

**ANÁLISIS DE FRECUENCIA DE EVENTOS EXTREMOS
HIDROLÓGICOS PROVENIENTES DE MAS DE UNA POBLACIÓN**



NUBIA MISLENY CARDENAS PEREZ

**Asesor:
MSc. Mario Díaz –Granados Ortiz**

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO EN INGENIERIA CIVIL Y AMBIENTAL
MAGÍSTER EN INGENIERIA CIVIL
BOGOTÁ D.C.
AGOSTO 2006**

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres, a mi familia y a todos los que creen en mí.

AGRADECIMIENTOS

Mario Díaz –Granados Ortiz, quién dirigió este proyecto y que sin su colaboración no hubiese sido posible.

Al departamento de Matemáticas de la Universidad de los Andes.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron en la realización de este proyecto.

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
3. MARCO TEÓRICO	3
3.1 ANTECEDENTES.....	3
3.2 EL CLIMA EN COLOMBIA.....	4
3.3 FENÓMENOS MACROCLIMÁTICOS.....	5
3.3.1 Efectos que causa el Fenómeno El Niño.....	8
3.3.2 Efectos que causa el Fenómeno La Niña.....	9
3.4 ANÁLISIS DE FRECUENCIA.....	10
4. METODOLOGÍA	14
4.1 ESTACIONES A UTILIZAR.....	14
4.2 MODELOS DESARROLLADOS.....	15
4.3 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE MODELOS DESARROLLADOS.....	18
4.3.1 Método de Máxima Verosimilitud.....	18
4.4 MÉTODO UTILIZADO PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS.....	19
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	21
5.1 RESULTADOS PARA LAS ESTACIONES UTILIZADAS.....	21
5.1.1 PALMALARGA_2205704.....	21
5.1.2 ESTACION PTE COLACHE 2205707.....	25
5.1.3 ESTACION TRIANGULO_2505709.....	28
5.1.4 ESTACION TAMBOR TEUSACA.....	32
5.1.5 ESTACION SAN_AGUSTIN_2113708.....	36
5.1.6 ESTACION PURIFICACIÓN_2113702.....	39

5.1.7 ESTACION ANCHIQUE_2113704.....	43
5.1.8 ESTACION LA_HAMACA-2205707.....	46
5.1.9 ESTACION ESTACION PTE ORTEGA-2206701.....	49
5.1.10 ESTACION 5210703_Q_maxA.....	53
5.1.11 ESTACION 2120798_Q_maxB.....	57
5.1.12 ESTACION 2501701_Q_maxC.....	60
5.1.13 ESTACION 2612520_Q_maxD.....	64
5.1.14 ESTACION P2612030_P_maxE.....	68
5.1.15 ESTACION P2612037_P_maxF.....	71
5.1.16 ESTACION 2612513_P_maxG.....	75
5.1.17 ESTACION 2120051_15.....	78
5.1.18 ESTACION 2120051_30.....	82
5.1.19 ESTACION P-01_120.....	86
5.1.20 ESTACION P-01_360.....	90
5.2 POBLACIÓN ESCASA.....	94
5.3 ANÁLISIS SINTÉTICO PARA LAS ESTACIONES.....	96
5.3.1 ESTACION 2612513_P_maxG.....	96
5.3.1.1 Ajustes con Gumbel.....	96
5.3.1.2 Ajustes con Gumbel Mixta.....	103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	109
BIBLIOGRAFÍA	111

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Climatología del territorio colombiano.	5
Figura 2. Función “Give” y “Find” para el cálculo de los parámetros en Mathcad.....	20
Figura 3. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Palmalarga.	22
Figura 4. Gráfica de la distribución GEV, GEV2 y la serie histórica estación Palmalarga.	23
Figura 5. Gráfica de la distribución de valores extremos de dos componentes y la serie histórica estación Palmalarga.	24
Figura 6. Gráfica de la distribución de valores extremos de dos componentes y la serie histórica estación Palmalarga.	24
Figura 7. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Puente colache.	26
Figura 8. Gráfica de la distribución General de Valores Extremos, la general de valores extremos mixta y la serie histórica estación Puente colache.	27
Figura 9. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Puente Colache.	27
Figura 10. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Puente Colache.	28
Figura 11. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Triangulo.	29
Figura 12. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Triangulo.	30
Figura 13. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Triangulo.	31
Figura 14. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Triangulo.	31
Figura 15. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Tambor Teusaca.	33
Figura 16. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Tambor Teusaca.	34
Figura 17. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Tambor Teusaca.	34
Figura 18. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Tambor Teusaca.	35
Figura 19. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación San Agustín.	36
Figura 20. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación San Agustín.	37
Figura 21. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación San Agustín.	38
Figura 22. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Tambor Teusaca.	38
Figura 23. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Purificación.	40
Figura 24. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Purificación.	41

Figura 25. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación San Agustín.....	41
Figura 26. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Purificación	42
Figura 27. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Anchique.....	43
Figura 28. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Anchique.....	44
Figura 29. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Anchique.	45
Figura 30. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Anchique	45
Figura 31. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación La Hamaca	47
Figura 32. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación La Hamaca	47
Figura 33. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación La Hamaca.	48
Figura 34. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación La Hamaca.....	49
Figura 35. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Pte Ortega	50
Figura 36. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Pte Ortega	51
Figura 37. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Pte Ortega.	51
Figura 38. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Pte Ortega.....	52
Figura 39. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_5210703	54
Figura 40. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_5210703	54
Figura 41. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_5210703	55
Figura 42. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_5210703	56
Figura 43. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120798	58
Figura 44. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120798	58
Figura 45. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120798	59
Figura 46. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120798	60
Figura 47. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2501701	61

Figura 48. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2501701	62
Figura 49. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2501701	62
Figura 50. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_251701	63
Figura 51. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612520	65
Figura 52. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612520	66
Figura 53. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612520	66
Figura 54. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612520	67
Figura 55. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612030	69
Figura 56. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612030	69
Figura 57. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612030	70
Figura 58. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612030	71
Figura 59. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612037	72
Figura 60. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612037	73
Figura 61. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612037	73
Figura 62. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612037	74
Figura 63. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612513	76
Figura 64. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612513	76
Figura 65. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612513	77
Figura 66. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612513	78
Figura 67. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051	80
Figura 68. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051	81
Figura 69. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051	81
Figura 70. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051	82

Figura 71. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051_30	84
Figura 72. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051_30	85
Figura 73. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051_30	85
Figura 74. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051_30	86
Figura 75. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_P-01_120.....	88
Figura 76. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_P-01_120.....	89
Figura 77. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_P-01_120.....	89
Figura 78. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_P-01_120	90
Figura 79. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_P-01_360.....	92
Figura 80. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_P-01_360.....	92
Figura 81. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_P-01_360.....	93
Figura 82. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_P-01_360	94
Figura 83. Gráfica de distribución de Valores Extremos dos componentes (Población Escasa) para P-29.....	95
Figura 84. Gráfica de distribución de Valores Extremos dos componentes (Población Escasa) para P-01.....	95
Figura 85. Gráfica de distribución de Valores Extremos dos componentes (Población Escasa) para P-47.....	95
Figura 86. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 60 datos	97
Figura 87. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 60 datos	97
Figura 88. Grafica del ajuste para la distribución VE y VE2 para los 60 datos	97
Figura 89. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 60 datos	98
Figura 90. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 180 datos	98
Figura 91. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 180 datos	99
Figura 92. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 180 datos	99
Figura 93. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 180 datos	99
Figura 94. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 380 datos	100
Figura 95. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV para los 380 datos	100
Figura 96. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 380 datos	101
Figura 97. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 380 datos	101
Figura 98. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 1000 datos.....	101

Figura 99. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 1000 datos	102
Figura 100. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 1000 datos	102
Figura 101. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 1000 datos	102
Figura 102. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 60 datos	103
Figura 103. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 60 datos	103
Figura 104. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 60 datos	104
Figura 105. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 60 datos	104
Figura 106. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 180 datos	104
Figura 107. Grafica del ajuste para la distribución GEV2 para los 180 datos.....	105
Figura 108. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 180 datos	105
Figura 109. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 180 datos	105
Figura 110. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 380 datos.....	106
Figura 111. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 380 datos	106
Figura 112. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 380 datos	107
Figura 113. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 380 datos	107
Figura 114. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 1000 datos.....	107
Figura 115. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 1000 datos.....	108
Figura 116. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 1000 datos	108
Figura 117. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 1000 datos	108

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen histórico del fenómeno de El Niño.....	3
Tabla 2. Resumen histórico del fenómeno de La Niña.....	4
Tabla 3 Intensidad de los fenómenos macroclimáticos en el tiempo	8
Tabla 4 Resumen de los efectos que causan eventos extremos	9
Tabla 5 Estaciones Climatológicas y sus Parámetros.....	14
Tabla 6 Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Palmalarga	21
Tabla 7 Parámetros de la Distribución Gumbel estación Palmalarga	21
Tabla 8 Parámetros de la distribución Gumbel Mixta estación Palmalarga	22
Tabla 9. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Palmalarga	22
Tabla 10. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Palmalarga	22
Tabla 11. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Palmalarga	23
Tabla 12. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Palmalarga	24
Tabla 13. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Puente Colache	25
Tabla 14. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Puente Colache	25
Tabla 15. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Puente Colache	26
Tabla 16. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Puente Colache	26
Tabla 17. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Puente Colache	26
Tabla 18. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Puente Colache	27
Tabla 19. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Puente Colache	28
Tabla 20. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Triangulo .	29
Tabla 21. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Triangulo	29
Tabla 22. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Triangulo	29
Tabla 23. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Puente Triangulo	30
Tabla 24. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Triangulo	30
Tabla 25. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Triangulo	30
Tabla 26. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Triangulo	31
Tabla 27. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Tambor Teusaca	32
Tabla 28. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Tambor Teusaca	33
Tabla 29. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Tambor Teusaca.....	33
Tabla 30. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Tambor Teusaca	33

Tabla 31. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Tambor Teusaca.....	33
Tabla 32. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Tambor Teusaca.....	34
Tabla 33. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Tambor Teusaca.....	35
Tabla 34. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación San Agustín.....	36
Tabla 35. Parámetros de la Distribución Gumbel estación San Agustín.....	36
Tabla 36. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación San Agustín.....	36
Tabla 37. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación San Agustín.....	37
Tabla 38. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación San Agustín.....	37
Tabla 39. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación San Agustín.....	37
Tabla 40. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación San Agustín.....	38
Tabla 41. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Purificación.....	39
Tabla 42. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Purificación.....	39
Tabla 43. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Purificación.....	40
Tabla 44. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Purificación.....	40
Tabla 45. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Purificación.....	40
Tabla 46. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Purificación.....	41
Tabla 47. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Purificación.....	42
Tabla 48. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Anchique.....	43
Tabla 49. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Anchique.....	43
Tabla 50. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Anchique.....	43
Tabla 51. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Anchique.....	44
Tabla 52. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Anchique.....	44
Tabla 53. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Anchique.....	44
Tabla 54. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Anchique.....	45
Tabla 55. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación La Hamaca.....	46
Tabla 56. Parámetros de la Distribución Gumbel estación La Hamaca.....	46
Tabla 57. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación La Hamaca.....	46
Tabla 58. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación La Hamaca.....	47

Tabla 59. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación La Hamaca	47
Tabla 60. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación La Hamaca	48
Tabla 61. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación La Hamaca	48
Tabla 62. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Pte Ortega	49
Tabla 63. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Pte Ortega	50
Tabla 64. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Pte Ortega	50
Tabla 65. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Pte Ortega	50
Tabla 66. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Pte Ortega	50
Tabla 67. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Pte Ortega	51
Tabla 68. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Pte Ortega	52
Tabla 69. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_5210703 ..	53
Tabla 70. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_5210703	53
Tabla 71. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_5210703	53
Tabla 72. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_5210703 ..	54
Tabla 73. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_5210703	54
Tabla 74. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_5210703	55
Tabla 75. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_5210703	55
Tabla 76. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2120798 ..	57
Tabla 77. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2120798	57
Tabla 78. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2120798	57
Tabla 79. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2120798 ..	58
Tabla 80. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2120798	58
Tabla 81. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2120798	59
Tabla 82. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2120798	59
Tabla 83. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2501701 ..	60
Tabla 84. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2501701	61
Tabla 85. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2501701	61
Tabla 86. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2501701 ..	61
Tabla 87. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2501701	61
Tabla 88. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2501701	62
Tabla 89. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_251701	63
Tabla 90. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612520 ..	64

Tabla 91. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612520	64
Tabla 92. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612520	65
Tabla 93. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2612520	65
Tabla 94. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612520	65
Tabla 95. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612520	66
Tabla 96. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612520	67
Tabla 97. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612030 ..	68
Tabla 98. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612030	68
Tabla 99. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612030	68
Tabla 100. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2612030 ..	69
Tabla 101. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612030	69
Tabla 102. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612030	70
Tabla 103. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612030	70
Tabla 104. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612037 ..	71
Tabla 105. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612037	72
Tabla 106. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612037	72
Tabla 107. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_26120370	72
Tabla 108. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612037	72
Tabla 109. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612037	73
Tabla 110. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612037	74
Tabla 111. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612513 ..	75
Tabla 112. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612513	75
Tabla 113. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612513	75
Tabla 114. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2612513 ..	76
Tabla 115. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612513	76
Tabla 116. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612513	77
Tabla 117. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612513	77
Tabla 118. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2120051 ..	79
Tabla 119. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2120051	79
Tabla 120. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2120051	80
Tabla 121. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2120051 ..	80
Tabla 122. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2120051	80

Tabla 123. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2120051	81
Tabla 124. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2120051	82
Tabla 125. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2120051_30	83
Tabla 126. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2120051_30	83
Tabla 127. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2120051_30	83
Tabla 128. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2120051_30	84
Tabla 129. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2120051_30	84
Tabla 130. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2120051_30	85
Tabla 131. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2120051_30	86
Tabla 132. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_ P-01_120	87
Tabla 133. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_ P-01_120	87
Tabla 134. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_ P-01_120	88
Tabla 135. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_ P-01_120	88
Tabla 136. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_ P- 01_120	88
Tabla 137. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_ P- 01_120	89
Tabla 138. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_ P-01_120	90
Tabla 139. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_ P-01_360	91
Tabla 140. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_ P-01_360	91
Tabla 141. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_ P-01_360	91
Tabla 142. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_ P-01_360	92
Tabla 143. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_ P- 01_360	92
Tabla 144. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_ P- 01_360	93
Tabla 145. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_ P-01_360	93



1. INTRODUCCIÓN

Los eventos extremos hidrológicos, específicamente las precipitaciones fuertes causantes de crecientes e inundaciones, y las sequías intensas, han existido siempre en el planeta, produciendo desde la antigüedad daños materiales (infraestructura) y sociales (enfermedades y muertes); especialmente por la urbanización y crecimiento poblacional en zonas de alto peligro.

Recientemente el hombre ha comenzado a conocer el comportamiento de fenómenos macroclimáticos y sus efectos a escala mundial, como por ejemplo en fenómeno cálido del Pacífico (El Niño) y su relación con la oscilación del sur (ENOS), fenómenos que hacen más extremos los eventos hidrológicos máximos o mínimos.

Colombia presenta una gran diversidad en el clima, debido a la variedad topográfica y a su geográfica, el cual es afectado por fenómenos macroclimáticos. Estos fenómenos como el ENOS tienen una clara incidencia sobre el país, por lo cual se considera necesario involucrarlos explícitamente en los diseños de estructuras, en especial en obras basadas en eventos extremos. Es importante saber qué se puede hacer frente a problemas como éstos y como manejar las consecuencias de los eventos. Las soluciones a esto serían mediante estructuras más robustas pero principalmente con un análisis más detallado y profundo de los riesgos hidrológicos para el diseño de obras basadas en eventos extremos.

En el presente trabajo, se pretenden analizar y estudiar alternativas que den una respuesta al problema expuesto anteriormente a través de análisis de frecuencia en diferentes sitios del territorio colombiano con información recopilada en estaciones hidroclimatológicas, considerando varias distribuciones de probabilidad que incluyan años Niño, Niña y normales, y además con análisis y modelación probabilística y estadística que permitan concluir los objetivos de esta investigación.



2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Involucrar explícitamente en los análisis de frecuencia de eventos hidrológicos extremos máximos y mínimos (principalmente precipitación y caudal), los efectos de fenómenos macroclimáticos (El Niño-Oscilación del Sur).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar con profundidad los eventos extremos de precipitación y caudal principalmente asociados con fenómenos macroclimáticos como El Niño y La Niña y su incidencia en el territorio colombiano.

Revisar metodologías tradicionales existentes para el análisis de frecuencias de eventos hidrológicos extremos.

Revisar metodologías existentes para el análisis de frecuencias de eventos hidrológicos extremos con muestras provenientes de más de una población.

Proponer o adoptar metodologías y/o distribuciones de probabilidad basadas en más de una población para realizar análisis de frecuencia de eventos extremos hidrológicos en regiones con incidencia de fenómenos macroclimáticos.

Realizar experimentos numéricos con las anteriores distribuciones mediante simulaciones de Montecarlo y analizar su desempeño teórico para ajustar datos muestrales.

Realizar análisis de frecuencia con las distribuciones propuestas por algunas estaciones de medición de lluvia y de caudales pertenecientes a la red hidrometeorológica nacional.

Y concluir el análisis de frecuencia con los resultados obtenidos.



3. MARCO TEÓRICO

3.1 ANTECEDENTES

A través de la historia, Colombia ha sido afectada por diferentes eventos climáticos extremos, como por ejemplo el Fenómeno de El Niño y La Niña, especialmente durante los periodos de 1970 a 1998 donde se tuvo gran impacto social y económico en todo el país, los cuales todavía son recordados por sus diferentes intensidades.

Tradicionalmente los análisis de frecuencia se hacen con una serie de datos máximos o mínimos anuales, a través de ajustes de distribuciones de probabilidad (Gumbel, Log Normal, Log Pearson, por ejemplo). Lo que se propone es un análisis de frecuencia suponiendo que los datos provienen de dos o tres poblaciones diferentes (El Niño, La Niña, Normales).

Las siguientes tablas 1 y 2, muestran un resumen histórico de los fenómenos de El Niño y de La Niña, respectivamente.

Tabla 1. Resumen histórico del fenómeno de El Niño

ANO	INTENSIDAD
1925	Muy Intenso
1932	Débil
1940-41	Intenso
1951	Débil
1953	Moderado
1957-58	Intenso
1963	Débil
1969	Débil
1972-73	Intenso
1976	Moderado
1982-83	Muy Intenso
1987	Moderado
1991-92	Moderado
1994-95	Intenso
1997-98	Muy Intenso

Fuente: www.noaa.gov



Tabla 2. Resumen histórico del fenómeno de La Niña

ANO	DURACION (MESES)
1950-51	12
1954-56	29
1964-65	9
1970-72	19
1973-74	13
1974-76	20
1984-85	10
1988-89	14
1995-96	7
1998-2000	23
2000-2001	5

Fuente: www.noaa.gov

En el análisis de frecuencia proveniente de dos o tres poblaciones diferentes, existen investigaciones tales como la metodología para la obtención de los límites de confianza para la distribución de probabilidad de valores extremos tipo I para dos poblaciones y tres poblaciones en México, donde usan la distribución Gumbel con un esquema de estimación de parámetros basado en el método de mínimos cuadrados¹. La tesis titulada Análisis de eventos extremos de precipitación y su efecto en el diseño de drenaje superficial de tierras agrícolas del sur de Chile, de la Universidad Austral de Chile².

Además también existen otros estudios sobre fenómenos climáticos extremos como los elaborados por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) como los “Efectos naturales y socioeconómicos del fenómeno El Niño en Colombia”³.

3.2 EL CLIMA EN COLOMBIA

El territorio colombiano es un país susceptible a desastres naturales ya que el clima va de tropical a húmedo. En general el territorio colombiano consta de periodos de lluvia

1 RAYNAL, J.A. y GARCIA, L.G. Análisis de Frecuencias de Gastos Máximos Anuales Usando la Distribución de Valores Extremos Tipo I para Tres Poblaciones. Vol.15, no.3, p.97-104.

2 FULVIO MAURIZIO RIVANO GUTIÉRREZ. 2004. Universidad austral de chile facultad de ciencias agrarias, escuela de agronomía.

3 IDEAM. IV Congreso Colombiano de Meteorología. La variabilidad y el Cambio Climático y su impacto socioeconómico. Bogotá. Marzo 19-23 1996.

bimodal, es decir está constituido por dos periodos de humedad de marzo a mayo y de septiembre a diciembre, aunque en algunas regiones del país como los Llanos Orientales y la llanura del Caribe se presenta una sola temporada de lluvia, y al sur del país se generan precipitaciones constantes⁴.

Colombia se ubica en la cordillera de los andes y como consecuencia de ello presenta una diversidad de climas y por lo tanto es propensa a pérdidas y desastres naturales causando muertes y gastos al país, por sequías e inundaciones. Además también por tener una buena cantidad de montañas hay variabilidad climática a lo largo de todas las regiones.

En la Figura 1 se pueden observar los diferentes climas que se presentan a lo largo del territorio colombiano.

