24	8.3	11.59	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 9	2.5	721.47	722.43		722.43	0.036178	0.26	9.55	11.96	0.09
SAN_PABLO	80.00091	Q 10	3	721.47	722.53		722.53	0.036659	0.28	10.73	12.24	0.1
SAN_PABLO	80.00091	Q 11	3.6	721.47	722.63		722.64	0.036758	0.3	12.06	12.39	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 1	0.25	721	721.52		721.52	0.043577	0.13	1.86	7.36	0.09
SAN_PABLO	75.00089	Q 2	0.5	721	721.64		721.65	0.051879	0.18	2.83	8.39	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 3	0.75	721	721.75		721.75	0.053364	0.2	3.73	9.28	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 4	1	721	721.83		721.84	0.053452	0.22	4.58	10.01	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 5	1.25	721	721.91		721.92	0.053559	0.23	5.39	10.77	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 6	1.5	721	721.98		721.99	0.0525	0.24	6.18	11.28	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 7	1.75	721	722.05		722.06	0.053362	0.25	7.01	12.45	0.11
SAN_PABLO	75.00089	Q 8	2	721	722.11		722.12	0.050877	0.26	7.75	12.66	0.11
SAN_PABLO	75.00089	Q 9	2.5	721	722.22		722.23	0.047438	0.27	9.17	13.04	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 10	3	721	722.32		722.33	0.045013	0.29	10.51	13.39	0.1
SAN_PABLO	75.00089	Q 11	3.6	721	722.44		722.44	0.043022	0.3	12.03	13.78	0.1
SAN_PABLO	70.00083	Q 1	0.25	721	721.24		721.24	0.074982	0.15	1.63	8.27	0.11
SAN_PABLO	70.00083	Q 2	0.5	721	721.42		721.42	0.037988	0.15	3.33	10.35	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 3	0.75	721	721.55		721.55	0.029944	0.16	4.73	11.29	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 4	1	721	721.65		721.66	0.026336	0.17	5.89	11.44	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 5	1.25	721	721.73		721.73	0.026164	0.18	6.79	11.55	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 6	1.5	721	721.81		721.81	0.025931	0.2	7.65	11.66	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 7	1.75	721	721.87		721.88	0.025887	0.21	8.44	11.76	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 8	2	721	721.94		721.94	0.026043	0.22	9.17	11.85	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 9	2.5	721	722.05		722.05	0.026502	0.24	10.52	12.01	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 10	3	721	722.15		722.16	0.026891	0.25	11.78	12.16	0.08
SAN_PABLO	70.00083	Q 11	3.6	721	722.27		722.27	0.02748	0.27	13.17	12.33	0.08