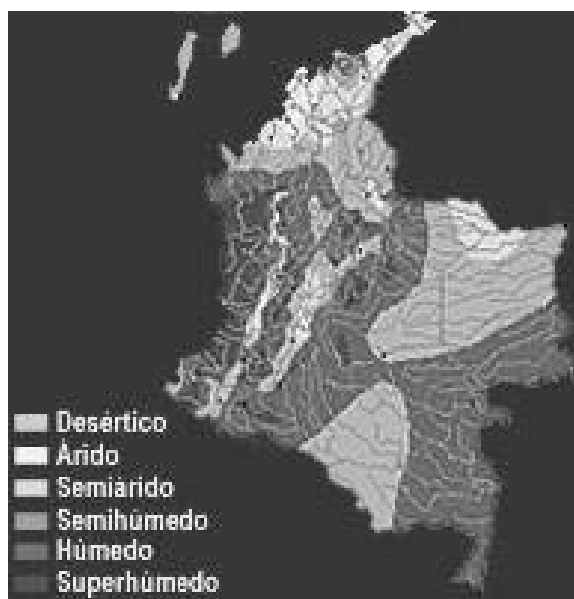


Figura 1. Climatología del territorio colombiano.
Fuente: IDEAM

3.3 FENÓMENOS MACROCLIMÁTICOS

El fenómeno ENOS (El Niño/Oscilación del Sur) se compone de dos fases: la fase cálida conocida como El Niño y la fase fría conocida como La Niña. Ambos

⁴ www.memo.com.co/fenonino/aprenda/geografia/colombia



fenómenos oceánico-atmosféricos se desarrollan en las aguas del Océano Pacífico tropical⁵.

El Niño: Aparición de corrientes oceánicas cálidas de las costas de América y alteración del sistema global océano-atmósfera que se origina en el Océano Pacífico Ecuatorial, generalmente en el periodo comprendido entre diciembre y marzo⁶.

Este fenómeno se fundamenta en anomalías de temperatura en el océano pacífico mayores a 0.5 °C durante los últimos cinco meses del año, según definición de la Administración del Océano y la Atmósfera de los Estados Unidos (NOAA).

La Niña: Es la fase negativa del fenómeno de El Niño que se caracteriza por un significativo enfriamiento de la temperatura de la superficie del océano Pacífico ecuatorial y por cambios en la dirección y velocidad del viento en la zona intertropical debido a variaciones de la presión atmosférica⁷.

Surge como resultado de la intensificación de la surgencia de las aguas frías del ecuador. Durante los eventos La Niña las aguas calientes en el Pacífico ecuatorial se concentran en la región junto a Oceanía y es sobre esta región donde se desarrolla la nubosidad y la precipitación más intensa.

Tanto El Niño como La Niña son ejemplos de la variabilidad climática global siendo parte fundamental de un sistema de fluctuaciones climáticas. **La Niña** se caracteriza por temperaturas frías si se le compara con el **El Niño** que se caracteriza por temperaturas oceánicas inusualmente calientes sobre el Pacífico Ecuatorial.

⁵ “I Encuentro de Universidades del Pacífico Sur”

⁶ Roberto Ulises Cruz Aguirre, Jefe del departamento de Comunicación del CICESE.
www.elniño.cicese.mx

⁷ Centro de Predicción Climática de la NOAA (EEUU).



Como ya se sabe estos fenómenos influyen en la variabilidad del clima en el mundo, provocando intensas lluvias y sequías que afectan en general a la humanidad produciendo desastres que en la mayoría de los casos no solo afectan los países desarrollados sino también a los subdesarrollados. Según el IDEAM⁸ en el periodo entre 1980 y 2000 murieron 1.5 millones de personas debido a desastres naturales especialmente en lugares donde la pobreza es mayor, y por esto también la importancia que se tiene en el momento de diseñar estructuras hidráulicas, ya que de esta manera se pueden prevenir muertes y daños en el momento de ocurrir fenómenos como los mencionados.

En Colombia cuando ocurre el fenómeno de El Niño, en general se presentan sequías, incendios, disminución en la pesca y en cultivos, racionamiento de energía y por supuesto enfermedades. En el fenómeno de La Niña hay riesgos de inundaciones, desastres, desbordamientos, destrucción de infraestructura vial e hidráulica.

Colombia es uno de los países más desforestados en el mundo⁹, lo que implica que cuando ocurre el fenómeno de El Niño el índice de deforestación aumenta debido a los incendios que causa la sequía. Pero también las inundaciones que produce el fenómeno de La Niña deterioran los cauces de los ríos por el depósito de escombros (taponamiento de drenajes) y aumentan la erosión.

Estos dos fenómenos se presentan a través de la historia con diferente intensidad y frecuencia, como se muestra en la Tabla 3.

⁸ Sistema de Alertas Hidrológicas, Versión 13 Julio de 2004.

⁹ Sistema de Alertas Hidrológicas, Versión 13 Julio de 2004.

Tabla 3 Intensidad de los fenómenos macroclimáticos en el tiempo

Año	EFM (1)	AMJ(1)	JAS(1)	OND(1)	Interpretación (2)
1980	W-	N	N	N	
1981	N	N	N	N	
1982	N	W-	W	W+	
1983	W+	W	N	C-	El Niño
1984	C-	C-	N	C-	
1985	C-	C-	N	N	
1986	N	N	W-	W	
1987	W	W	W+	W	El Niño
1988	W-	N	C-	C-	
1989	C+	C-	N	N	La Niña
1990	N	N	W-	W-	
1991	W-	W-	W	W	
1992	W+	W+	W-	W-	El Niño
1993	W-	W	W	W-	El Niño
1994	N	N	W	W	
1995	W	N	N	C-	El Niño
1996	C-	N	N	N	
1997	N	W	W+	W+	
1998	W+	W	C-	C	El Niño
1999	C+	C	C-	C	La Niña
2000	C	C-	N	C-	
2001	C-	N	N		

W+ Niño muy fuerte

W Niño fuerte

W- Niño débil

C+ Niña muy fuerte

C Niña fuerte

C- Niña débil

Fuente: www.noaa.gov

3.3.1 EFECTOS QUE CAUSA EL FENÓMENO DE EL NIÑO

Se presenta un aumento en la temperatura superficial del mar con valores de 2-3°C superiores a la normal, del nivel del mar de 0.2-0.4m, de la temperatura del aire en el día y disminución en las noches, disminución de la precipitación en algunas regiones y aumento en otras y por lo tanto disminución o aumento de caudal dependiendo de la precipitación.

Los anteriores efectos mencionados conllevan a otros de orden natural como pérdida de cobertura natural llegando a producir incendios debido a la falta de precipitación (sequía), muertes y cambios en la distribución de especies marinas, muerte por falta de agua de animales terrestre y aéreos, migración de aves. También se ven afectados los nevados, ríos y bosques.



3.3.2 EFECTOS QUE CAUSA EL FENÓMENO DE LA NIÑA

Hay un aumento de los caudales de los ríos, de sedimentos debidos a la gran precipitación durante este fenómeno y disminuye la temperatura del mar.

Se producen cambios en las aguas marinas del Pacífico produciendo un desnivel en el mar ocasionando un aumento en el esfuerzo cortante, originando un aumento en este nivel sobre el occidente del océano Pacífico y una disminución en el oriente

La temperatura del mar desciende de 1-2°C sobre el océano pacifico, causando variabilidad en el clima, en general se presenta una disminución en la cantidad del brillo solar

Según estudios del IDEAM el fenómeno de la Niña favorece el desplazamiento de ciclones hacia el territorio colombiano, debido al enfriamiento de la superficie del agua del océano Pacífico.

Los numerales anteriores 3.3.2 y 3.3.3, son resumidos en la Tabla 4.

Tabla 4 Resumen de los efectos que causan eventos extremos

	Efectos físicos de El Niño	Desastres inducidos
Océano Pacífico	Aumento del nivel medio del mar.	Incremento de marejadas.
	Incremento de la temperatura superficial del mar.	Biológico.
Territorio Nacional	Déficit de lluvias (sequía) e incremento de la temperatura en el día.	1. Forestales y Sequía en las regiones Andina, Caribe, norte de la Pacífica. 2. Epidemias. 3. Disminución de la ocurrencia de inundaciones, deslizamientos y avenidas.
	Descenso anómalo de la temperatura la noche en	Heladas en los altiplanos
	Aumento de las lluvias	Inundaciones en el sur de la región Pacífica, y

Fuente: IDEAM



3.4 ANÁLISIS DE FRECUENCIA

Para la revisión de metodologías existentes de análisis de frecuencias de eventos hidrológicos extremos se empieza describiendo qué es y cómo se hace este análisis.

Un análisis de frecuencia es un procedimiento para ajustar los datos hidrológicos a un modelo matemático de distribución de probabilidades, haciendo tres suposiciones¹⁰

- Los datos analizados describen eventos aleatorios
- Los procesos naturales son estacionarios con respecto al tiempo
- Los parámetros de la población pueden ser estimados desde la muestra.

Muchos modelos hidrológicos simulan fenómenos naturales extremos, en la que su comportamiento depende de que tipo de población es y de su tamaño.

Algunos de los modelos de distribución de probabilidades más utilizados en el análisis de frecuencia para variables hidrológicas y se muestran a continuación.

Distribución normal. Está definida por la ecuación (1).

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (1)$$

donde σ y μ son la desviación estándar y la media de la población, respectivamente.

Esta distribución tiene un buen ajuste para las variables hidrológicas en general pero tiene un inconveniente en el que la información hidrológica generalmente es asimétrica y esta distribución es simétrica alrededor de la media¹¹.

Distribución log normal. Esta distribución tiende a ser normal para valores grandes del tamaño de la muestra. En la ecuación (2) se observa la función de densidad de probabilidad.

¹⁰ Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R., Larry W.

¹¹ Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R., Larry W.



$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\Pi}} \exp\left(-\frac{(\log x - \mu)^2}{2\sigma_{\log x}^2}\right) \quad (2)$$

donde σ y μ son la desviación estándar y la media de la población, respectivamente y $\sigma_{\log x}$ es la desviación estándar de los logaritmos de la variable x .

La limitación es que ésta tiene solo dos parámetros, lo cual hace que esta distribución sea menos robusta, además se requiere que los logaritmos de los datos sean simétricos alrededor de la media¹², lo que no es normal en datos hidrológicos.

Distribución Exponencial. Esta distribución se caracteriza porque representa eventos ocurren instantánea o independientemente en un horizonte de tiempo¹³. Como se puede notar en la ecuación (3) esta distribución solo tiene un parámetro y por lo tanto encontrarlo es más sencillo matemáticamente, pero requiere que cada evento hidrológico sea independiente uno de otro.

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x} \quad (3)$$

donde λ es la tasa media de ocurrencia de los eventos.

Distribución Gamma. Esta distribución es muy útil en l descripción de variables hidrológicas asimétricas¹⁴, y esta definida en la ecuación (4).

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta x^{\beta-1} e^{-\lambda x}}{\Gamma(\beta)} \quad (4)$$

siendo β el número de eventos en un proceso de Poisson y Γ la función gamma.

Distribución Pearson tipo 3. La función de distribución de probabilidades de la distribución Pearson se muestra en la ecuación (5).

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta (x - E)^{\beta-1} e^{-\lambda(x-E)}}{\Gamma(\beta)} \quad (5)$$

¹² Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R., Larry W.

¹³ Nathabandu T. Kottegoda, Renzo Rosso.

¹⁴ Hidrología Aplicada, Ven Te Chow, David R., Larry W.



donde β es el número de eventos, E es un parámetro de límite inferior, Γ es la función gamma.

Esta distribución es una función Gamma pero con tres parámetros y tiene la ventaja de que es una distribución muy flexible en cuanto a datos hidrológicos se trata.

Distribución log Pearson tipo 3. La distribución log Pearson tipo 3 puede ser derivada de la distribución Pearson tipo 3 de la misma manera que se obtiene la distribución log normal de la distribución normal¹⁵. La ecuación (6) muestra esta distribución.

$$f(x) = \frac{\lambda^\beta (\log x - E)^{\beta-1} e^{-\lambda(\log x - E)}}{x\Gamma(\beta)} \quad (6)$$

Esta distribución es una alternativa para ajustar curvas de frecuencia, especialmente para crecientes y avenidas.

Distribución de valores extremos tipo 1. Conocida como distribución Gumbel y es usada en casos donde los datos hidrológicos son extremos (máximos y mínimos).

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha} - \exp\left(-\frac{x-\mu}{\alpha}\right)\right) \quad (7)$$

siendo α el parámetro de escala.

Distribución general de valores extremos. Combina en una forma matemática general, las distribuciones de valores extremos tipo 1, 2 y 3 para máxima¹⁶. La función de distribución de probabilidades se observa en la ecuación (8).

$$f(x) = \exp\left(-\left(1 - k \frac{x-\mu}{\alpha}\right)^{1/k}\right) \quad (8)$$

Las anteriores distribuciones probabilísticas son funciones utilizadas comúnmente para hacer análisis de frecuencia de eventos hidrológicos. En este proyecto no se utilizaron

¹⁵ BOBÉE (1975) y KITE (1977)

¹⁶ JOHNSON y KOTZ (1970)



todas estas ya que el objetivo principal es el análisis de frecuencia para eventos extremos es decir para máximos y mínimos para más de una población.

Las distribuciones utilizadas frecuentemente para eventos hidrológicos extremos son: Distribución de Valores Extremos tipo I, Distribución de Valores Extremos tipo III, Distribución General de Valores Extremos, Distribución Generalizada de Valores extremos de dos componentes, estas solo para una población. Más adelante se mostrarán las de más de una población.



4. METODOLOGÍA

4.1 ESTACIONES UTILIZADAS

Los datos de las estaciones utilizadas en este proyecto fueron suministrados por el IDEAM. Esta información consta de diferentes estaciones hidrometeorológicas con series históricas con longitudes de registro promedios de 30 años (pluviométricas, pluviográficas, limnimétricas, limnigráficas). Estas estaciones están ubicadas a lo largo del territorio colombiano.

Inicialmente se tenían estaciones con series históricas de 15 años (es decir series anuales de 15 datos), pero posteriormente se observó a lo largo del proyecto que con estas estaciones no era adecuado el análisis de frecuencia para más de una población; en consecuencia posteriormente se trabajó con estaciones de 50 datos como mínimo.

Las estaciones usadas en este proyecto se muestran en la tabla 5, la cual enseña que tipo de parámetro fue analizado para cada estación y a que subcuenca pertenece cada una.

Tabla 5 Estaciones Climatológicas y sus Parámetros

Estación	Subcuenca	Parámetros
Palmalarga	Saldara	Caudal
Pte Colache	Saldana	Caudal
San Agustin	Chenche	Caudal
Purificación	Chenche	Caudal
Anchique	Anchique	Caudal
Pte La Hamaca	Q Pole	Caudal
Pte Ortega	Ortega	Caudal
San Isidro	Siecha	Caudal
Montelibano	San Jorge	Caudal
Española	Roble	Precipitación
Navarco	Navarco	Precipitación
Planadas	Santo Domingo	Precipitación
Sibate A	Mura	Intensidad



4.2 MODELOS DESARROLLADOS

Los modelos desarrollados o las distribuciones probabilísticas utilizadas en este proyecto se muestran a continuación, utilizándose solo éstas, debido a que se pretenden analizar eventos hidrológicos extremos (máximos y mínimos).

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS TIPO I (GUMBEL MIXTA)

Esta distribución probabilística se basa en una distribución Gumbel normal, ya que es una suma ponderada de dos distribuciones Gumbel. Las ecuaciones 9 y 10 muestran la distribución de probabilidad y la función de densidad de respectivamente, donde $F(x)$ es la función de distribución de probabilidad y $f(x)$ es la función de densidad de probabilidad.

$$F(x) = (p) \exp^{-\exp^{-(x-\mu_1)}/\alpha_1} + (1-p) * \exp^{-\exp^{-(x-\mu_2)}/\alpha_2} \quad (9)$$

$$f(x) = \frac{p}{\alpha_1} * \exp^{(-\exp^{-(x-\mu_1)}/\alpha_1 - (x-\mu_1)/\alpha_1)} + \frac{1-p}{\alpha_2} * \exp^{(-\exp^{-(x-\mu_2)}/\alpha_2 - (x-\mu_2)/\alpha_2)} \quad (10)$$

Esta distribución Gumbel Mixta tiene cinco parámetros, μ_1 , μ_2 , α_1 , α_2 , p , donde el subíndice corresponde a cada una de las poblaciones, y donde μ_i es el parámetro de ubicación y α_i es el parámetro de escala ($\alpha_i > 0$) y p es el parámetro de ponderación y esta entre 0 y 1.

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA (GEV2)

La GEV2 es la suma ponderada de dos distribuciones generales de valores extremos. En las ecuaciones (11) y (12) se presentan la función de distribución de probabilidad y la función de densidad de probabilidad, respectivamente, donde $F(x)$ es la función de distribución de probabilidad y $f(x)$ es la función de densidad de probabilidad.

$$F(x) = p * \exp^{-\left(1 - \left(\frac{x-\mu_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}\right)^{\frac{1}{\beta_1}}} + (1-p) * \exp^{-\left(1 - \left(\frac{x-\mu_2}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}\right)^{\frac{1}{\beta_2}}} \quad (11)$$



$$f(x) = p * \exp^{-\left(1 - \left(\frac{x - \mu_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}\right)} * \left(1 - \left(\frac{x - \mu_1}{\alpha_1}\right)^{\beta_1}\right)^{\left(\frac{1}{\beta_1} - 1\right)} + (1 - p) * \exp^{-\left(1 - \left(\frac{x - \mu_2}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}\right)^{1/\beta_2}} * \left(1 - \left(\frac{x - \mu_2}{\alpha_2}\right)^{\beta_2}\right)^{\left(\frac{1}{\beta_2} - 1\right)} \quad (12)$$

Esta distribución General de Valores Extremos Mixta tiene siete parámetros, μ_1 , μ_2 , α_1 , α_2 , β_1 , β_2 , p , donde el subíndice esta asociado a cada una de las poblaciones y donde μ_i es el parámetro de ubicación, α_i es el parámetro de escala ($\alpha_i > 0$), β_i es el parámetro de forma y p es el parámetro de ponderación dependiendo del número de poblaciones y varia así $0 < p < 1$.

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS TIPO III (WEIBULL, W2)

Esta distribución es utilizada en eventos hidrológicos extremos mínimos y es la suma ponderada de dos distribuciones Weibull, y se muestra en las ecuaciones (13) y (14).

$$F(x) = \left[p * \left(1 - \exp \left(- \left(\frac{x}{\beta_1} \right)^{\alpha_1} \right) \right) \right] + \left[(1 - p) * \left(1 - \exp \left(- \left(\frac{x}{\beta_2} \right)^{\alpha_2} \right) \right) \right] \quad (13)$$

$$f(x) = \left[\frac{\alpha_1 * (x)^{\alpha_1 - 1}}{\beta_1^{\alpha_1}} * \exp \left(- \left(\frac{x}{\beta_1} \right)^{\alpha_1} \right) * p \right] + \left[\frac{\alpha_2 * x^{\alpha_2 - 1}}{\beta_2^{\alpha_2}} * \exp \left(- \left(\frac{x}{\beta_2} \right)^{\alpha_2} \right) * (1 - p) \right] \quad (14)$$

Esta distribución presenta 5 parámetros, donde β_i es el parámetro de forma, α_i el de escala y p la ponderación de la distribución dependiendo del número de poblaciones y $0 < p < 1$.

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Esta distribución es un caso específico de la Distribución Generalizada de Valores Extremos de Dos componentes y representa el producto de dos distribuciones Gumbel. En las ecuaciones (15) y (16) se presentan la función de densidad y la función acumulada.

$$F(x) = \exp \left(- \lambda_1 * \exp^{-x/\alpha_1} - \lambda_2 * \exp^{-x/\alpha_2} \right) \quad (15)$$

$$f(x) = \exp \left(- \lambda_1 * \exp^{-x/\alpha_1} - \lambda_2 * \exp^{-x/\alpha_2} \right) * \left(\frac{\lambda_1}{\alpha_1} * \exp^{-x/\alpha_1} + \frac{\lambda_2}{\alpha_2} * \exp^{-x/\alpha_2} \right) \quad (16)$$



Esta distribución de valores extremos de dos componentes tiene 4 parámetros los cuales son $\alpha_1, \lambda_1, \alpha_2, \lambda_2$, donde α_i es el parámetro de escala, λ_i el parámetro de la distribución de valores extremos de dos componentes y el subíndice corresponde a cada una de las poblaciones respectivamente.

Como esta distribución es un producto de dos distribuciones Gumbel normales, el parámetro λ_i se puede convertir en el parámetro μ_i a través de la ecuación (17).

$$\mu_i = \alpha_i * \ln(\lambda_i) \quad (17)$$

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Esta distribución generalizada de valores extremos de dos componentes es el producto de una distribución Gumbel y una General de Valores Extremos, y se puede observar en las ecuaciones (18) y (19).

$$F(x) = \exp \left[\left(-\exp \left(-\frac{(x - \mu_a)}{\alpha_a} \right) \right) - \left(1 - \left(\frac{(x - \mu_b)}{\alpha_b} * \beta \right) \right)^{\frac{1}{\beta}} \right] \quad (18)$$

$$f(x) = \left[\frac{1}{\alpha_a} * \exp \left(-\exp \left(\frac{-(x - \mu_a)}{\alpha_a} \right) \right) * \exp \left(\frac{-(x - \mu_a)}{\alpha_a} \right) \right] \\ \frac{1}{\alpha_b} * \exp \left(-\left(1 - \frac{(x - \mu_b)}{\alpha_b} * \beta \right) \right) \\ * \left(1 - \frac{(x - \mu_b)}{\alpha_b} * \beta \right)^{\left(\frac{1}{\beta} - 1 \right)} \quad (19)$$

donde μ_i es el parámetro de ubicación, α_i el parámetro de escala, β el parámetro de forma.

4.3 ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS DE MODELOS DESARROLLADOS



Cada uno de los modelos probabilísticos anteriormente citados tiene una serie de parámetros cuyos valores se determinan para cada una de las distribuciones dependiendo de la serie histórica hidrológica que se tenga de cada estación.

Para el cálculo de cada uno de esos parámetros existen diversos métodos y procedimientos. Los métodos más utilizados son el método de máxima verosimilitud y el método de momentos; para este proyecto se utilizó el método de máxima verosimilitud ya que es el más robusto para este tipo de análisis de eventos extremos máximos y mínimos y adecuado donde se tienen pocos datos históricos; a pesar de que este sea más complejo por los sistemas de ecuaciones para su solución. El método de estimación de parámetros de máxima verosimilitud se implementó en la herramienta computacional Mathcad.

4.3.1 Método de Máxima Verosimilitud

Este método sirve para la estimación de los parámetros de las diferentes distribuciones probabilísticas. El procedimiento es el siguiente:

$$Ln = \sum_{i=1}^n Ln f(x_i; \theta) \quad (20)$$

Se plantea la función de verosimilitud que es L_n , con la función de distribución de probabilidad $f(x_i; \alpha, \beta, \dots)$, donde α, β, \dots son los parámetros a buscar con este método para cada una de las distribuciones probabilísticas, se tiene una probabilidad conjunta que es L_n , donde x_i son los n valores de la muestra histórica (estación) y que se llama verosimilitud¹⁷.

Posteriormente la verosimilitud (L_n) se maximiza, derivando parcialmente esta con respecto a cada uno de los parámetros de la distribución e igualando a cero cada una de estas ecuaciones, resultando un sistema de ecuaciones simultáneas cuyas incógnitas son los valores de los parámetros de la distribución.

¹⁷ Escalante, S. C., y Raynal, J. A



4.4 MÉTODO UTILIZADO PARA LA ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS

El método utilizado en este trabajo para la estimación de parámetros de cada una de las distribuciones de probabilidad fue el de Máxima Verosimilitud.

Como ya se expuso anteriormente para la estimación de parámetros es conveniente tener alguna herramienta computacional para su solución ya que los sistemas de ecuaciones simultáneas resultantes son complejos. Por esta razón se utilizó Mathcad.

Para el desarrollo de éste, como no era posible obtener soluciones analíticas para la estimación de los parámetros se uso una herramienta computacional, Mathcad.

Mathcad es un software que sirve para hacer cálculos matemáticos de cualquier tipo como por ejemplo la solución analítica de derivadas parciales y la solución numérica de sistemas de ecuaciones, que en este caso fue lo requerido para la estimación de parámetros.

Para el cálculo de ecuaciones no lineales Mathcad tiene diferentes alternativas de solución como las funciones RREF, LSOLVE, GIVEN/FIND Y MATRIZ INVERSA. En este caso se usó la solución GIVEN/FIND EN LA CUAL inicialmente se ingresan valores iniciales de cada uno de los parámetros, posteriormente se da el comando GIVEN, se escribe el sistema de ecuaciones simultaneas y finalmente se da el comando FIND para que Mathcad encuentre la solución.

Para ilustrar este proceso se presenta un ejemplo de estimación de parámetros para la estación Planadas y la Distribución de Valores Extremos de Dos Componentes. La distribución está dada por la ecuación (21).

$$M = e^{-\lambda_1 \cdot e^{-\frac{x}{\alpha_1}} - \lambda_2 \cdot e^{-\frac{x}{\alpha_2}}} \cdot \left[\left(\frac{\lambda_1}{\alpha_1} \right) \cdot e^{-\frac{x}{\alpha_1}} + \frac{\lambda_2}{\alpha_2} \cdot e^{-\frac{x}{\alpha_2}} \right] \quad (21)$$

La verosimilitud para el dato x es:

$$\ln(M) \rightarrow \ln\left(\exp\left(-\lambda_1 \cdot \exp\left(\frac{-x}{\alpha_1}\right) - \lambda_2 \cdot \exp\left(\frac{-x}{\alpha_2}\right)\right) \left(\frac{\lambda_1}{\alpha_1} \cdot \exp\left(\frac{-x}{\alpha_1}\right) + \frac{\lambda_2}{\alpha_2} \cdot \exp\left(\frac{-x}{\alpha_2}\right)\right)\right) \quad (22)$$

Derivándose la ecuación (22) con respecto a cada uno de los 4 parámetros y se iguala a cero. Así resultan 4 ecuaciones simultáneas no lineales, las cuales se presentan a continuación.

$$\begin{aligned}
 &\text{Given} \\
 0 &= \sum_{i=1}^n \lambda_1 \frac{\left[-\lambda_1 \exp\left(-2 \frac{\lambda_1}{\alpha_1}\right) \lambda_1 \alpha_2 - \lambda_1 \exp\left[-\lambda_1 \frac{(\alpha_2 + \alpha_1)}{\alpha_1 \alpha_2}\right] \lambda_2 \alpha_1 - \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 \alpha_1 + \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 \lambda_1 \right]}{\alpha_1^2 \left(\lambda_1 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 + \lambda_2 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 \right)} \\
 0 &= \sum_{i=1}^n \lambda_2 \frac{\left[\lambda_1 \exp\left[-\lambda_1 \frac{(\alpha_2 + \alpha_1)}{\alpha_1 \alpha_2}\right] \lambda_1 \alpha_2 + \lambda_1 \exp\left(-2 \frac{\lambda_1}{\alpha_2}\right) \lambda_2 \alpha_1 + \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 \alpha_2 - \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 \lambda_1 \right]}{\alpha_2^2 \left(\lambda_1 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 + \lambda_2 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 \right)} \\
 0 &= \sum_{i=1}^n -\exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \frac{\left(\lambda_1 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 + \lambda_2 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 - \alpha_2 \right)}{\left(\lambda_1 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 + \lambda_2 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 \right)} \\
 0 &= \sum_{i=1}^n -\exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \frac{\left(\lambda_1 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 + \lambda_2 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 - \alpha_1 \right)}{\left(\lambda_1 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_1}\right) \alpha_2 + \lambda_2 \exp\left(\frac{-\lambda_1}{\alpha_2}\right) \alpha_1 \right)} \\
 \\
 \text{Find}(\alpha_1, \alpha_2, \lambda_1, \lambda_2) &= \begin{pmatrix} 21.045 \\ 1.453 \\ 44.278 \\ 0.019 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Figura 2. Función “Give” y “Find” para el cálculo de los parámetros en Mathcad

El comando Given y el comando Find permiten encontrar los valores de los parámetros.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Con la información suministrada de las diferentes estaciones de precipitación, caudal e intensidades máximas y mínimas, se realizaron un análisis con las diferentes distribuciones probabilísticas para más de una población. Partiendo de la base de que se tienen dos poblaciones se hizo inicialmente un análisis con cada una de las distribuciones mencionadas en el numeral 4.3.



5.1 RESULTADOS PARA LAS ESTACIONES UTILIZADAS

A continuación se exponen los resultados de los parámetros y gráficas para cada una de las estaciones y para cada una de las distribuciones.

5.1.1 PALMALARGA_2205704

En esta estación se tiene una serie de datos históricos de caudales máximos anuales para el periodo 1980-1999, con una longitud de registro de 20 años y se presentan a continuación en la tabla 6.

Tabla 6 Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Palmalarga

Caudal	Año	Fenómeno
1471	1980-06	Normal
2647	1981-04	Normal
1625	1982-05	Niño
1685	1983-04	Normal
1875	1984-04	Niña
1070	1985-06	Normal
1294	1986-04	Niño
882.5	1987-05	Niño
1000	1988-06	Niña
1000	1989-07	Normal
1160	1990-04	Normal
855	1991-05	Niño
963	1992-12	Normal
1360	1993-05	Normal
1063	1994-05	Niño
778	1995-07	Niña
957	1996-05	Normal
1090	1997-01	Niño
1352	1998-05	Niña
1045	1999-04	Niña

A continuación se presentan los resultados de los parámetros y gráficas para cada distribución y para cada una de las estaciones establecidas.

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Inicialmente, para este caso, se hizo un análisis con los valores históricos para una distribución Gumbel normal y posteriormente para una Gumbel Mixta. En la tabla 7 están los resultados de la distribución Gumbel.

Tabla 7 Parámetros de la Distribución Gumbel estación Palmalarga

PARAMETROS	
α	277.41
μ	1079.08

Después de este análisis se hizo lo mismo con la distribución Gumbel Mixta y se muestra en la tabla (8). En la figura (3) se grafican los datos históricos y las distribuciones ajustadas.

Tabla 8 Parámetros de la distribución Gumbel Mixta estación Palmalarga

PARAMETROS	
p	0.4
α_1	113.66
α_2	344.53
μ_1	939.89
μ_2	1238.2

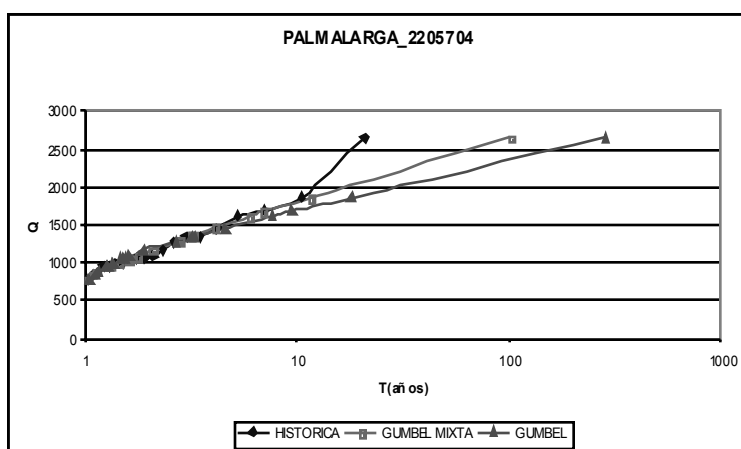


Figura 3. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Palmalarga.

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Como se ilustró antes esta distribución es una suma ponderada de dos distribuciones generales de valores extremos. Igualmente se hizo una comparación entre una distribución general de valores extremos y una de valores extremos mixta. En las tablas (9) y (10) se observan los resultados de estas y posteriormente en figura (4) las tres gráficas de la GEV, GEV2 y los datos históricos.

Tabla 9. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Palmalarga

PARAMETROS	
μ	1041.5
β	-0.301
α	229.15

Tabla 10. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Palmalarga

PARAMETROS	
$\mu 1$	990.1
$\mu 2$	1113
$\beta 1$	-0.21
$\beta 2$	-0.21
$\alpha 1$	123.5
$\alpha 2$	311.8
ρ	0.4

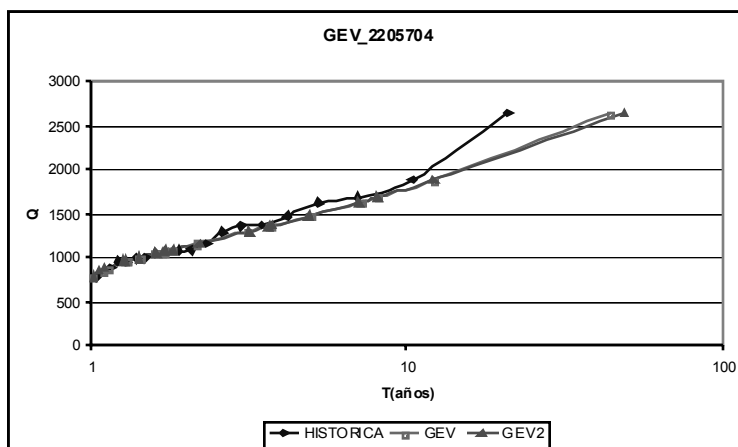


Figura 4. Gráfica de la distribución GEV, GEV2 y la serie histórica estación Palmalarga.

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

La VE2 es una mezcla del producto de dos distribuciones Gumbel y el resultado se observa en la tabla (11).

Tabla 11. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Palmalarga

PARAMETROS	
$\lambda 1$	53.52
$\alpha 1$	271.86
$\lambda 2$	15
$\alpha 2$	18.46

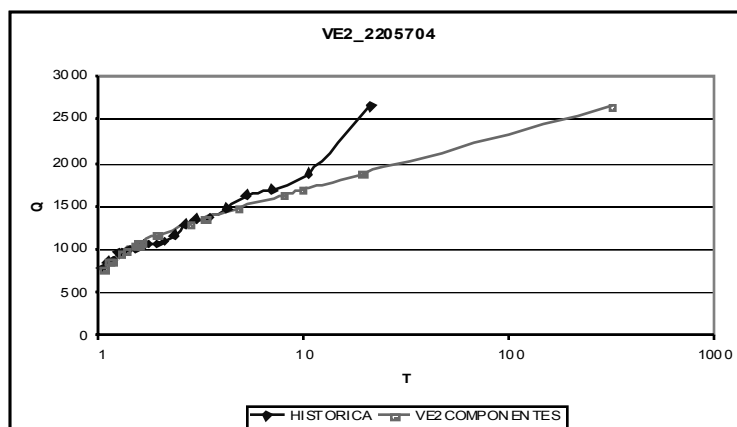


Figura 5. Gráfica de la distribución de valores extremos de dos componentes y la serie histórica estación Palmalarga.

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Representa el producto de una distribución Gumbel y una General de Valores Extremos y los resultados de los cálculos para esta distribución se presentan en la tabla (12).

Tabla 12. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Palmalarga

PARAMETROS	
α_a	271.86
μ_a	1082.02
α_b	229.15
μ_b	1041.45
β	-0.302

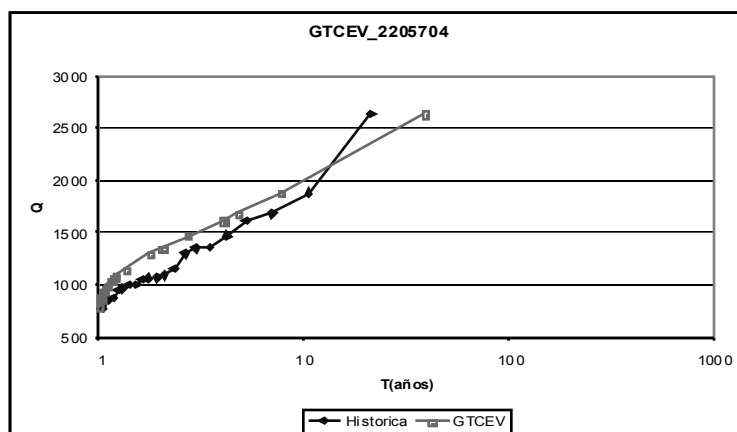


Figura 6. Gráfica de la distribución de valores extremos de dos componentes y la serie histórica estación Palmalarga.



Para esta estación y para todas las estaciones se observa que inicialmente hay una tabla en la que se presentan los datos históricos, la fecha de registro y el fenómeno para cada año y como se distribuyen estos a lo largo de los datos históricos; en la distribución Gumbel Mixta el valor de p es de 0.4 haciendo que los valores tiendan a ajustarse hacia los datos menores es decir hacia abajo y la gráfica también, en la distribución general de valores extremos comparando ambas gráficas la GEV y la GEV2 se observa que son casi iguales. Esto se debe a que los parámetros de los subíndices uno y dos son muy similares, en cuanto a las distribuciones de valores extremos de dos componentes, la normal y la generalizada, en ambos casos la distribución no se ajusta a la gráfica de los datos históricos y esto se debe a lo corto que llega a ser el registro.

5.1.2 ESTACIÓN PUENTE COLACHE_2205707

Esta estación presenta 15 datos históricos, en la tabla 13 se presenta el fenómeno.

Tabla 13. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Puente Colache

Caudal	Año	Fenómeno
995	1984-11	Niña
1090	1985-11	Normal
1385	1986-10	Niño
800	1987-05	Niño
900	1988-07	Niña
1000	1989-07	Normal
2002	1990-04	Normal
1726	1991-05	Niño
906.7	1992-11	Normal
2080	1993-05	Normal
1077	1994-09	Niño
884	1995-06	Niña
1400	1996-04	Normal
1174	1997-07	Niño
924.8	1998-05	Niña
1249	1999-02	Niña

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Las siguientes tablas muestran los resultados de esta distribución general y mixta.

Tabla 14. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Puente Colache

PARAMETROS	
α_1	272.6
μ_1	1049.1

Tabla 15. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Puente Colache

PARAMETROS	
p	1
α_1	258.95
α_2	755.19
μ_1	1056.37
μ_2	1660.62

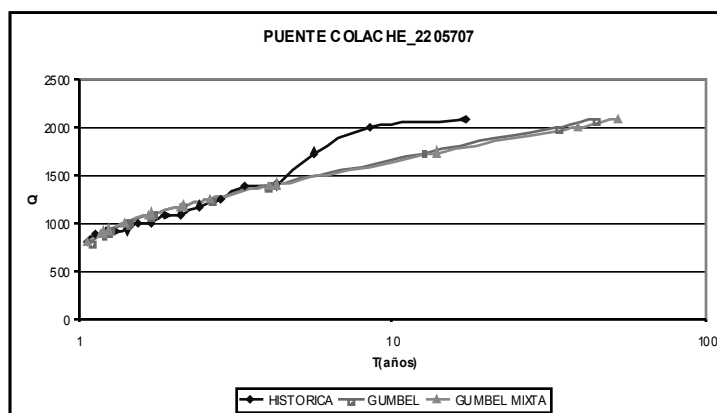


Figura 7. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Puente Colache

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 16. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Puente Colache

PARAMETROS	
μ	1004.74
β	-0.43
α	200.34

Tabla 17. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Puente Colache

PARAMETROS	
μ_1	990.09
μ_2	1004
β_1	-0.214
β_2	-0.43
α_1	123.52
α_2	200.34
p	0

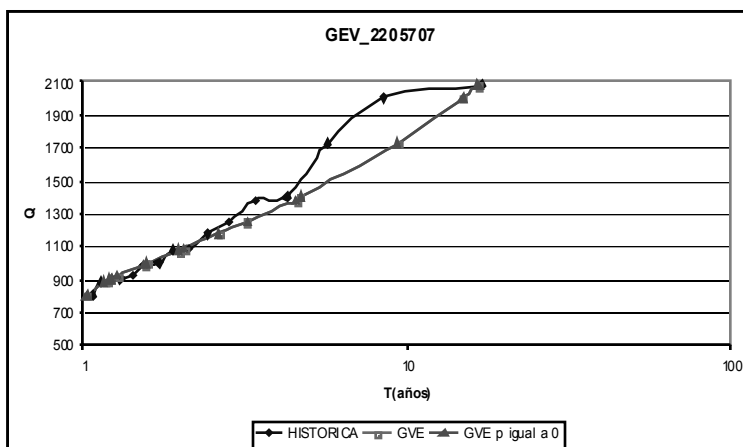


Figura 8. Gráfica de la distribución General de Valores Extremos, la general de valores extremos mixta y la serie histórica estación Puente colache

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 18. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Puente Colache

PARAMETROS	
λ_1	59.11
α_1	258.95
λ_2	15
α_2	14.75

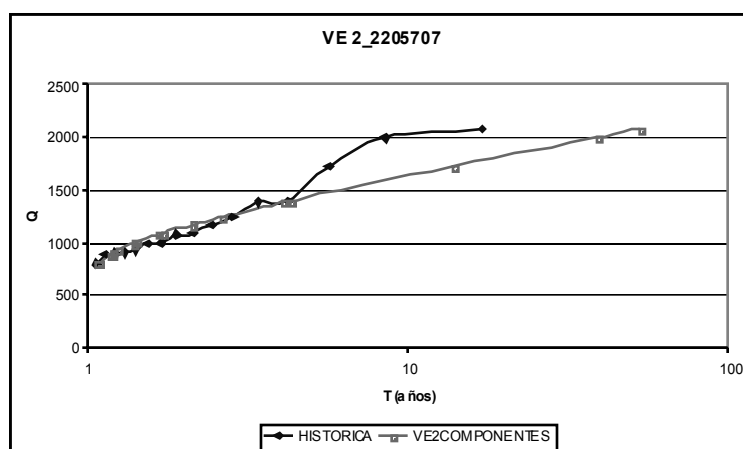


Figura 9. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Puente Colache

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 19. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Puente Colache

PARAMETROS	
αa	258.95
μa	1056.4
αb	200.34
μb	1004.74
β	-0.429

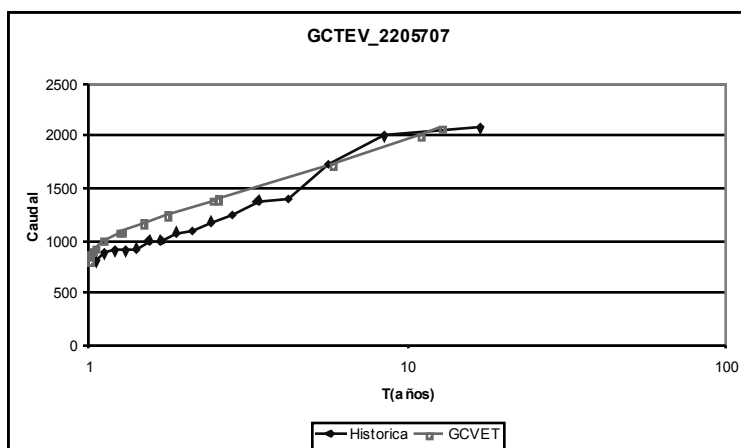


Figura 10. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Puente Colache

Esta distribución presenta menos datos que la anterior, afectando aun más el resultado de los parámetros, observándose esto otra vez más claramente en las distribuciones donde se hacia una ponderación como en el caso de la distribución Gumbel Mixta y la GEV2 donde el valor de p es de uno y de cero respectivamente, obligando de esta manera a que para esta estación no se pueda realizar la estimación para distribuciones con más de una población.