SAN_PABLO	65.00088	Q 1	0.25	720.5	720.98		720.99	0.038145	0.16	1.53	3.8	0.08
SAN_PABLO	65.00088	Q 2	0.5	720.5	721.22		721.22	0.045946	0.18	2.75	6.87	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 3	0.75	720.5	721.38		721.38	0.041647	0.19	4.02	9.12	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 4	1	720.5	721.49		721.5	0.039217	0.19	5.2	10.85	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 5	1.25	720.5	721.58		721.58	0.036342	0.2	6.14	11.03	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 6	1.5	720.5	721.66		721.66	0.034656	0.21	6.99	11.12	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 7	1.75	720.5	721.73		721.73	0.033914	0.23	7.76	11.2	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 8	2	720.5	721.79		721.79	0.033802	0.24	8.46	11.27	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 9	2.5	720.5	721.9		721.9	0.034205	0.26	9.71	11.39	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 10	3	720.5	722		722	0.034558	0.28	10.88	11.49	0.09
SAN_PABLO	65.00088	Q 11	3.6	720.5	722.11		722.11	0.035354	0.3	12.15	11.62	0.09
SAN_PABLO	60.00082	Q 1	0.25	720.29	720.75		720.75	0.059577	0.19	1.33	4.01	0.1
SAN_PABLO	60.00082	Q 2	0.5	720.29	720.98		720.99	0.047188	0.21	2.38	4.93	0.1
SAN_PABLO	60.00082	Q 3	0.75	720.29	721.14		721.15	0.052107	0.23	3.29	6.55	0.1
SAN_PABLO	60.00082	Q 4	1	720.29	721.26		721.27	0.054456	0.24	4.16	7.97	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 5	1.25	720.29	721.35		721.36	0.056577	0.25	4.94	9.03	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 6	1.5	720.29	721.44		721.44	0.057421	0.26	5.71	9.99	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 7	1.75	720.29	721.51		721.51	0.057712	0.27	6.45	10.8	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 8	2	720.29	721.57		721.57	0.056483	0.28	7.15	11.22	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 9	2.5	720.29	721.68		721.69	0.054255	0.3	8.47	11.86	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 10	3	720.29	721.79		721.79	0.05293	0.31	9.72	12.46	0.11
SAN_PABLO	60.00082	Q 11	3.6	720.29	721.9		721.9	0.051908	0.32	11.11	13	0.11
SAN_PABLO	55.00087	Q 1	0.25	720	720.49		720.49	0.045337	0.18	1.36	2.91	0.09
SAN_PABLO	55.00087	Q 2	0.5	720	720.71		720.72	0.063485	0.21	2.41	5.85	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 3	0.75	720	720.86		720.86	0.060683	0.22	3.37	7.2	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 4	1	720	720.98		720.98	0.058077	0.23	4.32	8.5	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 5	1.25	720	721.08		721.08	0.054329	0.24	5.16	9.04	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 6	1.5	720	721.16		721.17	0.051979	0.25	5.95	9.51	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 7	1.75	720	721.24		721.24	0.051161	0.26	6.67	9.91	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 8	2	720	721.3		721.31	0.050746	0.27	7.35	10.28	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 9	2.5	720	721.42		721.43	0.050652	0.29	8.61	10.95	0.1
SAN_PABLO	55.00087	Q 10	3	720	721.53		721.53	0.0504	0.31	9.82	11.52	0.11
SAN_PABLO	55.00087	Q 11	3.6	720	721.64		721.65	0.050562	0.32	11.13	12.03	0.11
SAN_PABLO	50.00087	Q 1	0.25	719.5	720.44		720.44	0.004521	0.07	3.8	7.95	0.03
SAN_PABLO	50.00087	Q 2	0.5	719.5	720.64		720.64	0.006394	0.09	5.51	9.18	0.04
SAN_PABLO	50.00087	Q 3	0.75	719.5	720.78		720.78	0.007961	0.11	6.82	10.03	0.04
SAN_PABLO	50.00087	Q 4	1	719.5	720.89		720.89	0.009191	0.13	7.98	10.73	0.05
SAN_PABLO	50.00087	Q 5	1.25	719.5	720.98		720.98	0.010447	0.14	8.96	11.29	0.05