5.1.3 ESTACIÓN TRIANGULO_2505709

Esta estación presenta 15 datos históricos igual que la anterior y en la que se encuentra el fenómeno para cada año con su medición respectiva (tabla 20).

Tabla 20. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Triangulo

Caudal	Año	Fenómeno
1321	1985-10	Normal
2239	1986-04	Niño
1220	1987-05	Niño
1411	1988-11	Niña
1368	1989-01	Normal
1383	1990-10	Normal
1475	1991-05	Niño
1903	1992-12	Normal
1180	1993-05	Normal
1657	1994-09	Niño
687.3	1995-07	Niña
867.4	1996-05	Normal
895.6	1997-07	Niño
984.8	1998-06	Niña
1282	1999-01	Niña

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 21. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Triangulo

PARAMETROS	
α	349.37
μ	1132.94

Tabla 22. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Triangulo

PARAMETROS	
p	0.58
α_1	330.42
α_2	330.42
μ_1	1141.31
μ_2	1141.31

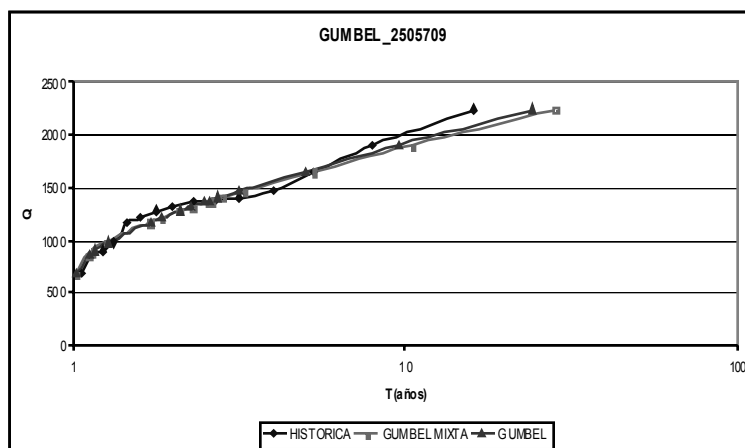


Figura 11. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Triangulo

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 23. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Punte Triangulo

PARAMETROS	
μ	1160.7
β	0.107
α	339.8

Tabla 24. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Triangulo

PARAMETROS	
$\mu 1$	1113
$\mu 2$	1381
$\beta 1$	0.092
$\beta 2$	0.144
$\alpha 1$	321.4
$\alpha 2$	341.8
p	0.6

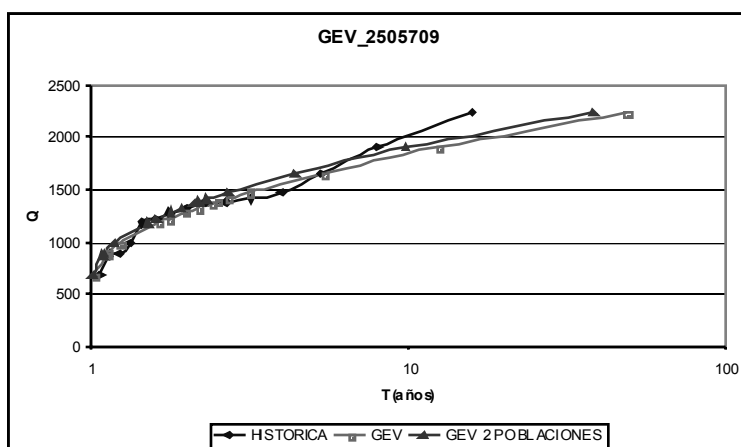


Figura 12. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Triangulo.

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 25. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Triangulo

PARAMETROS	
$\lambda 1$	31.62
$\alpha 1$	330.4
$\lambda 2$	0.01
$\alpha 2$	330.5

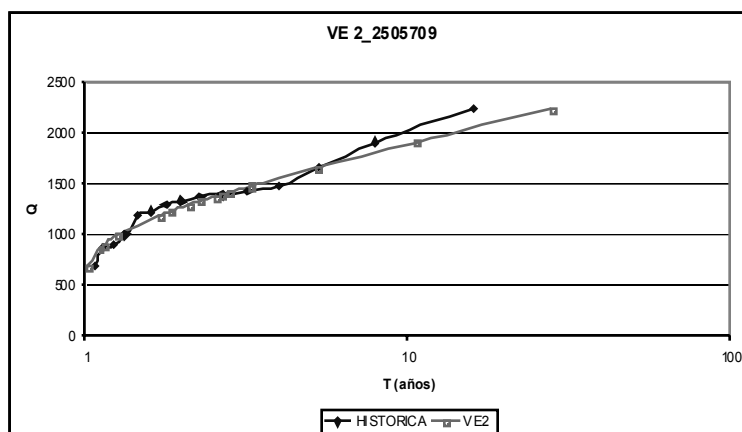


Figura 13. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Triángulo

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 26. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Triángulo

PARAMETROS	
αa	330.43
μa	1141.31
αb	339.84
μb	1160.7
β	0.107

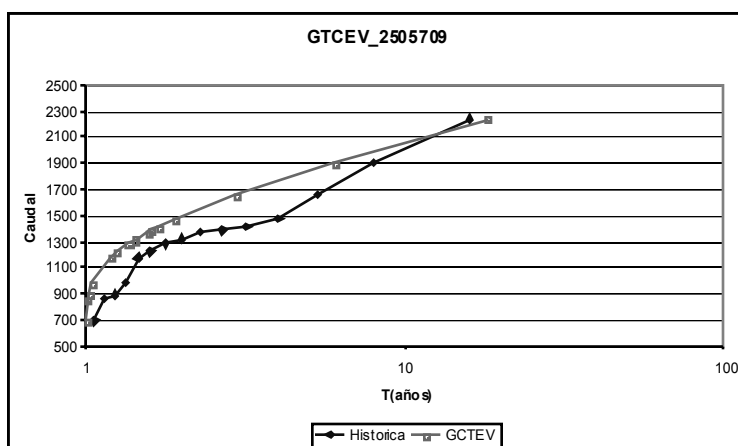


Figura 14. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Triángulo



El parámetro de ponderación de la distribución Gumbel Mixta y GEV2 tienden a tener valores de p mayores a 0.5 haciendo que las gráficas de estas distribuciones estén por arriba de los de la distribución Gumbel y GEV.

5.1.4 ESTACIÓN TAMBOR TEUSACA

Tabla 27. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Tambor Teusaca

Caudal	Año	Fenómeno
8.6	1946-12	Normal
19	1947-10	Normal
9.1	1948-4	Normal
9.5	1949-5	Normal
14.6	1950-5	Niña
14.8	1951-11	Niño
28.8	1952-11	Normal
19.6	1953-10	Niño
39.7	1954-11	Niña
17.6	1955-4	Niña
23.4	1956-10	Normal
25	1957-5	Niño
11.7	1958-11	Normal
11.5	1959-7	Normal
14	1960-8	Normal
14.7	1961-10	Normal
12.1	1962-11	Normal
15.6	1963-5	Niño
9	1964-12	Niña
9.1	1965-11	Normal
28.3	1966-11	Normal
9.5	1967-8	Normal
7.2	1968-7	Normal
24.3	1969-1	Niño
34	1970-10	Niña
5.4	1971-4	Niña
9.4	1972-7	Normal
12.1	1973-12	Niña
33.5	1974-3	Niña
17.1	1975-12	Niña
22.3	1976-10	Niño
6	1977-4	Normal
9.2	1978-4	Normal
18	1979-10	Normal
5.8	1980-12	Normal
7.6	1981-5	Normal
7.9	1982-8	Niño
25.9	1983-11	Normal
19.6	1984-11	Niña
28.6	1985-11	Normal
20.6	1986-9	Normal
8.2	1987-10	Niño

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 28. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Tambor Teusaca

PARAMETROS	
α	6.54
β	12.39

Tabla 29. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Tambor Teusaca

PARAMETROS	
p	1
$\alpha 1$	6.41
$\alpha 2$	3.08
$\mu 1$	12.46
$\mu 2$	5.74

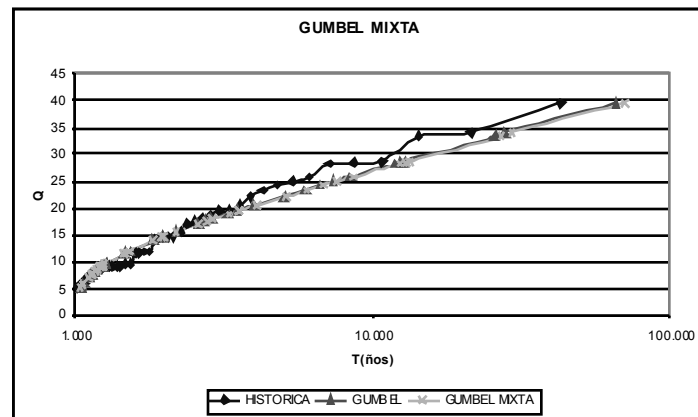


Figura 15. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Tambor Teusaca

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 30. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Tambor Teusaca

PARAMETROS	
μ	11.7
β	-0.233
α	5.7

Tabla 31. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Tambor Teusaca

PARAMETROS	
$\mu 1$	11.7
$\mu 2$	10.6
$\beta 1$	-0.233
$\beta 2$	-0.191
$\alpha 1$	5.7
$\alpha 2$	4.7
p	0.2

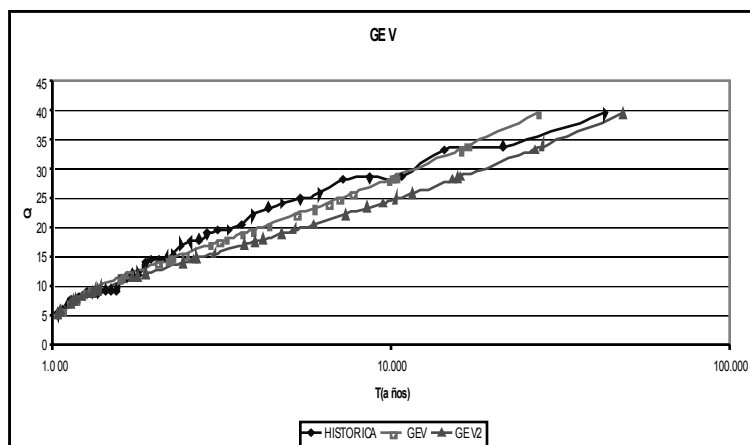


Figura 16. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Tambor Teusaca.

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 32. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Tambor Teusaca

PARAMETROS	
$\lambda 1$	6.96
$\alpha 1$	6.42
$\lambda 2$	0.01
$\alpha 2$	12.06

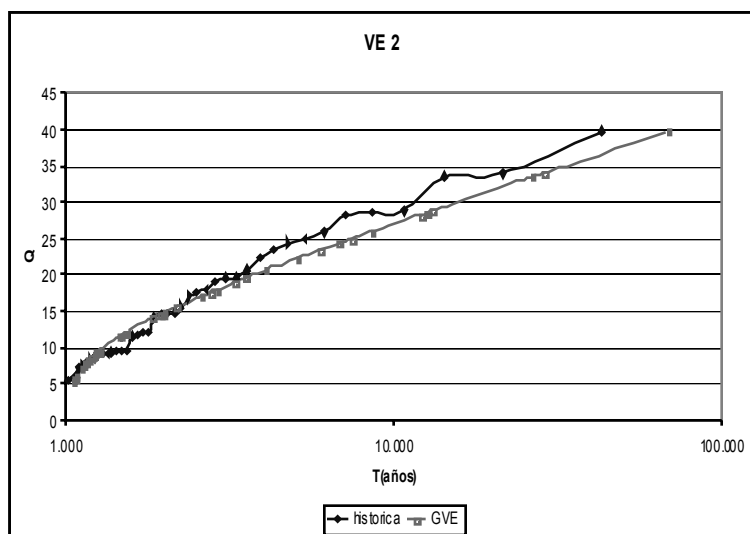


Figura 17. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Tambor Teusaca

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 33. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Tambor Teusaca

PARAMETROS	
αa	6.4
μa	12.46
αb	5.7
μb	11.69
β	-0.2

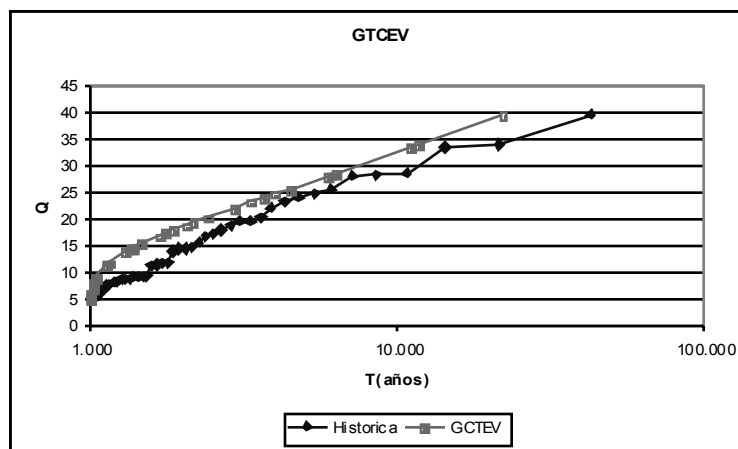


Figura 18. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Tambor Teusaca

Comparando las dos distribuciones, la VE2 y la GTCEV, ambos valores de los parámetros son similares unos a otros debido a que en el fondo de todas las ecuaciones todas son derivadas de la distribución Gumbel, además que los resultados arrojados para esta estación fueron un poco mejores ya que se tenía un mayor rango de datos.

5.1.5 ESTACIÓN SAN _ AGUSTÍN_2113708

Tabla 34. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación San Agustín

Caudal	año-mes	Fenómeno
13.7	1986-04	Niño
234.2	1987-10	Niño
40.92	1988-11	Niña
16.59	1989-02	Normal
83.4	1990-05	Normal
22.74	1991-02	Niño
10.6	1992-12	Normal
52.6	1993-03	Normal
50.4	1994-03	Niño
31.2	1995-11	Niña
60	1996-07	Normal
40.8	1997-06	Niño
74	1998-08	Niña
27.16	1999-04	Niña
30.74	2000-10	Normal
8.98	2001-03	Normal

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 35. Parámetros de la Distribución Gumbel estación San Agustín

PARAMETROS	
α	27.47
μ	30.76

Tabla 36. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación San Agustín

PARAMETROS	
p	0.292
α_1	5.63
α_2	28.82
μ_1	13.66
μ_2	42.98

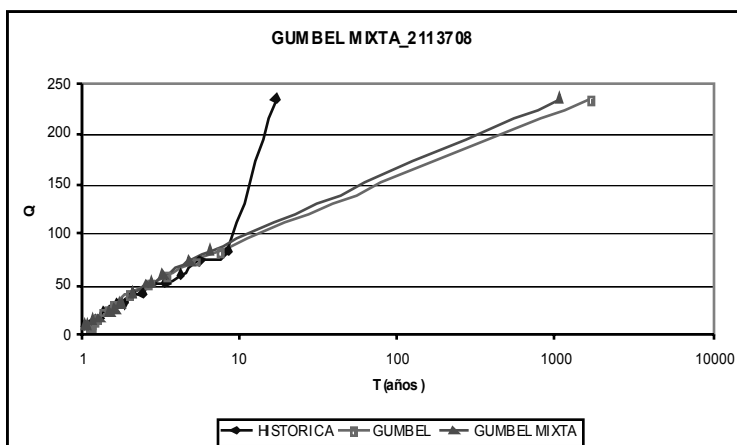


Figura 19. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación San Agustín

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 37. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación San Agustín

PARAMETROS	
μ	25.5
β	-0.503
α	18.31

Tabla 38. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación San Agustín

PARAMETROS	
$\mu 1$	17
$\mu 2$	34
$\beta 1$	-0.17
$\beta 2$	-0.57
$\alpha 1$	26
$\alpha 2$	30
p	0.9

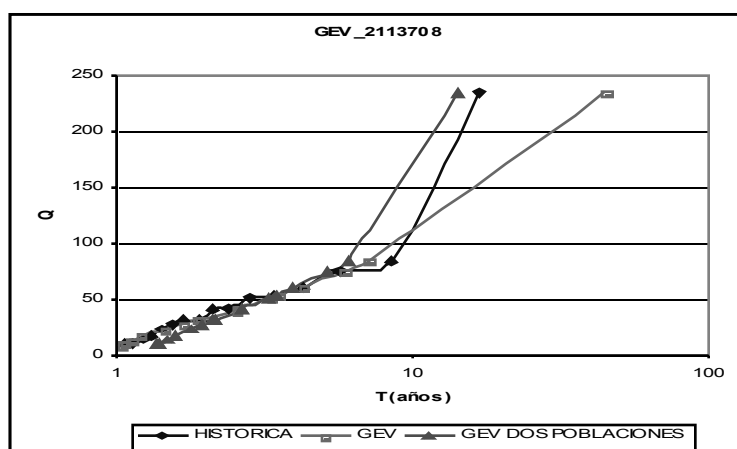


Figura 20. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación San Agustín

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 39. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación San Agustín

PARAMETROS	
$\lambda 1$	3
$\alpha 1$	26.1
$\lambda 2$	1E-07
$\alpha 2$	26.1

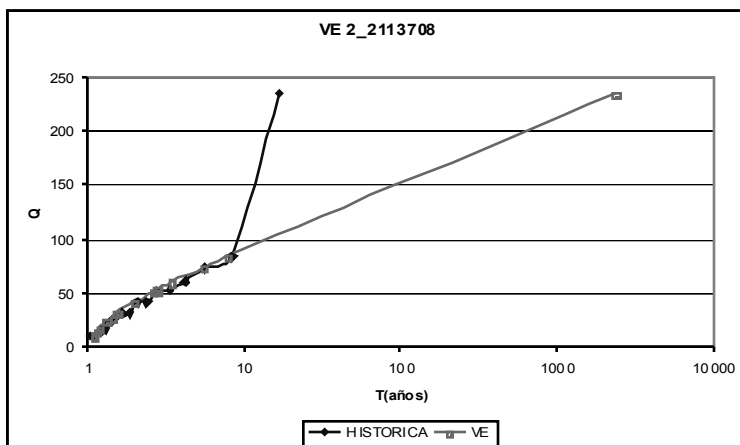


Figura 21. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación San Agustín.