SAN_PABLO	50.00087	Q 6	1.5	719.5	721.06		721.06	0.011657	0.15	9.88	11.86	0.05
SAN_PABLO	50.00087	Q 7	1.75	719.5	721.12		721.13	0.012596	0.16	10.7	12.14	0.06
SAN_PABLO	50.00087	Q 8	2	719.5	721.19		721.19	0.013493	0.17	11.46	12.38	0.06
SAN_PABLO	50.00087	Q 9	2.5	719.5	721.3		721.3	0.015227	0.19	12.85	12.82	0.06
SAN_PABLO	50.00087	Q 10	3	719.5	721.4		721.4	0.016692	0.21	14.14	13.21	0.07
SAN_PABLO	50.00087	Q 11	3.6	719.5	721.5		721.5	0.018474	0.23	15.52	13.62	0.07
SAN_PABLO	45.00084	Q 1	0.25	719.5	720.41		720.41	0.007996	0.08	3.08	7.35	0.04
SAN_PABLO	45.00084	Q 2	0.5	719.5	720.6		720.6	0.01108	0.11	4.64	9.29	0.05
SAN_PABLO	45.00084	Q 3	0.75	719.5	720.73		720.73	0.013337	0.13	5.91	10.63	0.05
SAN_PABLO	45.00084	Q 4	1	719.5	720.83		720.83	0.014788	0.14	7.08	11.73	0.06
SAN_PABLO	45.00084	Q 5	1.25	719.5	720.91		720.91	0.016367	0.15	8.08	12.61	0.06
SAN_PABLO	45.00084	Q 6	1.5	719.5	720.98		720.99	0.017692	0.17	9.02	13.38	0.06
SAN_PABLO	45.00084	Q 7	1.75	719.5	721.05		721.05	0.018526	0.18	9.89	13.85	0.07
SAN_PABLO	45.00084	Q 8	2	719.5	721.11		721.11	0.019088	0.19	10.71	14.11	0.07
SAN_PABLO	45.00084	Q 9	2.5	719.5	721.21		721.21	0.020333	0.21	12.17	14.52	0.07
SAN_PABLO	45.00084	Q 10	3	719.5	721.3		721.3	0.021382	0.22	13.53	14.93	0.07
SAN_PABLO	45.00084	Q 11	3.6	719.5	721.4		721.4	0.022899	0.24	14.96	15.31	0.08
SAN_PABLO	40.00088	Q 1	0.25	719.63	720.38		720.38	0.003833	0.06	4.14	9.07	0.03
SAN_PABLO	40.00088	Q 2	0.5	719.63	720.56		720.56	0.006079	0.09	5.85	10.72	0.04
SAN_PABLO	40.00088	Q 3	0.75	719.63	720.67		720.68	0.008177	0.1	7.18	12.13	0.04
SAN_PABLO	40.00088	Q 4	1	719.63	720.77		720.77	0.009632	0.12	8.42	13.24	0.05
SAN_PABLO	40.00088	Q 5	1.25	719.63	720.85		720.85	0.011303	0.13	9.43	14.17	0.05
SAN_PABLO	40.00088	Q 6	1.5	719.63	720.91		720.91	0.012742	0.14	10.38	14.98	0.06
SAN_PABLO	40.00088	Q 7	1.75	719.63	720.97		720.97	0.014025	0.16	11.27	15.71	0.06
SAN_PABLO	40.00088	Q 8	2	719.63	721.02		721.02	0.014903	0.16	12.15	16.21	0.06
SAN_PABLO	40.00088	Q 9	2.5	719.63	721.12		721.12	0.016067	0.18	13.72	16.62	0.06
SAN_PABLO	40.00088	Q 10	3	719.63	721.21		721.21	0.016945	0.2	15.2	16.97	0.07
SAN_PABLO	40.00088	Q 11	3.6	719.63	721.29		721.3	0.018393	0.22	16.69	17.3	0.07
SAN_PABLO	35.00082	Q 1	0.25	719.5	720.36		720.36	0.004538	0.06	3.85	8.14	0.03
SAN_PABLO	35.00082	Q 2	0.5	719.5	720.52		720.52	0.010703	0.1	5.2	11.71	0.05
SAN_PABLO	35.00082	Q 3	0.75	719.5	720.62		720.62	0.01367	0.12	6.5	13.43	0.05
SAN_PABLO	35.00082	Q 4	1	719.5	720.71		720.71	0.016159	0.13	7.77	15.51	0.06
SAN_PABLO	35.00082	Q 5	1.25	719.5	720.78		720.78	0.017807	0.14	8.8	16.33	0.06
SAN_PABLO	35.00082	Q 6	1.5	719.5	720.83		720.83	0.019194	0.15	9.76	17.07	0.06
SAN_PABLO	35.00082	Q 7	1.75	719.5	720.88		720.89	0.020436	0.16	10.67	17.74	0.07
SAN_PABLO	35.00082	Q 8	2	719.5	720.94		720.94	0.02131	0.17	11.57	18.39	0.07
SAN_PABLO	35.00082	Q 9	2.5	719.5	721.03		721.03	0.022493	0.19	13.28	19.33	0.07
SAN_PABLO	35.00082	Q 10	3	719.5	721.11		721.11	0.022438	0.2	14.95	19.72	0.07

SAN_PABLO	35.00082	Q 11	3.6	719.5	721.19		721.19	0.023668	0.22	16.54	20.1	0.08
SAN_PABLO	30.00082	Q 1	0.25	720	720.33		720.33	0.007966	0.06	3.98	14.41	0.04
SAN_PABLO	30.00082	Q 2	0.5	720	720.47		720.47	0.009311	0.08	6.06	16.44	0.04
SAN_PABLO	30.00082	Q 3	0.75	720	720.56		720.56	0.010402	0.1	7.67	17.47	0.05
SAN_PABLO	30.00082	Q 4	1	720	720.64		720.65	0.010945	0.11	9.12	18.19	0.05
SAN_PABLO	30.00082	Q 5	1.25	720	720.7		720.7	0.012335	0.12	10.18	18.71	0.05
SAN_PABLO	30.00082	Q 6	1.5	720	720.75		720.75	0.013559	0.13	11.15	19.17	0.06
SAN_PABLO	30.00082	Q 7	1.75	720	720.8		720.8	0.014712	0.15	12.04	19.58	0.06
SAN_PABLO	30.00082	Q 8	2	720	720.84		720.85	0.015524	0.15	12.94	19.99	0.06
SAN_PABLO	30.00082	Q 9	2.5	720	720.93		720.93	0.01692	0.17	14.64	20.74	0.06
SAN_PABLO	30.00082	Q 10	3	720	721.01		721.01	0.017367	0.18	16.42	21.41	0.07
SAN_PABLO	30.00082	Q 11	3.6	720	721.09		721.09	0.018669	0.2	18	21.56	0.07
SAN_PABLO	25.00088	Q 1	0.25	720	720.24		720.24	0.087581	0.16	1.52	7.82	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 2	0.5	720	720.36		720.36	0.084908	0.18	2.73	11.69	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 3	0.75	720	720.45		720.45	0.07863	0.19	3.86	14.26	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 4	1	720	720.53		720.53	0.074863	0.2	5.13	18.2	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 5	1.25	720	720.58		720.58	0.070197	0.21	6.03	18.63	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 6	1.5	720	720.62		720.62	0.067714	0.22	6.86	19.02	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 7	1.75	720	720.66		720.67	0.065856	0.23	7.64	19.35	0.12
SAN_PABLO	25.00088	Q 8	2	720	720.71		720.71	0.062387	0.24	8.47	19.68	0.11
SAN_PABLO	25.00088	Q 9	2.5	720	720.78		720.79	0.057593	0.25	10.05	20.3	0.11
SAN_PABLO	25.00088	Q 10	3	720	720.87		720.88	0.049395	0.25	11.9	21.01	0.11
SAN_PABLO	25.00088	Q 11	3.6	720	720.94		720.94	0.051118	0.27	13.27	21.51	0.11
SAN_PABLO	20.00088	Q 1	0.25	719.47	719.81		719.81	0.084728	0.17	1.45	6.77	0.12
SAN_PABLO	20.00088	Q 2	0.5	719.47	719.92		719.92	0.093338	0.22	2.25	7.71	0.13
SAN_PABLO	20.00088	Q 3	0.75	719.47	719.99		719.99	0.108415	0.27	2.83	8.32	0.15
SAN_PABLO	20.00088	Q 4	1	719.47	720.06		720.06	0.122395	0.29	3.43	9.57	0.16
SAN_PABLO	20.00088	Q 5	1.25	719.47	720.11		720.12	0.129077	0.31	3.97	10.23	0.16
SAN_PABLO	20.00088	Q 6	1.5	719.47	720.18		720.18	0.121483	0.32	4.65	11.01	0.16
SAN_PABLO	20.00088	Q 7	1.75	719.47	720.24		720.24	0.113472	0.33	5.36	11.84	0.15
SAN_PABLO	20.00088	Q 8	2	719.47	720.3		720.31	0.106563	0.32	6.16	13.08	0.15
SAN_PABLO	20.00088	Q 9	2.5	719.47	720.42		720.43	0.093967	0.32	7.86	15.6	0.14
SAN_PABLO	20.00088	Q 10	3	719.47	720.53		720.54	0.09819	0.3	9.91	21.98	0.14
SAN_PABLO	20.00088	Q 11	3.6	719.47	720.63		720.63	0.076814	0.3	11.96	22.23	0.13
SAN_PABLO	15.00084	Q 1	0.25	719	719.25		719.26	0.149908	0.22	1.16	5.92	0.16
SAN_PABLO	15.00084	Q 2	0.5	719	719.39		719.39	0.12047	0.24	2.1	7.86	0.15
SAN_PABLO	15.00084	Q 3	0.75	719	719.51		719.52	0.085424	0.24	3.13	8.97	0.13