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 40. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación San Agustín

PARAMETROS	
αa	26.1
μa	31.56
αb	18.32
μb	25.5
β	-0.503

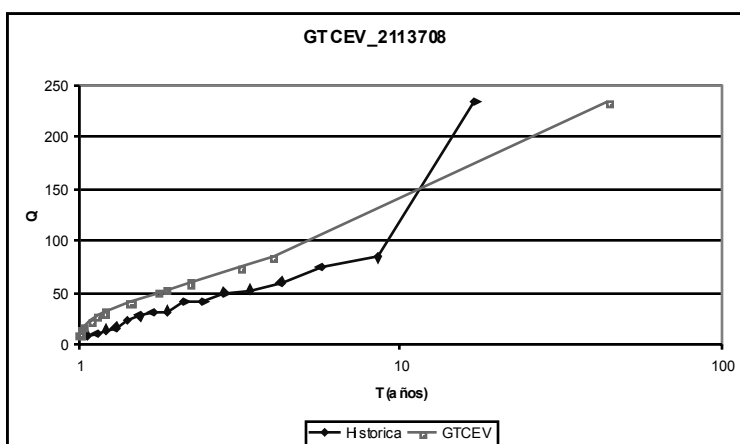


Figura 22. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Tambor Teusaca



El parámetro que se tiene para esta distribución son caudales máximos anuales muy constantes

5.1.6 ESTACIÓN PURIFICACIÓN-2113702

Tabla 41. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Purificación

anual	año-mes	Fenómeno
63	1969-06	Niño
65.72	1971-05	Niña
30.55	1972-05	Normal
53.19	1973-10	Niña
41.96	1974-10	Niña
43.45	1975-10	Niña
44.5	1976-05	Niño
29.15	1977-01	Normal
46.4	1978-05	Normal
47.9	1979-04	Normal
39.95	1980-10	Normal
39.35	1981-05	Normal
61.2	1982-05	Niño
31.29	1983-04	Normal
54.92	1984-05	Niña
38.4	1985-11	Normal
47.54	1986-04	Niño
47.53	1987-10	Niño
39.63	1988-04	Niña
38.9	1989-05	Normal
36.53	1990-11	Normal
40.36	1991-11	Niño
36.04	1992-05	Normal
38.49	1993-04	Normal
50.32	1994-04	Niño
39.17	1995-12	Niña
44.63	1996-10	Normal
45.49	1997-02	Niño
48.12	1998-05	Niña
40.71	1999-04	Niña

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 42. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Purificación

PARAMETROS	
$\alpha 1$	7.53
$\mu 1$	39.96

Tabla 43. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Purificación

PARAMETROS	
p	0.38
α_1	7.01
α_2	5.67
μ_1	36.52
μ_2	42.8

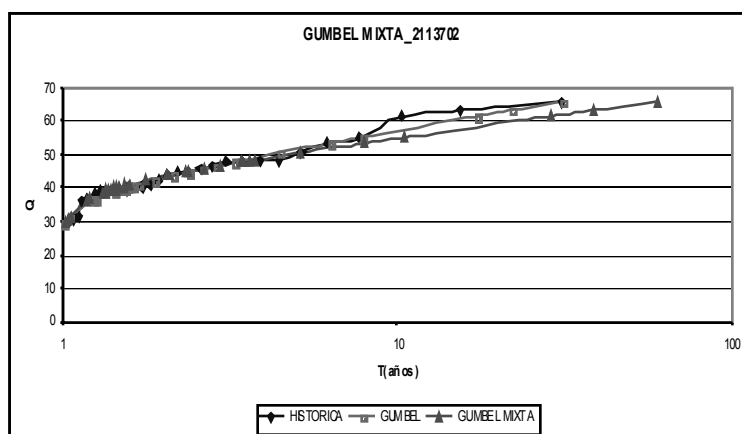


Figura 23. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Purificación

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 44. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Purificación

PARAMETROS	
μ	40.37
β	0.081
α	7.48

Tabla 45. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Purificación

PARAMETROS	
μ_1	23
μ_2	35
β_1	0.02
β_2	0.1
α_1	3
α_2	14
p	0.2

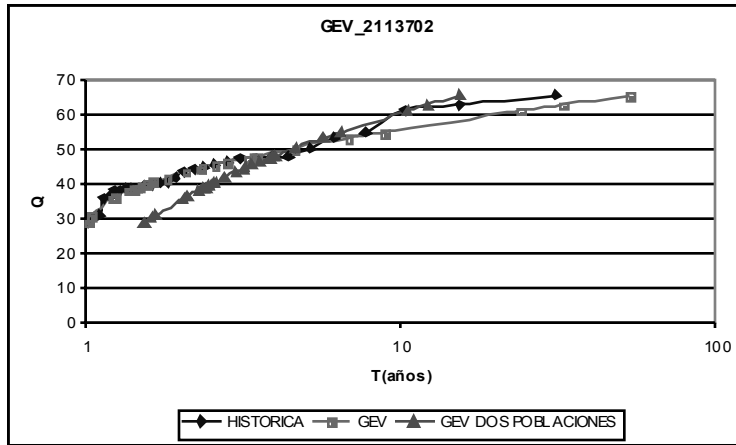


Figura 24. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Purificación

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 46. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Purificación

PARAMETROS	
λ_1	235.7
α_1	7
λ_2	1E-08
α_2	7

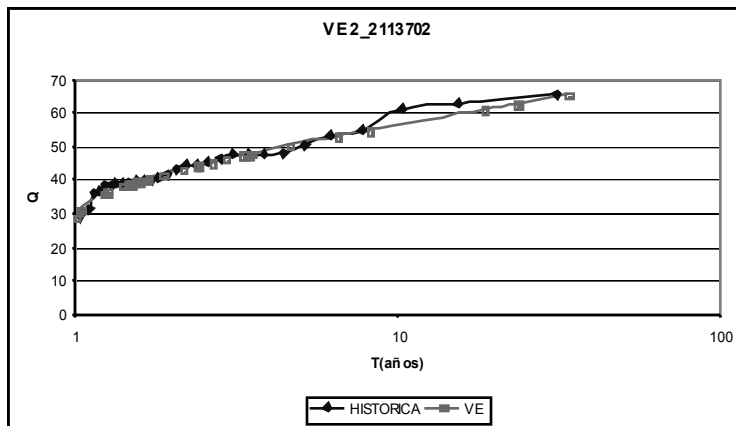


Figura 25. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación San Agustín.

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 47. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Purificación

PARAMETROS	
αa	7.33
μa	40.05
αb	7.48
μb	40.4
β	0.081

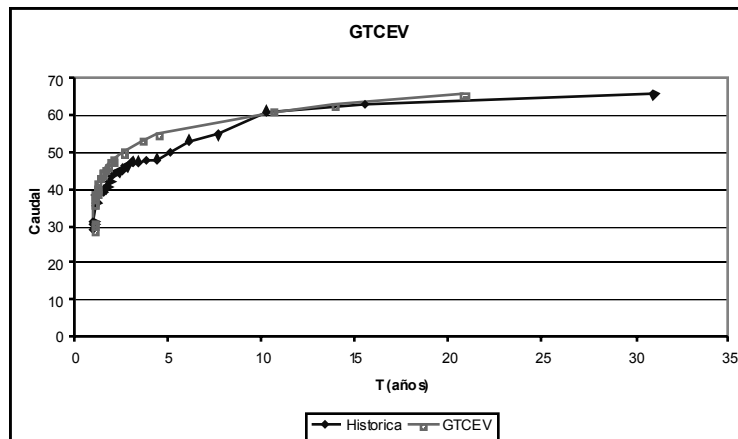


Figura 26. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Purificación

En esta estación las distribuciones se ajustan mejor y por eso también se puede comprobar a lo largo de la tesis como la cantidad de registros de años es mejor el análisis para más de una población, para este caso se tenían 30 datos históricos.

5.1.7 ESTACIÓN ANCHIQUE-2113704

Tabla 48. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Anchique

Caudal	año-mes	Fenómeno
514	1972-12	Normal
494.5	1973-11	Niña
330.5	1974-06	Niña
254	1975-12	Niña
355.8	1976-05	Niño
432	1977-11	Normal
362.6	1978-05	Normal
461.2	1979-03	Normal
412.6	1980-11	Normal
384	1981-11	Normal
396.8	1982-04	Niño
312	1983-05	Normal
464.4	1984-10	Niña
295.5	1985-12	Normal
470.8	1986-11	Niño
226.6	1990-10	Normal
172	1991-11	Niño
400	1999-02	Niña

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 49. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Anchique

PARAMETROS	
α_1	101.15
μ_1	324.3

Tabla 50. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Anchique

PARAMETROS	
p	0.44
α_1	74.6
α_2	46
μ_1	263.12
μ_2	405.7

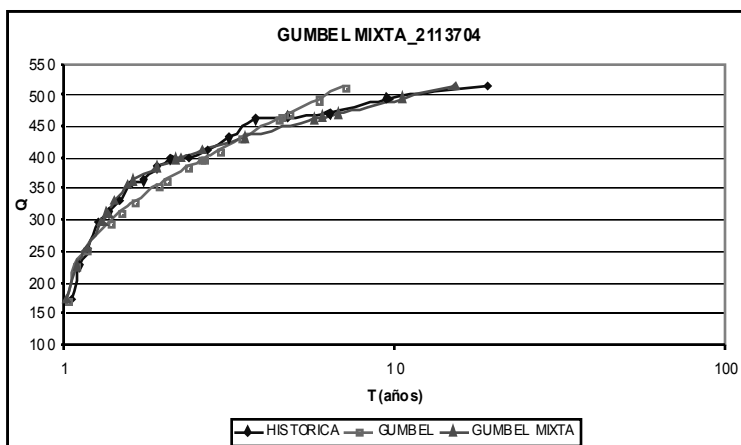


Figura 27. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Anchique

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 51. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Anchique

PARAMETROS	
μ	357.3
β	0.616
α	103.66

Tabla 52. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Anchique

PARAMETROS	
$\mu 1$	342
$\mu 2$	375
$\beta 1$	0.53
$\beta 2$	0.63
$\alpha 1$	106
$\alpha 2$	126
p	0.9

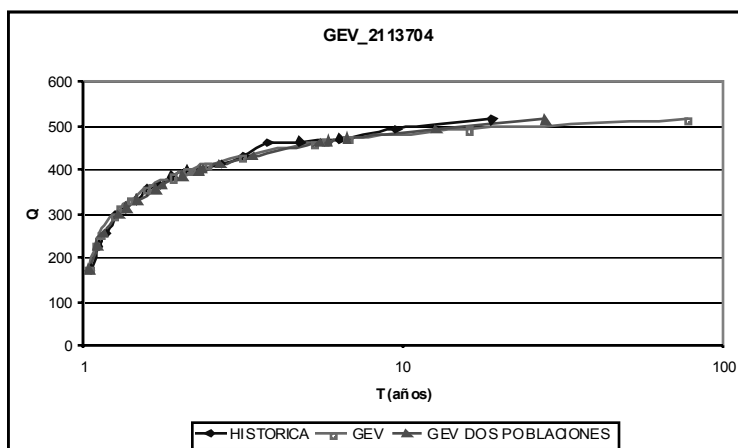


Figura 28. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Anchique

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 53. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Anchique

PARAMETROS	
$\lambda 1$	29.18
$\alpha 1$	96.6
$\lambda 2$	0
$\alpha 2$	96.6

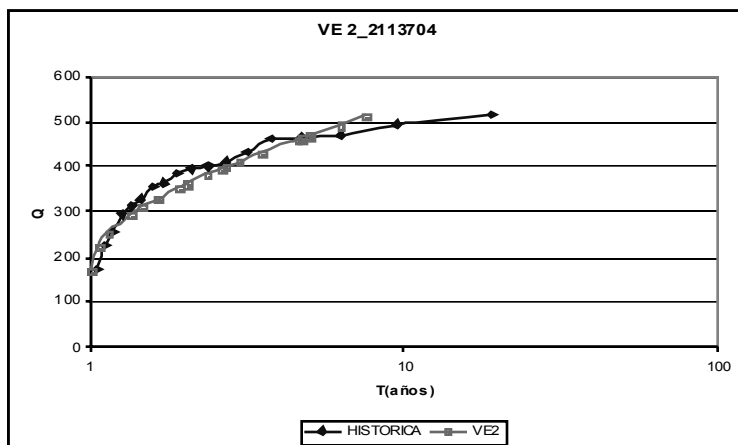


Figura 29. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Anchique.

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 54. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Anchique

PARAMETROS	
αa	96.6
μa	326.07
αb	103.65
μb	357.3
β	0.62

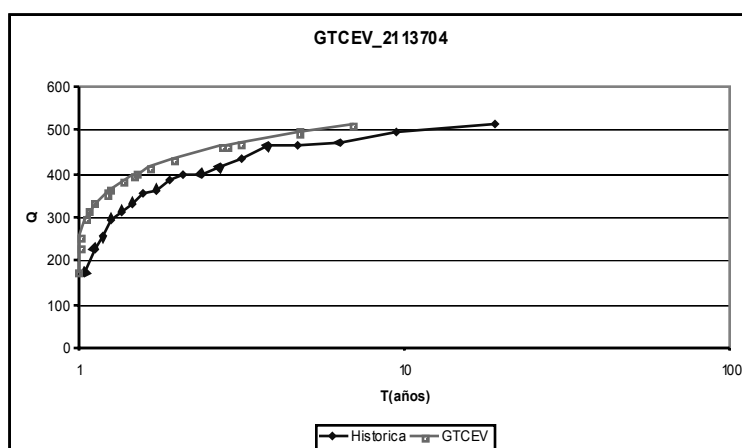


Figura 30. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Anchique



Aquí se puede llegar a observar que la distribución Gumbel Mixta puede llegar a justar mejor la curva de datos históricos comparada con la de la distribución Gumbel. Para esta estación se tienen 30 datos de caudales máximos.

5.1.8 ESTACIÓN LA_HAMACA-2205705

Tabla 55. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación La Hamaca

Caudal	año-mes	Fenómeno
48.7	1980-12	Normal
44.25	1981-11	Normal
129.3	1982-03	Niño
58.6	1983-05	Normal
76	1984-11	Niña
64	1985-10	Normal
116	1986-03	Niño
48.25	1987-03	Normal
64	1988-01	Niña
160	1989-01	Normal
122.7	1990-10	Normal
51	1991-11	Niño
51	1992-12	Normal
67.3	1993-11	Normal
107.2	1994-03	Niño
55.5	1995-04	Niña
103.2	1996-01	Normal
57.6	1997-01	Niño
117.9	1998-05	Niña
111	1999-12	Niña

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 56. Parámetros de la Distribución Gumbel estación La Hamaca

PARAMETROS	
α	26.11
μ	66.56

Tabla 57. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación La Hamaca

PARAMETROS	
p	0
$\alpha 1$	5.63
$\alpha 2$	26
$\mu 1$	13.66
$\mu 2$	66

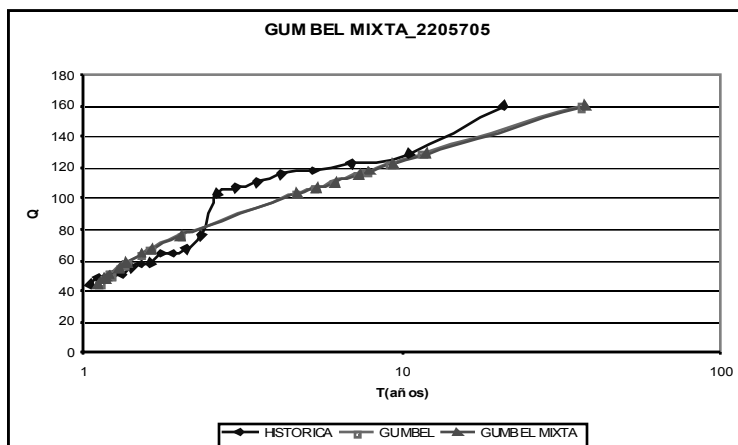


Figura 31. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación La Hamaca

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 58. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación La Hamaca

PARAMETROS	
μ	60.43
β	-0.59
α	17.8

Tabla 59. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación La Hamaca

PARAMETROS	
μ_1	32
μ_2	53
β_1	-0.44
β_2	-0.5
α_1	11
α_2	16
p	0.2

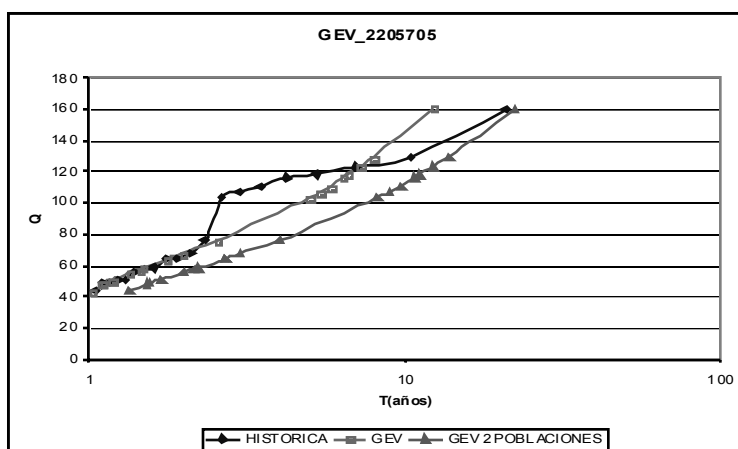


Figura 32. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación La Hamaca

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 60. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación La Hamaca

PARAMETROS	
$\lambda 1$	14.54
$\alpha 1$	25.06
$\lambda 2$	0
$\alpha 2$	45.13

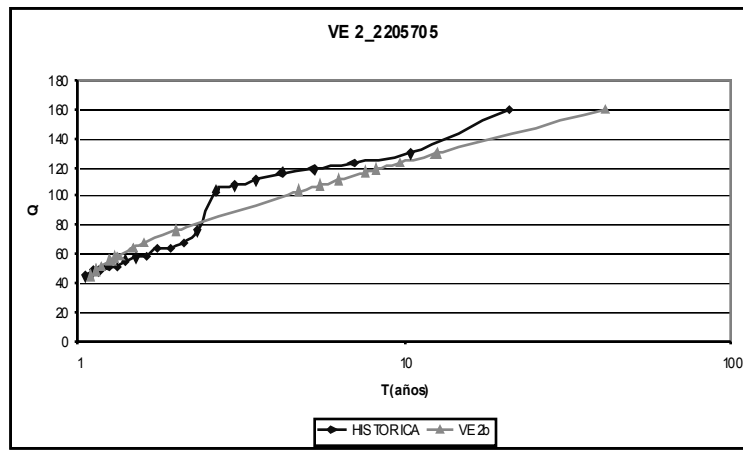


Figura 33. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación La Hamaca.

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 61. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación La Hamaca

PARAMETROS	
αa	25.06
μa	67.09
αb	17.79
μb	60.43
β	-0.59

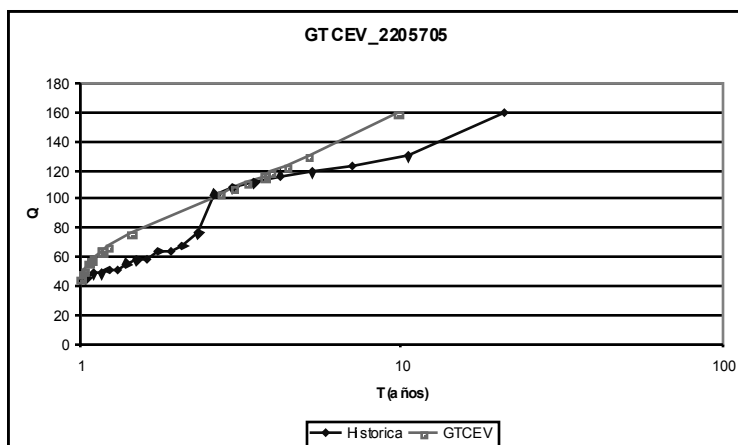


Figura 34. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación La Hamaca

Aquí se tiende a dar más paso a que la distribución de valores extremos y en general todas no se ajustan a la histórica ya que los datos de caudal máximo no son muy constantes.

5.1.9 ESTACIÓN PTE ORTEGA-2206701

Tabla 62. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación Pte Ortega

Caudal	año-mes	Fenómeno
267.5	1971-11	Niña
702.1	1972-04	Normal
189.6	1973-03	Niña
142.8	1976-06	Niño
210	1977-04	Normal
89	1978-04	Normal
65.07	1979-05	Normal
72	1980-11	Normal
104	1981-11	Normal
312.5	1984-05	Niña
182	1985-12	Normal
318.1	1986-04	Niño
187.4	1987-12	Normal
231.2	1988-07	Niña
102	1989-01	Normal
187	1990-12	Normal
74	1991-11	Niño
79.5	1992-11	Normal
120	1993-02	Normal
215	1995-06	Niña
228	1996-03	Normal
37.35	1997-02	Niño
489.5	1998-03	Niña
357.8	1999-04	Niña

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 63. Parámetros de la Distribución Gumbel estación Pte Ortega

PARAMETROS	
α	100.01
μ	143.6

Tabla 64. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación Pte Ortega

PARAMETROS	
p	0.89
$\alpha 1$	74.1
$\alpha 2$	155.6
$\mu 1$	128.09
$\mu 2$	430.8

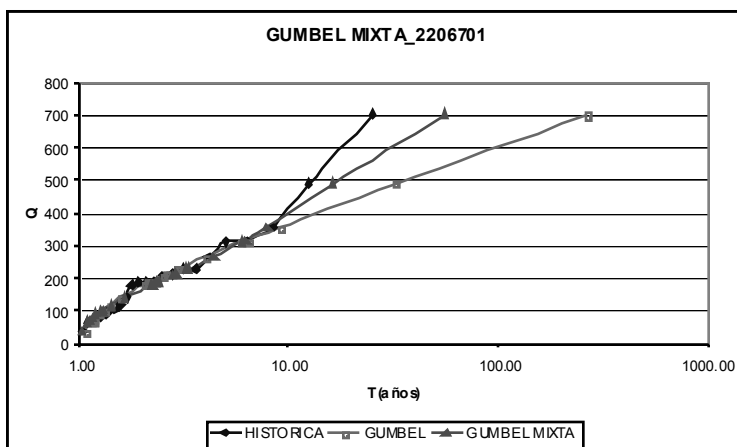


Figura 35. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Pte Ortega

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 65. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación Pte Ortega

PARAMETROS	
μ	131.75
β	-0.277
α	83.23

Tabla 66. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación Pte Ortega

PARAMETROS	
$\mu 1$	131.7
$\mu 2$	131.7
$\beta 1$	-0.278
$\beta 2$	-0.278
$\alpha 1$	83.23
$\alpha 2$	83.23
p	0.4

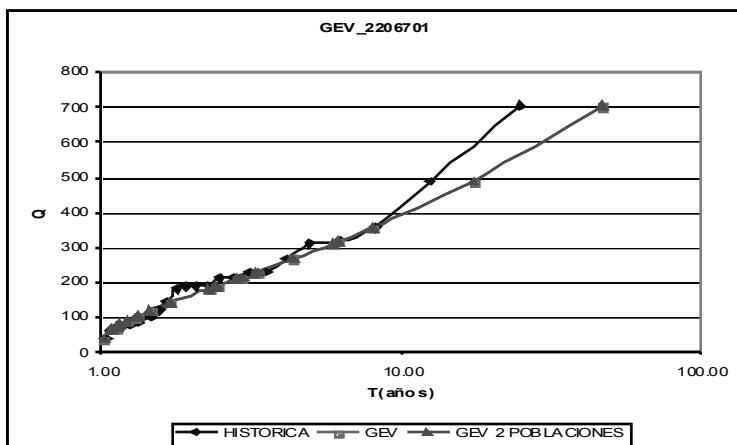


Figura 36. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación Pte Ortega

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 67. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación Pte Ortega

PARAMETROS	
λ_1	4.5
α_1	96.7
λ_2	1E-07
α_2	48.3

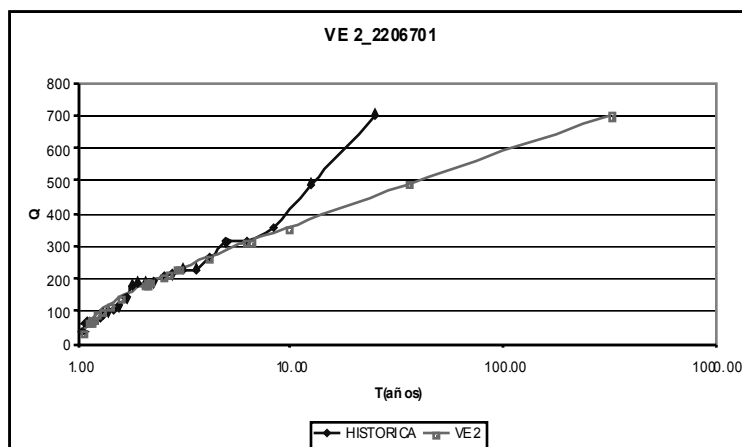


Figura 37. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Pte Ortega.