SAN_PABLO	15.00084	Q 4	1	719	719.63		719.63	0.064654	0.24	4.21	9.88	0.12
SAN_PABLO	15.00084	Q 5	1.25	719	719.78		719.79	0.039988	0.21	5.85	11.2	0.09
SAN_PABLO	15.00084	Q 6	1.5	719	719.87		719.88	0.036326	0.22	6.9	11.94	0.09
SAN_PABLO	15.00084	Q 7	1.75	719	719.96		719.96	0.033854	0.22	7.91	12.62	0.09
SAN_PABLO	15.00084	Q 8	2	719	720.03		720.03	0.03315	0.22	8.89	13.61	0.09
SAN_PABLO	15.00084	Q 9	2.5	719	720.17		720.17	0.031273	0.23	10.92	15.57	0.09
SAN_PABLO	15.00084	Q 10	3	719	720.29		720.29	0.030137	0.23	12.83	17.23	0.09
SAN_PABLO	15.00084	Q 11	3.6	719	720.4		720.41	0.029604	0.24	14.94	18.94	0.09
SAN_PABLO	10.00089	Q 1	0.25	718.5	719		719	0.024879	0.11	2.22	7.8	0.07
SAN_PABLO	10.00089	Q 2	0.5	718.5	719.2		719.2	0.018723	0.13	3.81	8.54	0.06
SAN_PABLO	10.00089	Q 3	0.75	718.5	719.35		719.36	0.016605	0.14	5.19	9.12	0.06
SAN_PABLO	10.00089	Q 4	1	718.5	719.49		719.49	0.015355	0.16	6.45	9.57	0.06
SAN_PABLO	10.00089	Q 5	1.25	718.5	719.68		719.69	0.012041	0.15	8.45	11.15	0.05
SAN_PABLO	10.00089	Q 6	1.5	718.5	719.77		719.77	0.01302	0.16	9.48	11.95	0.06
SAN_PABLO	10.00089	Q 7	1.75	718.5	719.85		719.86	0.013764	0.17	10.48	12.68	0.06
SAN_PABLO	10.00089	Q 8	2	718.5	719.93		719.93	0.014436	0.17	11.43	13.34	0.06
SAN_PABLO	10.00089	Q 9	2.5	718.5	720.06		720.06	0.016841	0.19	13.32	15.76	0.07
SAN_PABLO	10.00089	Q 10	3	718.5	720.17		720.17	0.018191	0.2	15.22	17.77	0.07
SAN_PABLO	10.00089	Q 11	3.6	718.5	720.29		720.29	0.018775	0.21	17.37	19.3	0.07
SAN_PABLO	5.000892	Q 1	0.25	718.5	718.94		718.94	0.006999	0.07	3.39	8.64	0.04
SAN_PABLO	5.000892	Q 2	0.5	718.5	719.14		719.14	0.007795	0.1	5.16	9.31	0.04
SAN_PABLO	5.000892	Q 3	0.75	718.5	719.3		719.3	0.008152	0.11	6.66	9.78	0.04
SAN_PABLO	5.000892	Q 4	1	718.5	719.43		719.43	0.008353	0.12	8.03	10.18	0.04
SAN_PABLO	5.000892	Q 5	1.25	718.5	719.64		719.64	0.007605	0.12	10.25	12.5	0.04
SAN_PABLO	5.000892	Q 6	1.5	718.5	719.72		719.72	0.009236	0.13	11.34	14.22	0.05
SAN_PABLO	5.000892	Q 7	1.75	718.5	719.79		719.8	0.010595	0.14	12.48	15.94	0.05
SAN_PABLO	5.000892	Q 8	2	718.5	719.86		719.86	0.011319	0.15	13.63	17.11	0.05
SAN_PABLO	5.000892	Q 9	2.5	718.5	719.99		719.99	0.011939	0.16	15.88	18.68	0.05
SAN_PABLO	5.000892	Q 10	3	718.5	720.1		720.1	0.012143	0.17	17.99	19.63	0.06
SAN_PABLO	5.000892	Q 11	3.6	718.5	720.21		720.21	0.012545	0.18	20.26	20.6	0.06
SAN_PABLO	0	Q 1	0.25	718.5	718.9	718.56	718.9	0.010004	0.08	3.07	8.77	0.04
SAN_PABLO	0	Q 2	0.5	718.5	719.1	718.59	719.1	0.010019	0.1	4.85	9.66	0.05
SAN_PABLO	0	Q 3	0.75	718.5	719.25	718.62	719.25	0.010005	0.12	6.42	10.45	0.05
SAN_PABLO	0	Q 4	1	718.5	719.39	718.64	719.39	0.01	0.13	7.89	11.26	0.05
SAN_PABLO	0	Q 5	1.25	718.5	719.59	718.66	719.59	0.010009	0.12	10.84	17.97	0.05
SAN_PABLO	0	Q 6	1.5	718.5	719.67	718.68	719.67	0.010015	0.12	12.24	18.51	0.05
SAN_PABLO	0	Q 7	1.75	718.5	719.74	718.69	719.74	0.010012	0.13	13.6	19.04	0.05
SAN_PABLO	0	Q 8	2	718.5	719.81	718.71	719.81	0.010007	0.13	14.91	19.56	0.05

SAN_PABLO	0	Q 9	2.5	718.5	719.93	718.74	719.94	0.010013	0.14	17.39	20.49	0.05
SAN_PABLO	0	Q 10	3	718.5	720.04	718.77	720.05	0.010004	0.15	19.67	21.13	0.05
SAN_PABLO	0	Q 11	3.6	718.5	720.16	718.8	720.16	0.010005	0.16	22.06	21.25	0.05

Para la construcción de la gráfica caudal / perímetro mojado, se tomó la abscisa 65 ya que esta es la más cercana al punto de captación.

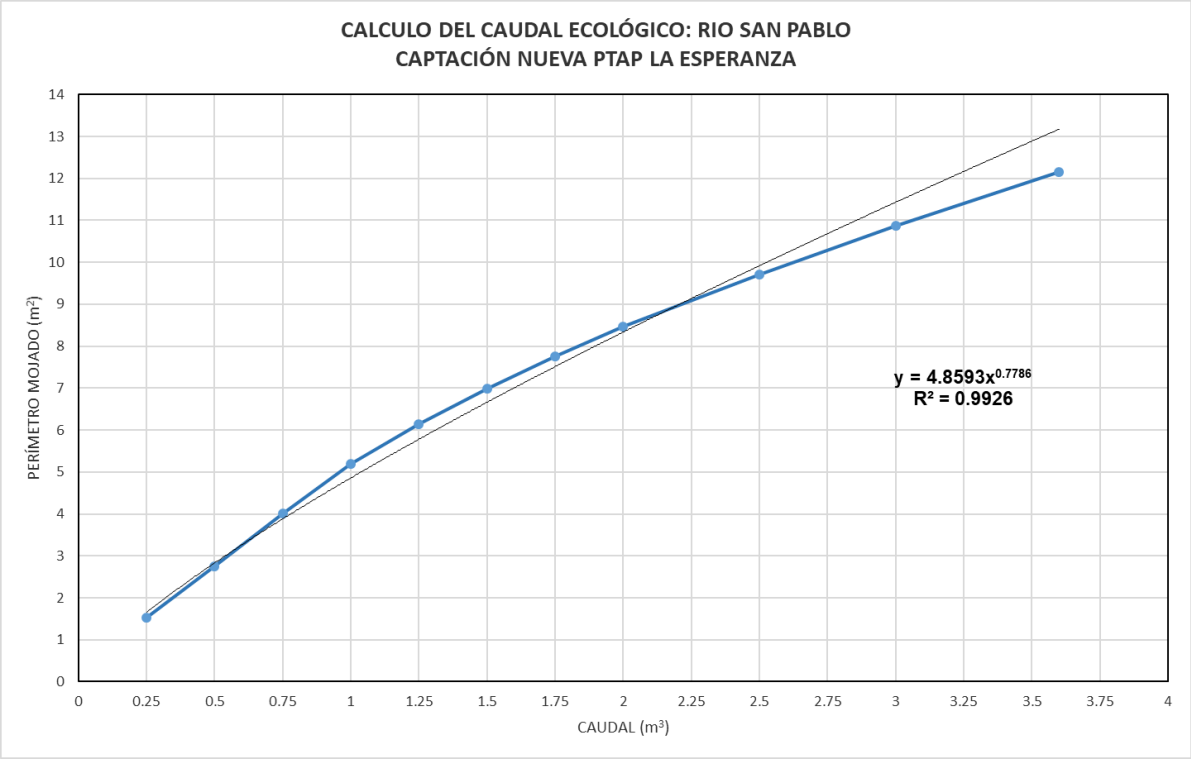


Figura 21. Calculo del caudal ambiental: método del perímetro mojado.

Luego de graficarse la relacion: caudal / perímetro mojado, se llega a la siguiente conclusión.

- Se observa punto de inflexión con tendencia descendente a partir de 2.25m^3/s lo que sugiere según el método empleado, que este caudal es el minimo necesario para mantener las condiciones mínimas del hábitat acuático.

7. ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA LA REGIÓN EN ESTUDIO.

De acuerdo con los Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia (IDEAM, 2021), la región Andina donde se localiza la quebrada El Caraño y el rio San Pablo presenta tendencias consistentes hacia el aumento de la temperatura y variaciones significativas en la precipitación a lo largo del siglo XXI.

En términos de temperatura, los modelos climáticos proyectan incrementos de entre 0,4 y 2 °C en el corto plazo (2021-2040), que podrían alcanzar hasta 4 °C hacia mediados de siglo (2041-2060) bajo escenarios de mayor forzamiento radiactivo. Para finales de siglo (2081-2100), el aumento proyectado se ubica en el rango de 2 a más de 5 °C.

Respecto a la precipitación, los resultados muestran un comportamiento más heterogéneo. En el corto y mediano plazo se esperan aumentos de entre 5 % y 20 % en gran parte de la región Andina, mientras que en la región Caribe y sectores de la Orinoquia podrían presentarse reducciones de entre 5 % y 30 %. Para finales de siglo, los escenarios de altas emisiones (SSP5-8.5) proyectan incrementos de hasta 30–45 % en el centro y occidente de la región Andina, mientras que en zonas del Caribe las reducciones podrían superar el 20 %.

Estos resultados evidencian que, bajo los escenarios de cambio climático, la quebrada El Caraño y el rio San Pablo podría estar sujetos a aumentos sostenidos de temperatura y una mayor variabilidad en los patrones de precipitación, lo cual repercute en la disponibilidad hídrica, la oferta ecosistémica y la seguridad de las captaciones de agua. Por tanto, se considera fundamental incorporar estas proyecciones en la planeación y gestión de los recursos hídricos del área de estudio.

Tabla 76. Variabilidad de las precipitaciones en el área de estudio.

VARIABILIDAD CLIMÁTICA			
RANGO DE EMISIONES	**ESCENARIO CAM. CLIM.**	**PERIODO**	**PORCENTAJE**
BAJAS	**SSP126**	2021 - 2040	2.5
MEDIAS	**SSP245**	2021 - 2040	1.6
ALTAS	**SSP370**	2022 - 2040	1
MUY ALTAS	**SSP585**	2022 - 2040	-1.7
PROMEDIO =			**0.9**

El promedio calculado, para las precipitaciones según los escenarios de cambio climático de la cuarta comunicación nacional, se empleará en el ajuste del caudal torrencial calculado para el periodo de retorno de 100 años.

7.1 CAUDALES CALCULADOS EN LA CAPTACIÓN EXISTENTE Y PROPUESTA.

En el marco del presente estudio se efectuó la determinación de los caudales característicos en el rio San Pablo, a partir de la información hidrológica disponible, el análisis de frecuencia de caudales máximos, y la aplicación de metodologías reconocidas para el cálculo de caudales ambientales y de uso consuntivo.

El caudal con período de retorno de 100 años corresponde al evento extremo de avenida estimado mediante el ajuste probabilístico de la serie de máximos anuales. Este valor será corregido conforme a las disposiciones del IDEAM, teniendo en cuenta los efectos del cambio climático expresados en el documento *"Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia"*, con el fin de garantizar que el diseño hidráulico incorpore las proyecciones de variabilidad y tendencia climática para la región de estudio.

El caudal Q95, entendido como el caudal medio con una permanencia del 95 % en el tiempo, fue estimado a partir de la curva de duración de caudales. Este parámetro es representativo de las condiciones de estiaje y constituye un indicador confiable de la disponibilidad hídrica en épocas secas.

El caudal ambiental o ecológico se calculó con base en la metodología seleccionada para el estudio, buscando garantizar la permanencia de condiciones mínimas de hábitat acuático y la sostenibilidad de los procesos ecológicos asociados al cauce de la quebrada. Este valor constituye la restricción hidrológica fundamental para cualquier uso del recurso, al definir el volumen mínimo que debe permanecer en el cauce en todo momento.

En conjunto, estos caudales constituyen la base técnica para la evaluación de la captación propuesta, garantizando tanto la seguridad hidráulica de la obra como la sostenibilidad ambiental y el abastecimiento a los usuarios del recurso.

Tabla 77. Caudales calculados para el rio San Pablo la quebrada El Caraño.