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 68. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación Pte Ortega

PARAMETROS	
αa	96.7
μa	145.38
αb	83.23
μb	131.75
β	-0.278

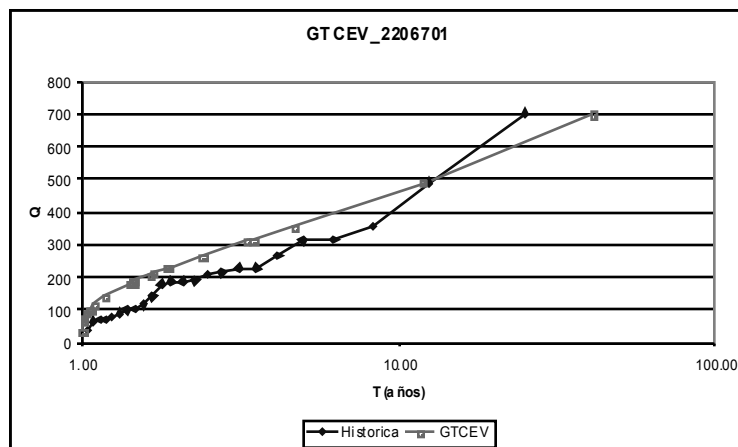


Figura 38. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación Pte Ortega

La longitud de registro histórica sigue siendo pequeña y los datos siguen tendiendo hacia la parte inferior de la gráfica dándole más peso cada ponderación a los datos más bajos.



5.1.10 ESTACIÓN 5210703_QmaxA

Tabla 69. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_5210703

estación	parámetro	año	Qmax (m3/s)	Fenómeno
5201703	QL	1974	651.8	Niña
	QL	1975	893	Niña
	QL	1976	790	Niño
	QL	1977	554	Normal
	QL	1978	560	Normal
	QL	1979	506	Normal
	QL	1980	420	Normal
	QL	1981	370	Normal
	QL	1982	492,7	Niño
	QL	1983	504,6	Normal
	QL	1984	607	Niña
	QL	1985	613,9	Normal
	QL	1986	616,9	Niño
	QL	1987	705	Niño
	QL	1988	865	Niña
	QL	1989	1279	Normal
	QL	1990	827,5	Normal
	QL	1991	419,5	Niño
	QL	1992	617	Normal
	QL	1993	1038	Normal
QL	1994	759,2	Niño	
QL	1995	731	Niña	
QL	1996	464	Normal	
QL	1997	751	Niño	
QL	1998	383	Niña	
QL	1999	815	Niña	
QL	2000	751	Normal	
QL	2001	323	Normal	

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 70. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_5210703

PARAMETROS	
$\alpha 1$	176,7
$\mu 1$	553,3

Tabla 71. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_5210703

PARAMETRO	
p	0,04
$\alpha 1$	171,6
$\alpha 2$	171,7
$\mu 1$	555,6
$\mu 2$	555,6

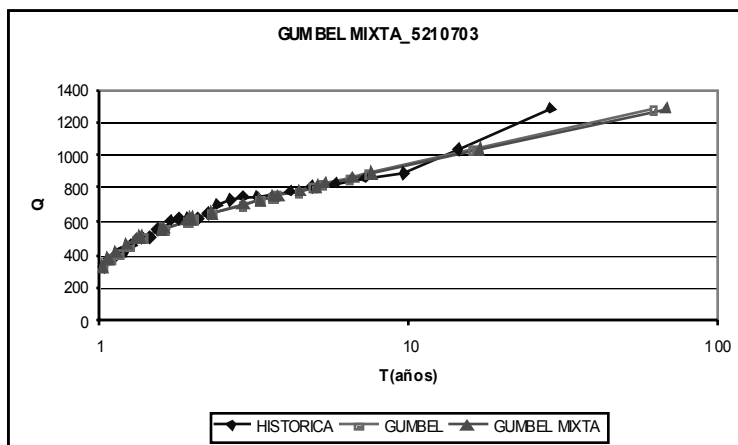


Figura 39. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_5210703

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 72. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_5210703

PARAMETROS	
μ	559,7
β	0,04
α	173,8

Tabla 73. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_5210703

PARAMETROS	
μ_1	527,5
μ_2	596,5
β_1	0,197
β_2	0,06
α_1	149,3
α_2	193,7
p	0,4

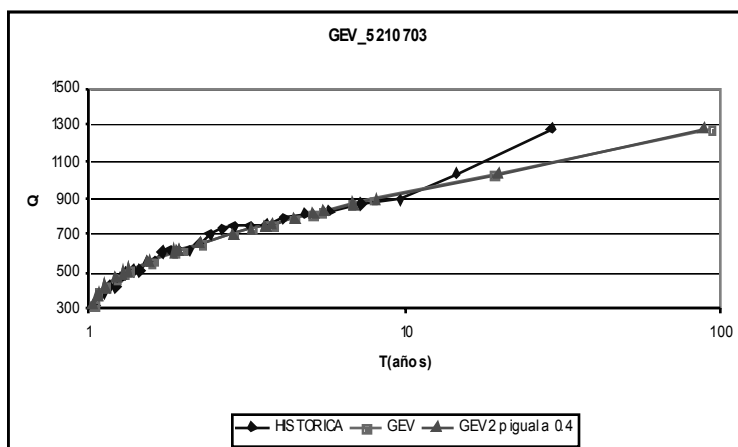


Figura 40. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_5210703

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 74. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_5210703

PARAMETROS	
$\lambda 1$	25,5
$\alpha 1$	171,7
$\lambda 2$	1,96
$\alpha 2$	6,6

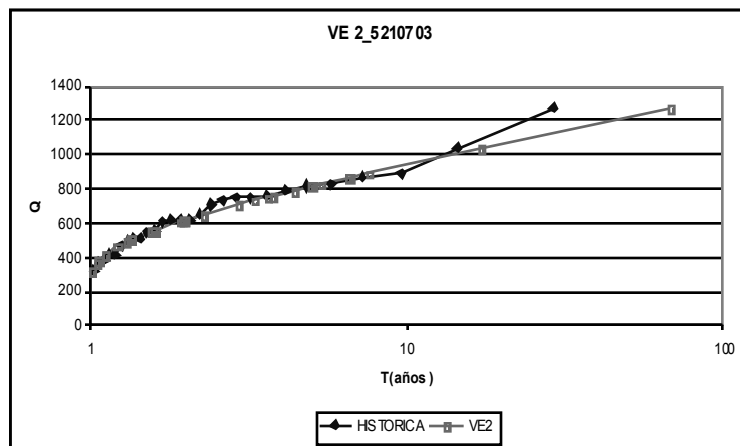


Figura 41. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_5210703

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 75. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_5210703

PARAMETROS	
αa	171,67
μa	555,65
αb	173,82
μb	559,07
β	0,0363

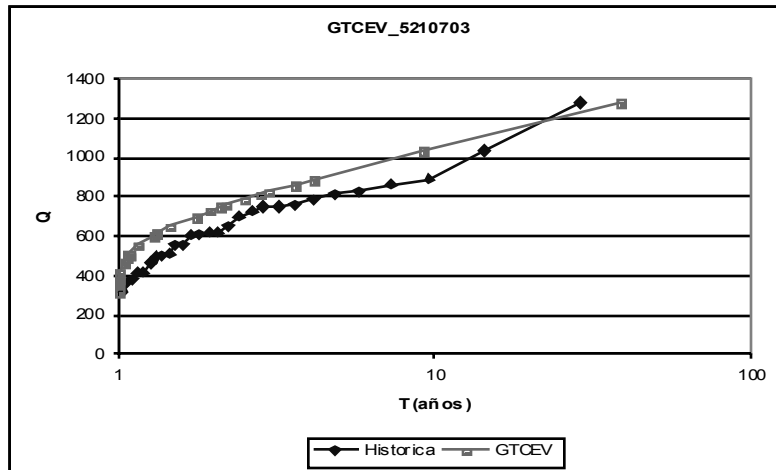


Figura 42. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_5210703

Los resultados obtenidos para las distintas distribuciones parecen ser mejores notándose que esta estación tiene un número mayor datos. Sin embargo no en todas las distribuciones esto es cierto porque por ejemplo en esta estación en la distribución gumbel el valor de p es casi cero, anulándose de esta manera la primera población.



5.1.11 ESTACIÓN 2120798_Q_maxB

Tabla 76. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2120798

año	Qmáx(m ³ /s)	Fenómeno
1959	41	No m al
1960	37,41	No m al
1961	35,9	No m al
1962	19,82	No m al
1963	31,52	Niño
1964	14,4	Niña
1965	10	No m al
1966	21,65	No m al
1967	28,8	No m al
1968	14	No m al
1969	13,4	Niño
1970	13,4	Niña
1971	7,62	Niña
1972	8,58	No m al
1973	7,81	Niña
1974	6,27	Niña
1975	6,88	Niña
1976	10,93	Niño
1977	8,87	No m al
1978	8,34	No m al
1979	10,22	No m al
1980	11,93	No m al
1981	9,74	No m al
1982	8,95	Niño
1983	4,98	No m al
1984	14,51	Niña
1985	7,78	No m al
1986	5,67	Niño
1987	6,71	Niño
1988	12	Niña
1989	6,37	No m al
1990	13,2	No m al
1991	8,7	Niño
1992	8,17	No m al
1993	8,7	No m al
1994	5,7	Niño
1995	4,44	Niña
1996	5,58	No m al
1997	11	Niño

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 77. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2120798

PARAMETROS	
$\alpha 1$	5,3
$\mu 1$	9,4

Tabla 78. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2120798

PARAMETROS	
p	0
$\alpha 1$	60,14
$\alpha 2$	5,3
$\mu 1$	23,24
$\mu 2$	9,4

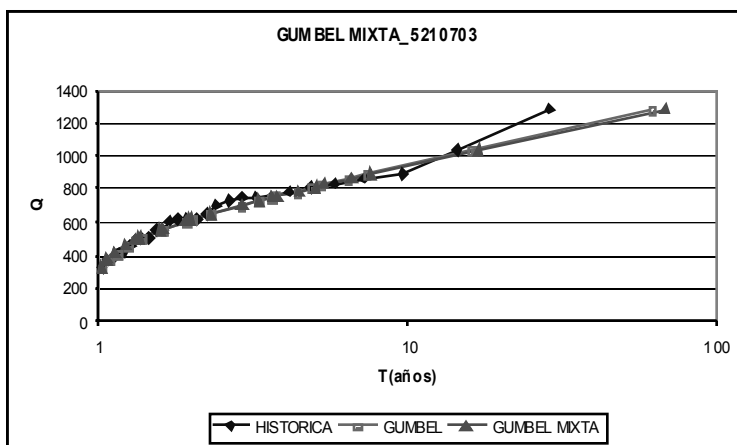


Figura 43. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120798

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 79. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2120798

PARAMETROS	
μ	8,32
β	-0,5
α	3,63

Tabla 80. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2120798

PARAMETROS	
μ_1	6,5
μ_2	11,01
β_1	-0,155
β_2	-0,486
α_1	1,78
α_2	4,8
p	0,421

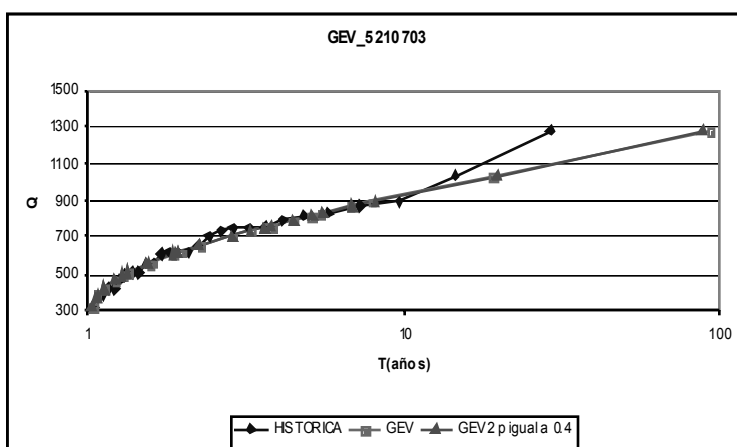


Figura 44. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120798

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 81. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2120798

PARAMETROS	
λ_1	6,18
α_1	5,2
λ_2	0,079
α_2	0,086

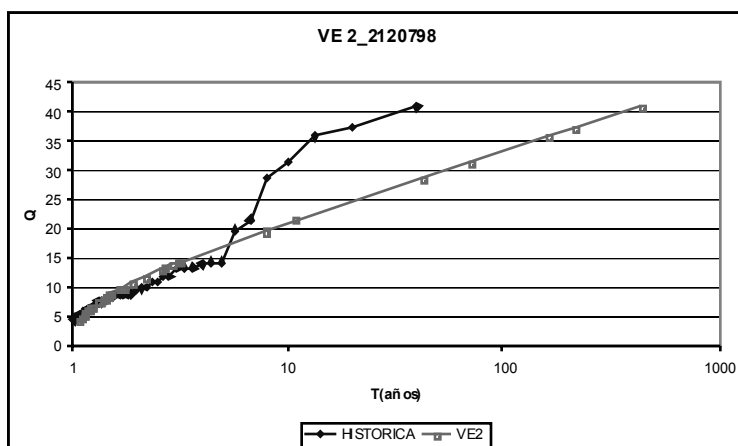


Figura 45. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120798

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 82. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2120798

PARAMETROS	
αa	4,7
μa	9,4
αb	5,8
μb	13
β	0,04

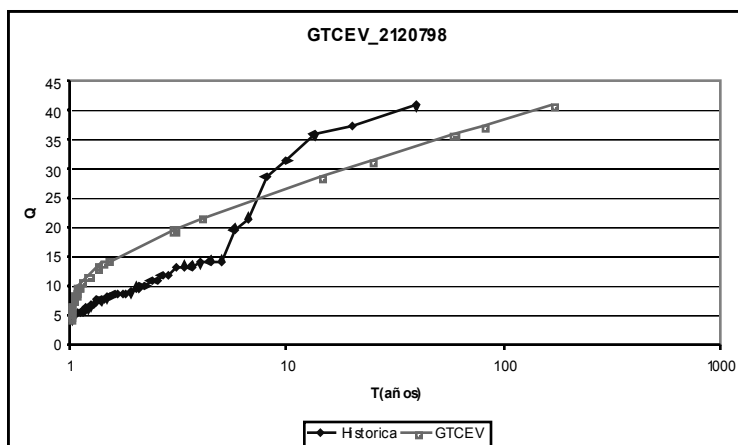


Figura 46. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120798

5.1.12 ESTACIÓN 2501701_Q_maxC

Tabla 83. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2501701

año	Q máx (m3/s)	Fenómeno
1973	710	Niña
1974	632	Niña
1975	825	Niña
1976	822,5	Niño
1977	845	Normal
1978	675	Normal
1979	768	Normal
1980	817,5	Normal
1981	870	Normal
1982	583	Niño
1983	640	Normal
1984	807,1	Niña
1985	740,8	Normal
1986	719,4	Niño
1987	649	Niño
1989	637,2	Normal
1990	642,5	Normal
1991	617,9	Niño
1992	659,6	Normal
1993	958	Normal
1994	735,2	Niño
1995	804,3	Niña
1996	906,9	Normal
1997	796,1	Niño
1998	948,3	Niña
1999	902	Niña
2000	804	Normal

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 84. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2501701

PARAMETROS	
$\alpha 1$	95,4
$\mu 1$	706,8

Tabla 85. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2501701

PARAMETROS	
p	0,9
$\alpha 1$	92,5
$\alpha 2$	92,5
$\mu 1$	708,1
$\mu 2$	708,1

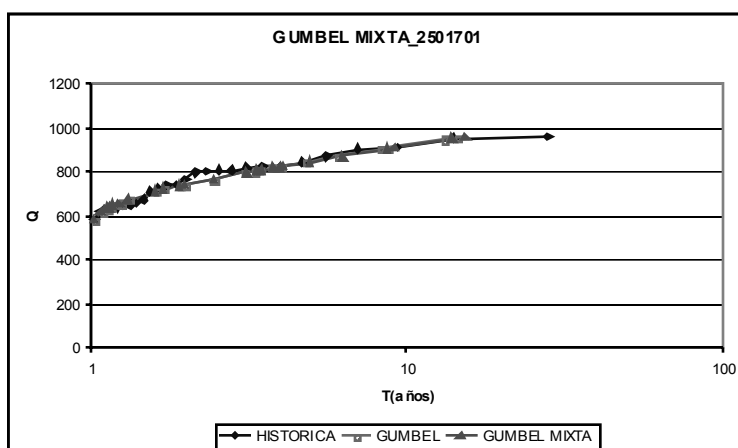


Figura 47. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2501701

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 86. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2501701

PARAMETROS	
μ	722,03
β	0,27
α	102,1

Tabla 87. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2501701

PARAMETROS	
$\mu 1$	722,04
$\mu 2$	722,04
$\beta 1$	0,27
$\beta 2$	0,27
$\alpha 1$	102,1
$\alpha 2$	102,1
p	0,5

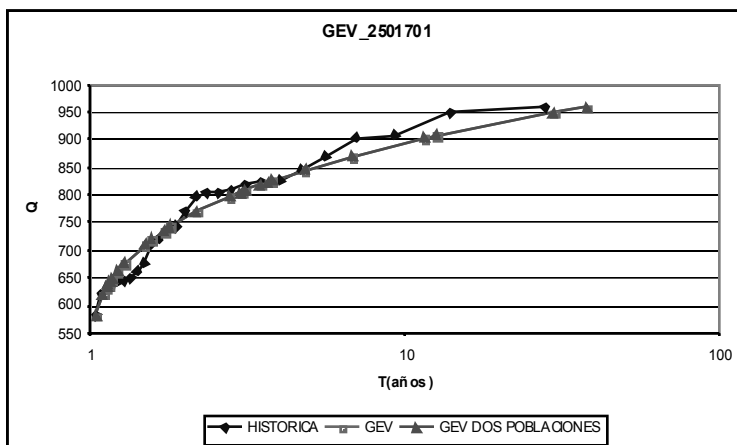


Figura 48. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2501701

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 88. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2501701

PARAMETROS	
λ_1	2103
α_1	92,5
λ_2	1,95
α_2	6,7

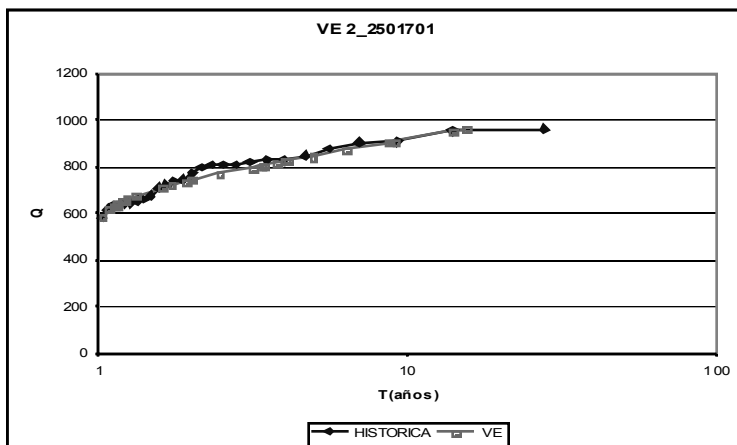


Figura 49. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2501701



DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 89. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_251701

PARAMETROS	
αa	92,54
μa	708,1
αb	102,11
μb	722
β	0,3

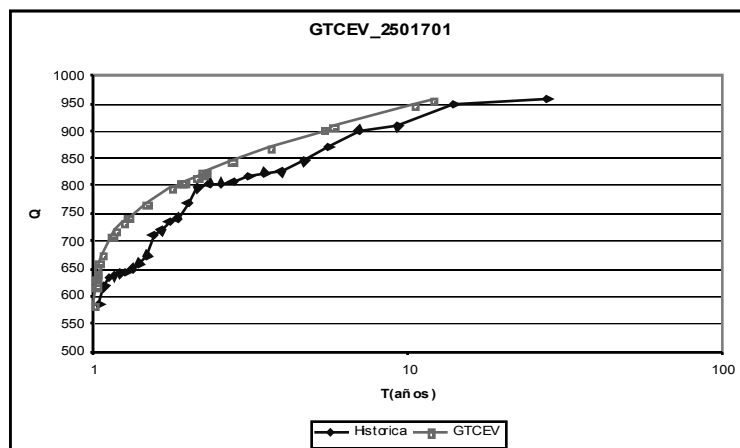


Figura 50. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_251701



5.1.13 ESTACIÓN 2612520_P_maxD

Tabla 90. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612520

año	Pmáxdía(mm/día)	Fenómeno
1972	58.5	Normal
1973	58.3	Niña
1974	90.8	Niña
1975	43.3	Niña
1976	51.6	Niño
1977	51.4	Normal
1978	70	Normal
1979	50	Normal
1980	62.9	Normal
1981	60.6	Normal
1982	60.6	Niño
1983	96.3	Normal
1984	67.7	Niña
1985	58.6	Normal
1986	62.2	Niño
1987	83.4	Niño
1988	65.5	Niña
1989	82	Normal
1990	58	Normal
1991	72.6	Niño
1992	45	Normal
1993	63.5	Normal
1995	64.4	Niña
1996	74.2	Normal
1997	57	Niño
1998	87.4	Niña
1999	81.2	Niña
2000	109.7	Normal
2001	70.7	Normal
2002	83.7	Normal
2003	69.9	Normal

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 91. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612520

PARAMETROS	
$\alpha 1$	12.6
$\mu 1$	60.9

Tabla 92. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612520

PARAMETROS	
p	0.6
$\alpha 1$	8
$\alpha 2$	13
$\mu 1$	58
$\mu 2$	63

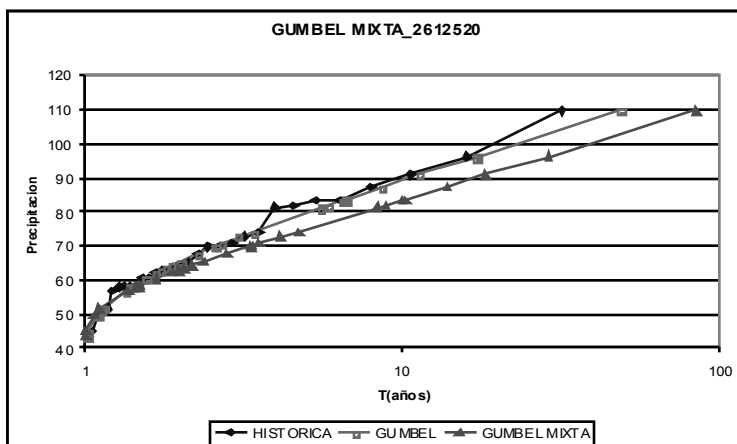


Figura 51. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612520

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 93. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2612520

PARAMETROS	
μ	61.4
β	0.05
α	12.5

Tabla 94. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612520

PARAMETROS	
$\mu 1$	54
$\mu 2$	71
$\beta 1$	0.03
$\beta 2$	0.07
$\alpha 1$	9
$\alpha 2$	14
p	0.5

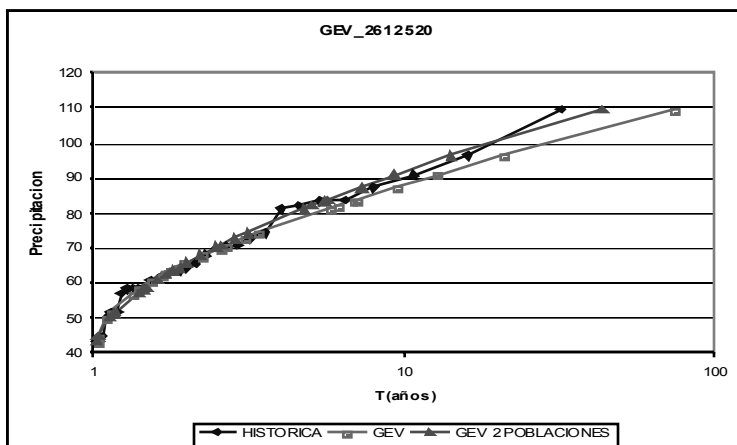


Figura 52. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612520

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 95. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612520

PARAMETROS	
λ_1	142.7
α_1	12.31
λ_2	0.014
α_2	1.02

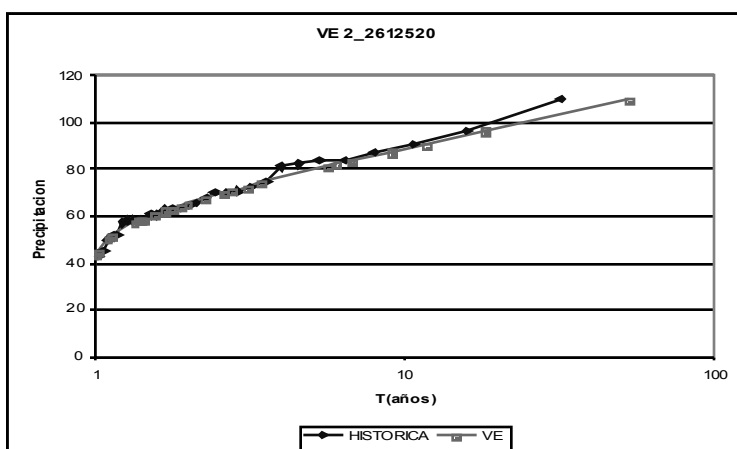


Figura 53. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612520

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 96. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612520

PARAMETROS	
αa	12
μa	52
αb	17
μb	62
β	0.055

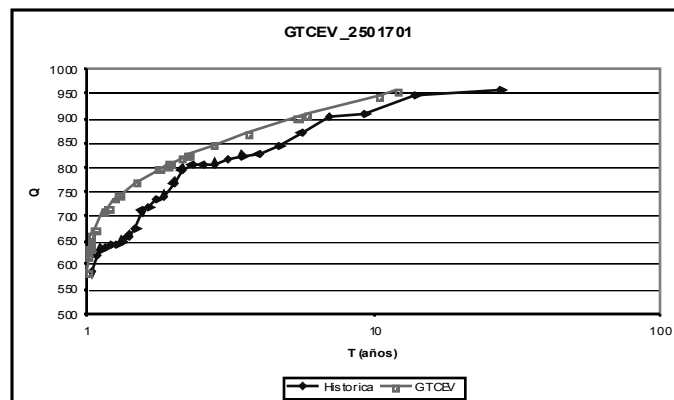


Figura 54. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612520



5.1.14 ESTACIÓN P2612030_P_maxE

Tabla 97. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612030

año	Pmáxdía(mm/día)	Fenómeno
1972	47.4	Normal
1973	73.5	Niña
1974	82.2	Niña
1975	63.3	Niña
1976	92	Niño
1977	92	Normal
1978	84	Normal
1979	115.3	Normal
1980	95.1	Normal
1981	95.6	Normal
1982	67.2	Niño
1984	125.5	Niña
1985	123	Normal
1986	57.2	Niño
1987	56.6	Niño
1988	98	Niña
1989	100.3	Normal
1990	100.8	Normal
1991	68	Niño
1992	57	Normal
1993	67	Normal
1994	85	Niño
1995	79.4	Niña
1996	200.8	Normal
1997	56.1	Niño
1998	117.5	Niña
1999	68.3	Niña
2000	101.3	Normal
2001	65.2	Normal
2002	87.8	Normal
2003	75.5	Normal

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 98. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612030

PARAMETROS	
$\alpha 1$	20.9
$\mu 1$	74.5

Tabla 99. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612030

PARAMETROS	
p	0.7
$\alpha 1$	18
$\alpha 2$	23
$\mu 1$	72
$\mu 2$	84

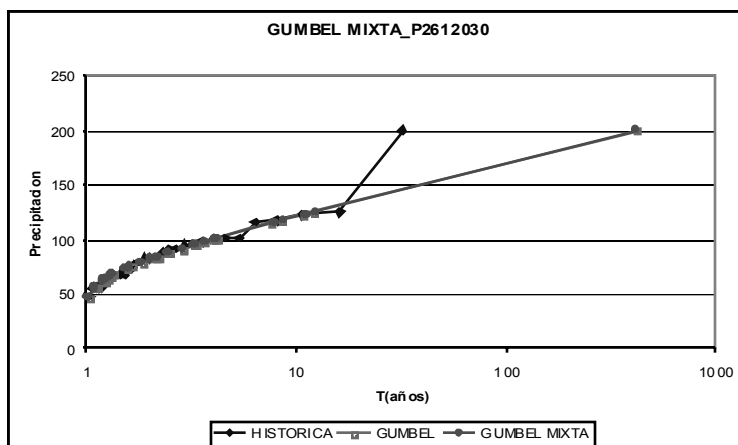


Figura 55. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612030

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 100. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2612030

PARAMETROS	
μ	73.5
β	-0.11
α	19.4

Tabla 101. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612030

PARAMETROS	
μ_1	73.5
μ_2	73.5
β_1	-0.113
β_2	-0.113
α_1	19.4
α_2	19.4
p	0.21

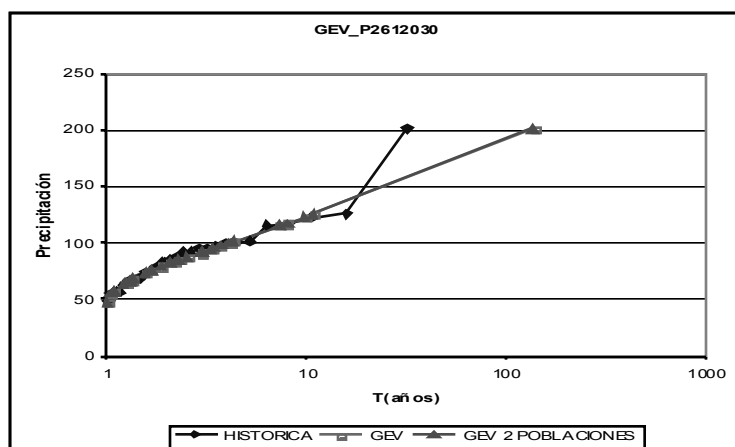


Figura 56. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612030

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 102. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612030

PARAMETROS	
λ_1	39.41
α_1	20.3
λ_2	0.015
α_2	1.02

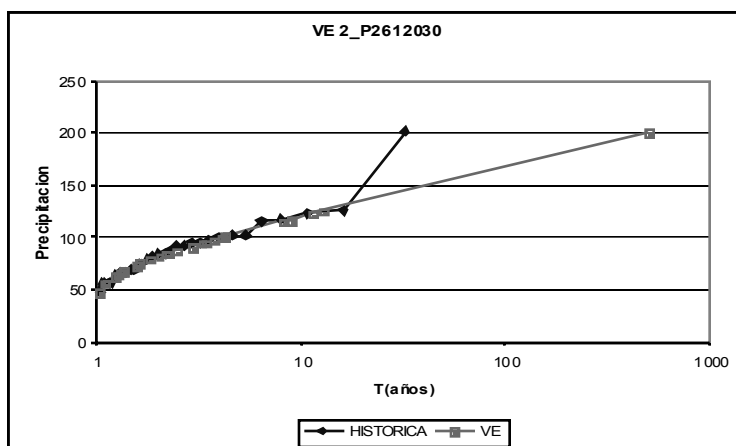


Figura 57. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612030

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 103. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612030

PARAMETROS	
α_a	25.8
μ_a	55.03
α_b	19.36
μ_b	73.5
β	-0.113

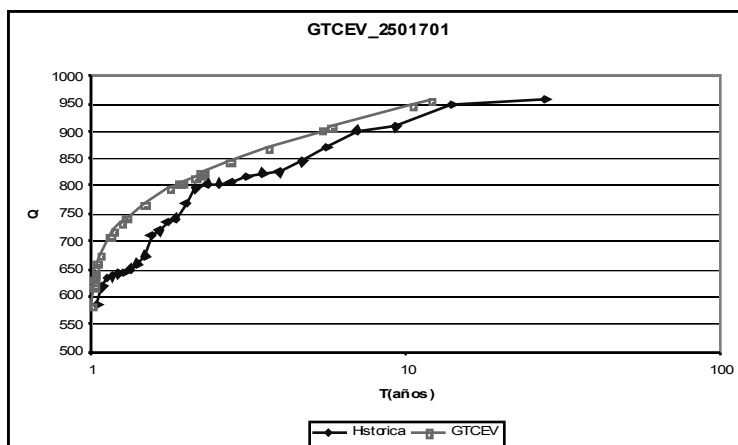


Figura 58. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612030

5.1.15 ESTACIÓN P2612037_P_maxF

Tabla 104. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612037

año	Pmáxdía(mm/día)	Fenómeno
1971	57	Niña
1972	56.4	Normal
1973	51.6	Niña
1974	93.6	Niña
1975	93	Niña
1976	107	Niño
1977	102	Normal
1979	80	Normal
1980	93	Normal
1981	149	Normal
1982	98.5	Niño
1983	110	Normal
1984	96	Niña
1985	100	Normal
1986	80	Niño
1987	68.5	Niño
1988	84.5	Niña
1989	88.5	Normal
1990	70	Normal
1991	88.5	Niño
1992	90	Normal
1993	99	Normal
1994	70	Niño
1995	140	Niña
1996	120	Normal
1997	90	Niño
1998	104	Niña
1999	76.9	Niña
2000	108.2	Normal
2001	69.6	Normal
2002	49.5	Normal
2003	132.5	Normal

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 105. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612037

PARAMETROS	
$\alpha 1$	21.6
$\mu 1$	79.5

Tabla 106. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612037

PARAMETROS	
ρ	0.681
$\alpha 1$	15.8
$\alpha 2$	25.5
$\mu 1$	69.02
$\mu 2$	90.5

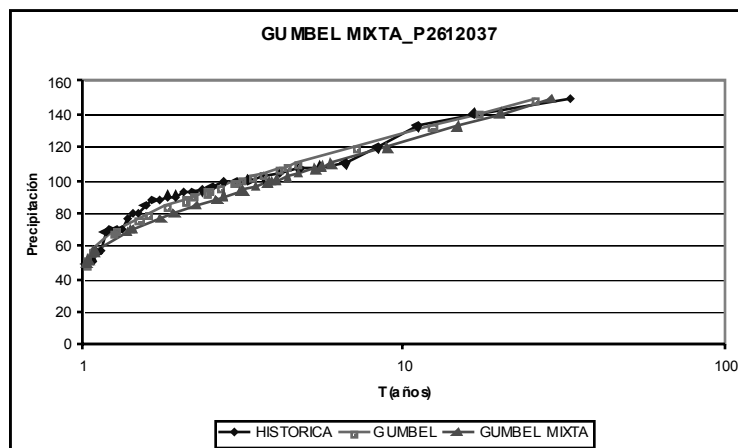


Figura 59. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612037

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 107. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_26120370

PARAMETROS	
μ	81.7
β	0.17
α	21.81

Tabla 108. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612037

PARAMETROS	
$\mu 1$	72
$\mu 2$	89
$\beta 1$	0.11
$\beta 2$	0.2
$\alpha 1$	17
$\alpha 2$	24
ρ	0.6

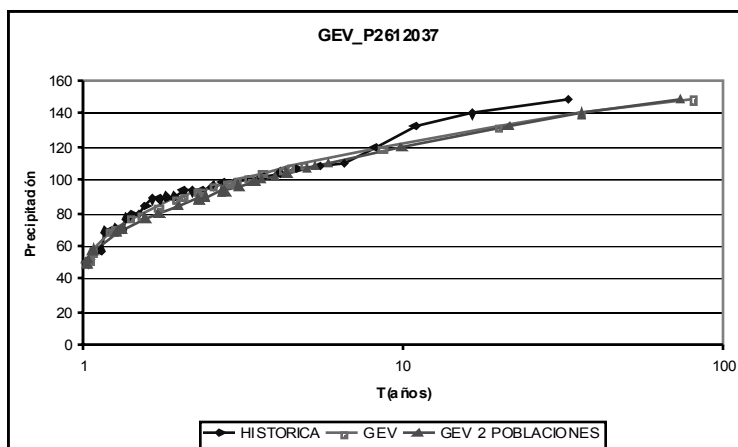


Figura 60. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612037

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 109. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612037

PARAMETROS	
λ_1	44.3
α_1	21.05
λ_2	0.02
α_2	1.5

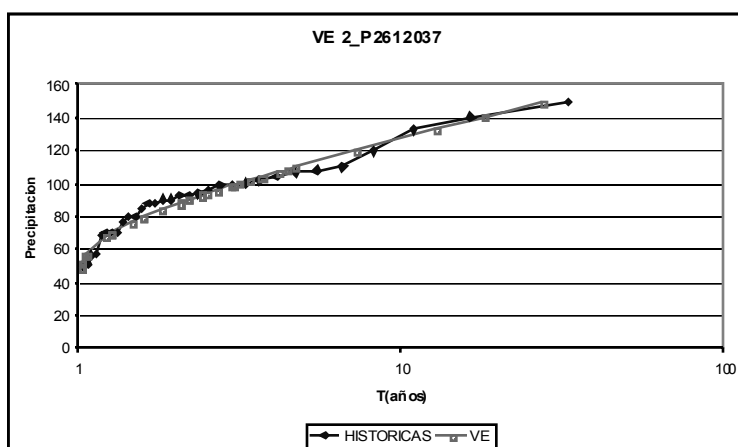


Figura 61. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612037

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 110. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612037

PARAMETROS	
αa	21.05
μa	70.8
αb	21.81
μb	81.74
β	0.17

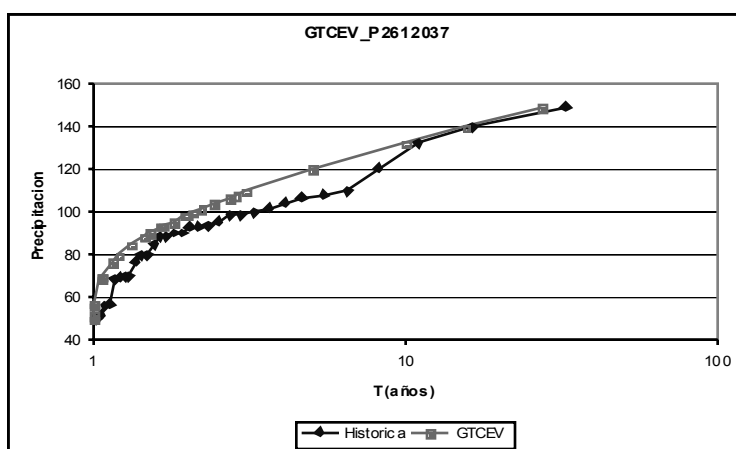


Figura 62. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612037



5.1.16 ESTACIÓN 2612513_P_maxG

Tabla 111. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2612513

Año	Pmáx(mm/día)	Fenómenos
1974	68.9	Niña
1975	74.6	Niña
1976	47	Niño
1977	60.5	Normal
1978	69.5	Normal
1979	55.9	Normal
1980	63.5	Normal
1981	51.6	Normal
1982	77.6	Niño
1983	70.2	Normal
1984	73.4	Niña
1985	86.2	Normal
1986	80	Niño
1987	71.6	Niño
1988	80	Niña
1989	72	Normal
1990	95.5	Normal
1991	84.5	Niño
1992	75	Normal
1993	66.5	Normal
1994	87.6	Niño
1995	83.4	Niña
1996	83.3	Normal
1997	60	Niño
1998	64	Niña
1999	62.5	Niña
2000	82.5	Normal
2001	79	Normal
2002	82	Normal

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 112. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2612513

PARAMETROS	
$\alpha 1$	11.9
$\mu 1$	66.8

Tabla 113. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2612513

PARAMETROS	
p	0.49
$\alpha 1$	9.5
$\alpha 2$	5.85
$\mu 1$	60.41
$\mu 2$	76.31

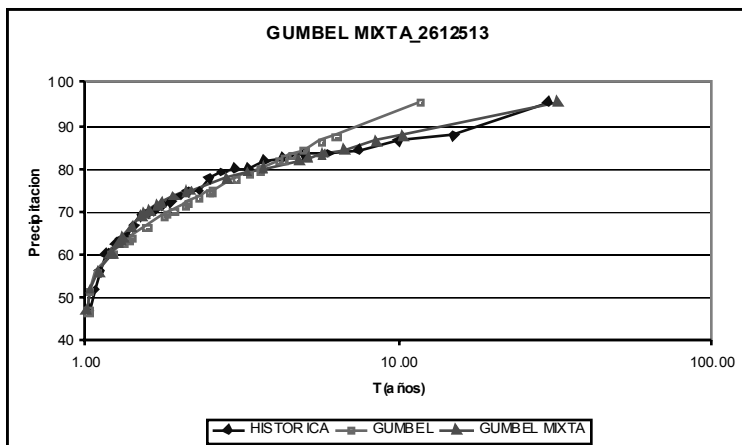


Figura 63. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612513

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 114. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2612513