RIO SAN PABLO: CAPTACIÓN NUEVA			
ITEM	**CAUDAL INICIAL (m^3/seg)**	**VARIABILIDAD CLIMÁTICA 2021 - 2040**	**CAUDAL FINAL (m^3/seg)**
CAUDAL 95%	3.6	----------	**3.6**
CAUDAL 50%	34.8	----------	**34.8**
CAUDAL ECOLÓGICO	2.3	----------	**3.0**
OFERTA HÍDRICA	1.4	----------	**1.4**
CAUDAL TR 100	253.4	0.9	**255.6**
QUEBRADA EL CARAÑO: CAPTACIÓN EXISTENTE			
ITEM	**CAUDAL INICIAL (m^3/seg)**	**VARIABILIDAD CLIMÁTICA 2021 - 2040**	**CAUDAL FINAL (m^3/seg)**
CAUDAL 95%	0.2	----------	**0.2**
CAUDAL 50%	1.1	----------	**1.1**
CAUDAL ECOLÓGICO	> Q95	----------	**> Q95**
OFERTA HÍDRICA	Insuficiente	----------	**Insuficiente**

8. CONCLUSIONES

Desarrollado el estudio hidrológico para la consultoría: *"Estructuración y Formulación del Proyecto Para la Construcción Obras Hidráulicas Sistema de Acueducto Municipio de La Esperanza, Departamento Norte de Santander."* Se llega a las siguientes conclusiones:

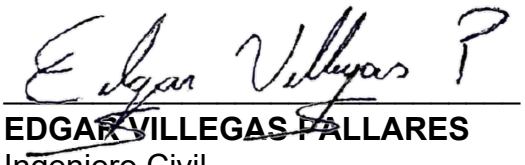
1. La captación existente en la quebrada El Caraño no cuenta con la oferta hídrica necesaria para ser considerada como fuente abastecedora del sistema de acueducto. A continuación, se resumen los resultados obtenidos:

    - Los caudales con una duración del 50% y 95% de excedencia en la curva de duración de caudales arrojaron como resultado 0.2 m^3/s y 1.1m^3/s respectivamente.
    - Se calculo el caudal ecológico o ambiental a partir del Q95; evidenciándose la necesidad de un caudal superior al Q95 para cumplir con los requerimientos ambientales de mantenimiento del hábitat acuático.
    - La quebrada El Caraño no cuenta con oferta hídrica para abastecer el sistema de acueducto, ya que los requerimientos ambientales son muy superiores al caudal presente; dejando una oferta hídrica para su libre uso en insuficiente.
    - El bajo caudal presente en la quebrada el 95% del tiempo (0.2m^3/s) indica que posiblemente la fuente hídrica en periodos de bajas o nulas precipitaciones no presenta caudal o este tiende a desaparecer.

2. El análisis hidrológico e hidráulico del rio San Pablo como posible fuente abastecedora del sistema arrojo los siguientes resultados:
    - Los caudales con una duración del 50% y 95% de excedencia en la curva de duración de caudales arrojaron como resultado 3.6 m^3/s y 34.8 m^3/s respectivamente.
    - Una vez calculado el caudal ecológico o ambiental a partir del Q95 se obtiene como resultado, que de los 3.6 m^3/s presentes en el afluente el 95% del tiempo se necesitan 2.25 m^3/s para sostener el hábitat acuático; dejando una oferta hídrica aprovechable para su uso de 1.4 m^3/s.

3. Se calculo el caudal con un periodo de retorno de 100 años para el sitio de la captación nueva, con un resultado de 255.6 m^3/s.

4. Se obtuvo la variabilidad climática para el área geográfica donde está ubicada la cuenca hidrográfica del rio San Pablo, esto con el fin incluir en el cálculo del Tr100 las proyecciones contenidas en los "*Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia"* del IDEAM.



EDGAR VILLEGAS PALLARES
Ingeniero Civil
Especialista en Estructuras
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
M.P. No 54202136467 NTS

BIBLIOGRAFÍA

MANUAL DE DRENAJE PARA CARRETERAS. Instituto Nacional de Vías. 2009

HÉCTOR ALFONSO RODRÍGUEZ DÍAZ. Hidráulica Fluvial Fundamentos y Aplicaciones Socavación. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE INUNDACIÓN. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2017.

Escenarios de Cambio Climático de la Cuarta Comunicación Nacional de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2021