PARAMETROS	
μ	69.3
β	0.38
α	11.8

Tabla 115. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2612513

PARAMETROS	
μ_1	57
μ_2	72
β_1	0.25
β_2	0.41
α_1	9
α_2	13
b	0.3

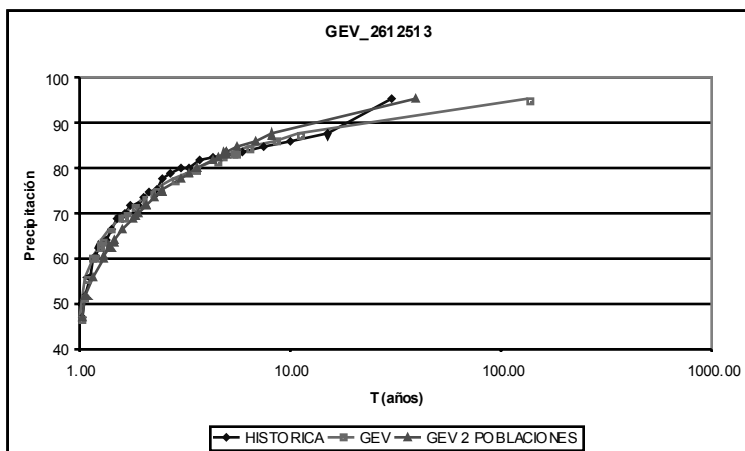


Figura 64. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2612513

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 116. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2612513

PARAMETROS	
$\lambda 1$	330.4
$\alpha 1$	11.54
$\lambda 2$	330.4
$\alpha 2$	1.38

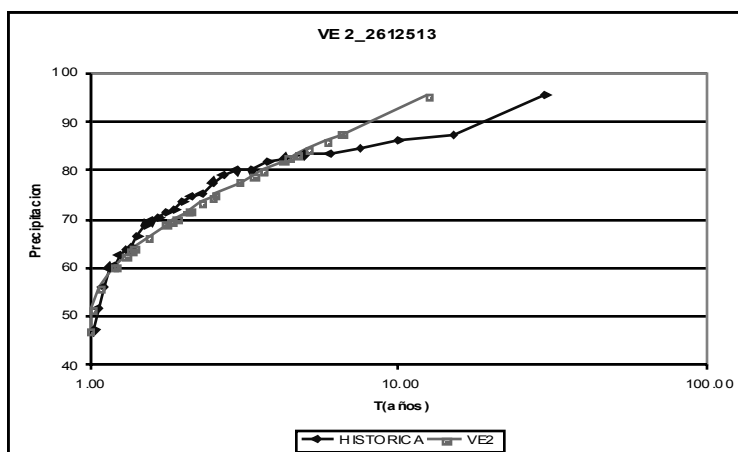


Figura 65. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612513

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 117. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2612513

PARAMETROS	
αa	8
μa	59
αb	16
μb	66
β	0.45

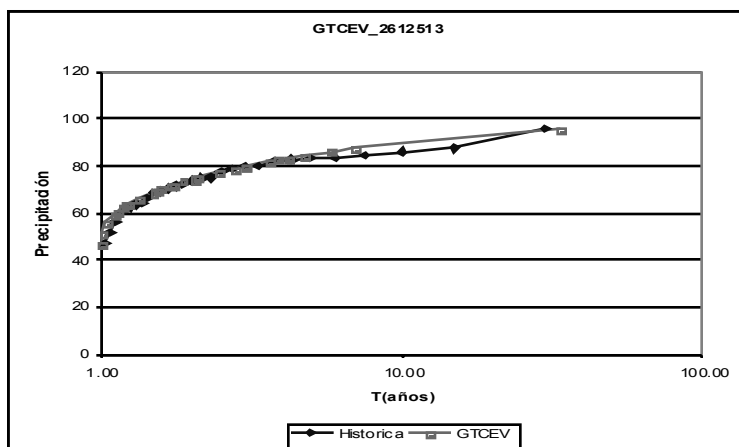


Figura 66. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2612513

5.1.17 ESTACIÓN 2120051_15

En esta estación el parámetro es intensidad de precipitación para una duración de 15 minutos.



Tabla 118. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2120051

ESTACION	FECHA	HORA	DURACION (min)	I(mm/hr)	Fenómeno
2120051	10/09/1956	1230	15	34.2	Normal
	26/10/1957	1100	15	59.3	Niño
	27/03/1958	2200	15	52.8	Normal
	22/10/1959	2100	15	40.0	Normal
	06/11/1960	1650	15	56.4	Normal
	04/11/1961	1150	15	31.1	Normal
	20/11/1962	2000	15	71.2	Normal
	02/06/1963	1200	15	98.4	Niño
	05/05/1964	1200	15	35.2	Niña
	09/12/1965	1230	15	38.0	Normal
	02/03/1966	2000	15	30.0	Normal
	19/07/1967	1400	15	20.5	Normal
	15/10/1968	1130	15	28.8	Normal
	02/05/1969	1030	15	36.8	Niño
	20/02/1970	1550	15	76.1	Niña
	25/12/1971	0150	15	80.4	Niña
	29/10/1972	1200	15	32.0	Normal
	18/12/1973	1615	15	50.0	Niña
	30/08/1974	1430	15	29.0	Niña
	06/11/1975	1555	15	57.3	Niña
	05/04/1976	1250	15	96.0	Niño
	22/03/1977	2100	15	75.0	Normal
	11/04/1978	0615	15	42.7	Normal
	26/08/1979	1600	15	33.3	Normal
	09/05/1980	1620	15	20.3	Normal
	29/11/1981	1645	15	60.7	Normal
	10/10/1982	1430	15	64.0	Niño
	26/03/1983	1315	15	41.3	Normal
	27/05/1984	1720	15	30.9	Niña
	25/08/1985	1400	15	20.0	Normal
	23/02/1986	1515	15	28.0	Normal
	03/04/1987	0345	15	80.0	Niño
	10/02/1988	1530	15	50.8	Niña
	13/03/1989	1230	15	45.4	Normal
	03/05/1990	1300	15	15.6	Normal
	11/04/1991	1355	15	70.8	Niño
	31/03/1992	1150	15	26.5	Normal
	20/11/1993	1140	15	37.0	Normal
	03/11/1994	2155	15	23.3	Niño

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 119. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2120051

PARAMETRO	
$\alpha 1$	16.8
$\mu 1$	36.6

Tabla 120. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2120051

PARAMETROS	
p	0.6
α_1	16.4
α_2	16.4
μ_1	36.8
μ_2	36.8

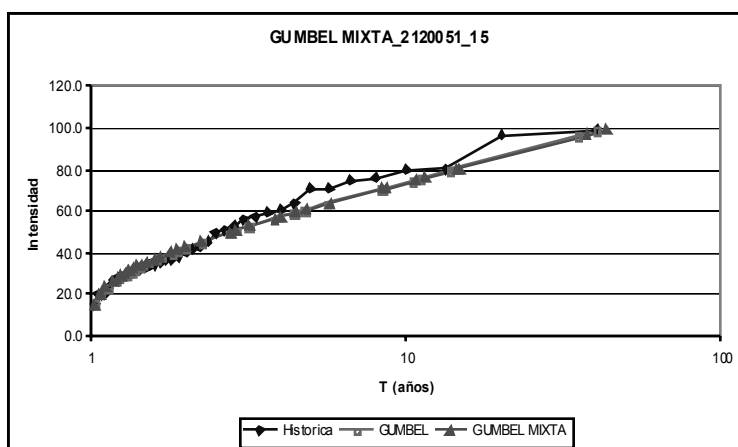


Figura 67. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 121. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2120051

PARAMETROS	
μ	35.9
β	-0.105
α	15.7

Tabla 122. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2120051

PARAMETROS	
μ_1	35.9
μ_2	35.9
β_1	-0.105
β_2	-0.105
α_1	15.7
α_2	15.7
ρ	0.9

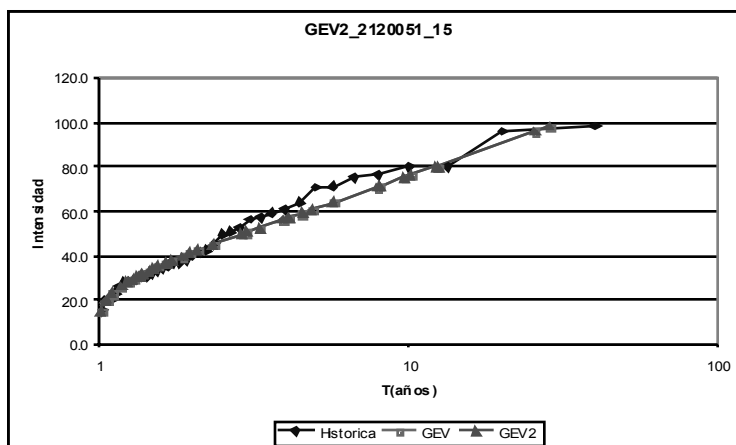


Figura 68. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 123. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2120051

PARAMETROS	
λ_1	9.4
α_1	16.4
λ_2	0.018
α_2	0.56

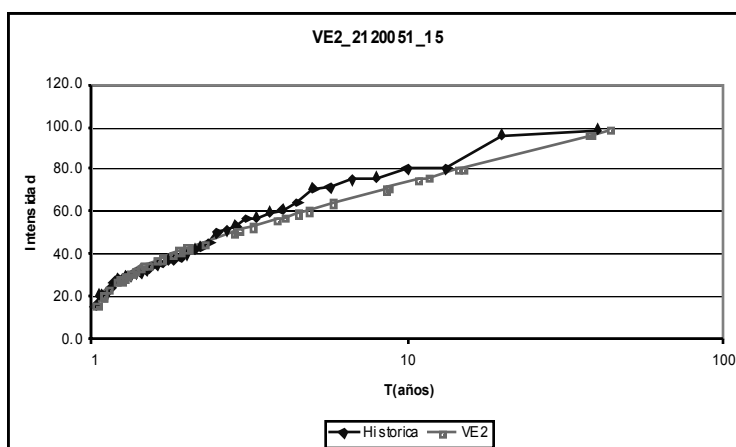


Figura 69. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 124. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_2120051

PARAMETROS	
αa	16.4
μa	36.8
αb	15.7
μb	35.8
β	-0.105

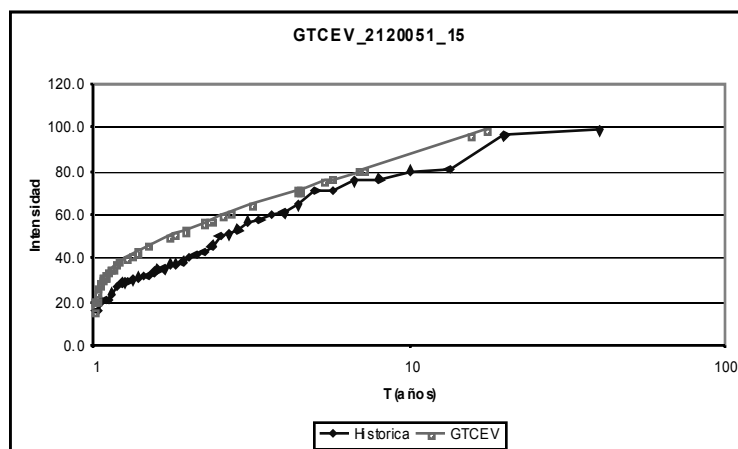


Figura 70. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051

5.1.18 ESTACIÓN 2120051_30

En esta estación el parámetro eran intensidades con duración de 30 minutos.



Tabla 125. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_2120051_30

ESTACION	FECHA	HORA	DURACION (min)	I(mm/hr)	Fenómeno
2120051	10/09/1956	1230	30	34.2	Normal
	26/10/1957	1100	30	29.7	Niño
	28/03/1958	1750	30	40.7	Normal
	22/10/1959	2100	30	40.0	Normal
	06/11/1960	1650	30	36.0	Normal
	12/03/1961	1330	30	22.8	Normal
	20/11/1962	2000	30	36.0	Normal
	02/06/1963	1200	30	49.6	Niño
	05/05/1964	1200	30	35.2	Niña
	09/12/1965	1230	30	38.0	Normal
	02/03/1966	2000	30	30.0	Normal
	19/07/1967	1400	30	20.5	Normal
	15/10/1968	1130	30	28.8	Normal
	02/05/1969	1030	30	36.8	Niño
	20/02/1970	1550	30	38.3	Niña
	25/12/1971	0150	30	40.7	Niña
	29/10/1972	1200	30	32.0	Normal
	05/12/1973	1840	30	33.3	Niña
	30/08/1974	1430	30	29.0	Niña
	17/09/1975	1200	30	31.3	Niña
	05/04/1976	1250	30	48.0	Niño
	22/03/1977	2100	30	75.0	Normal
	11/04/1978	0615	30	42.7	Normal
	26/08/1979	1600	30	32.7	Normal
	09/05/1980	1620	30	20.3	Normal
	29/11/1981	1645	30	41.1	Normal
	10/10/1982	1430	30	32.3	Niño
	04/02/1983	1615	30	23.0	Normal
	27/05/1984	1720	30	15.6	Niña
	30/03/1985	1330	30	14.6	Normal
	13/03/1986	1800	30	17.0	Normal
	03/04/1987	0345	30	40.3	Niño
	10/02/1988	1530	30	29.2	Niña
	13/03/1989	1230	30	30.8	Normal
03/05/1990	1300	30	15.6	Normal	
01/03/1991	1605	30	48.7	Niño	
31/03/1992	1150	30	16.4	Normal	
26/09/1993	1400	30	30.8	Normal	
28/03/1994	1800	30	19.6	Niño	

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 126. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_2120051_30

PARAMETROS	
α_1	9.93
μ_1	27.3

Tabla 127. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_2120051_30

PARAMETROS	
p	0.64
α_1	9.73
α_2	9.73
μ_1	27.4
μ_2	27.4

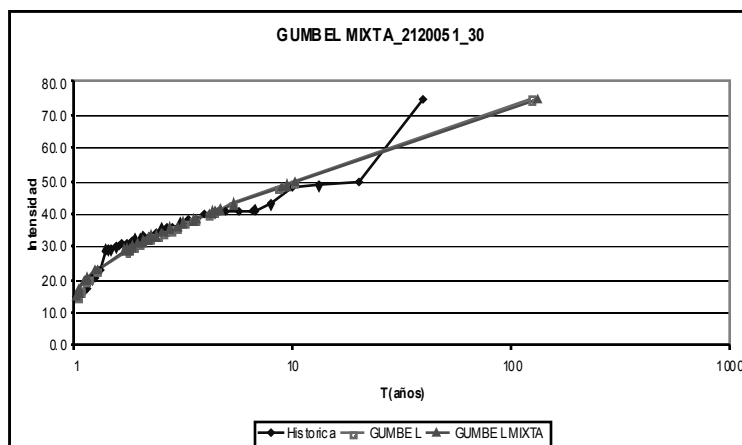


Figura 71. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051_30

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 128. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_2120051_30

PARAMETROS	
μ	27.7
β	0.068
α	9.9

Tabla 129. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_2120051_30

PARAMETROS	
μ_1	24
μ_2	34
β_1	0.055
β_2	0.08
α_1	7
α_2	13
ρ	0.4

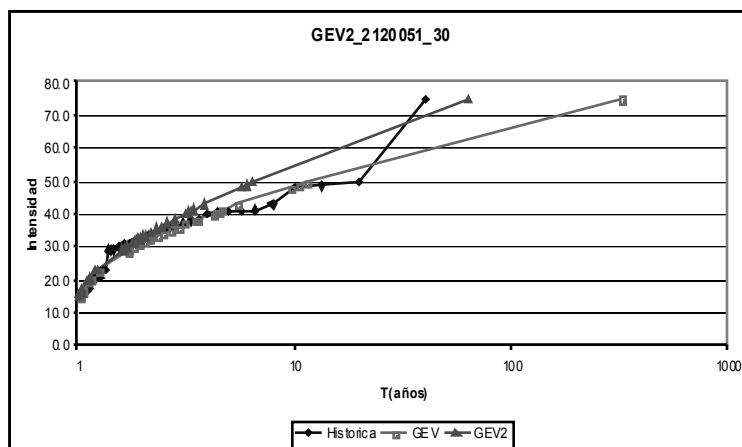


Figura 72. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_2120051_30

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 130. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_2120051_30

PARAMETROS	
λ_1	16.6
α_1	9.73
λ_2	0.245
α_2	0.475

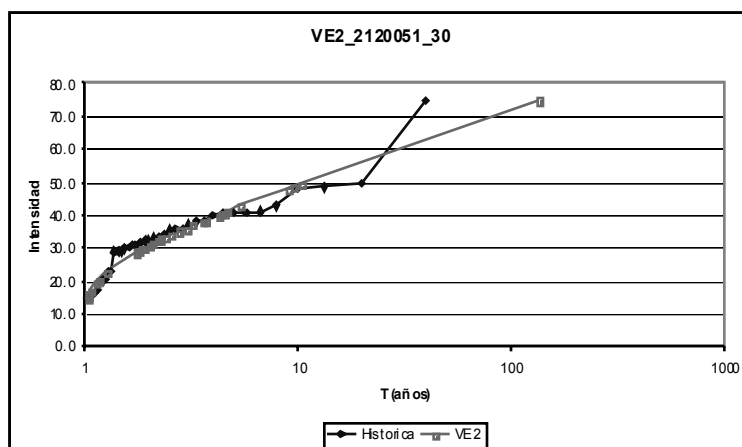


Figura 73. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051_30



DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 131. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes

estación_2120051_30

PARAMETROS	
αa	6.4
μa	23
αb	11
μb	39
β	0.075

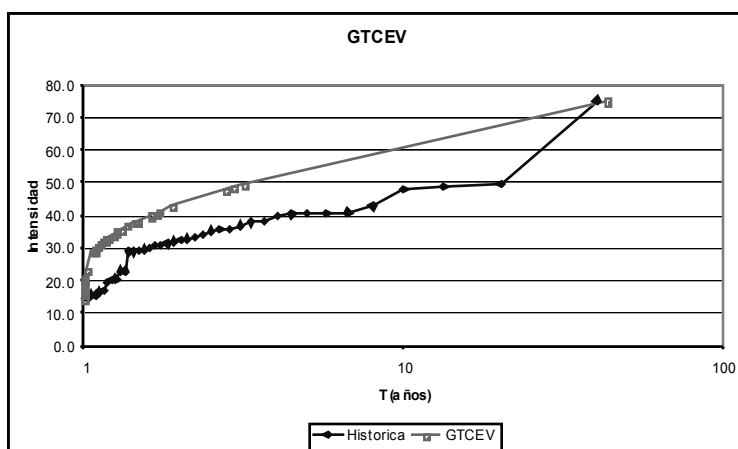


Figura 74. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_2120051_30

5.1.19 ESTACIÓN P-01_120

En esta estación el parámetro eran intensidades con duración de 120 minutos.



Tabla 132. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_ P-01_120

ESTACION	FECHA	HORA	DURACION (min)	I(mm/hr)	Fenómeno
P-01	31/12/1957	1605	120	21.4	Niño
	03/05/1958	1350	120	12.1	Normal
	26/10/1959	1415	120	26.7	Normal
	18/10/1960	1240	120	19.2	Normal
	12/03/1961	1430	120	26.1	Normal
	21/04/1962	1435	120	26.1	Normal
	14/10/1963	1935	120	23.7	Niño
	10/12/1964	1523	120	17.5	Niña
	12/12/1965	1410	120	20.0	Normal
	11/10/1966	1320	120	13.5	Normal
	16/10/1967	1610	120	12.1	Normal
	07/06/1968	1530	120	15.4	Normal
	28/09/1969	1520	120	25.5	Niño
	20/02/1970	1510	120	17.2	Niña
	27/04/1971	1630	120	28.6	Niña
	15/11/1972	1150	120	17.2	Normal
	06/12/1973	1635	120	11.0	Niña
	04/04/1974	1415	120	28.0	Niña
	16/10/1975	1245	120	16.1	Niña
	02/10/1976	1255	120	13.4	Niño
	27/09/1977	1610	120	11.7	Normal
	01/03/1978	1425	120	16.1	Normal
	17/04/1979	1405	120	20.0	Normal
	19/02/1980	1640	120	14.9	Normal
	27/01/1981	1515	120	14.3	Normal
	20/03/1982	1325	120	23.2	Niño
	05/03/1983	1545	120	11.4	Normal
	23/04/1984	1845	120	14.2	Niña
	26/08/1985	1550	120	16.9	Normal
	09/11/1986	1935	120	17.3	Normal
	13/10/1987	1335	120	12.1	Niño
	23/02/1988	1540	120	15.2	Niña
	06/03/1989	1310	120	20.6	Normal
	31/03/1990	1500	120	16.7	Normal
	11/03/1991	1415	120	21.7	Niño
	04/05/1992	1505	120	11.5	Normal
	24/02/1993	1455	120	21.9	Normal
	29/01/1994	1615	120	12.4	Niño

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 133. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_ P-01_120

PARAMETROS	
$\alpha 1$	4.2
$\mu 1$	15.5

Tabla 134. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_ P-01_120

PARAMETROS	
p	0.7
$\alpha 1$	2.5
$\alpha 2$	6.1
$\mu 1$	13
$\mu 2$	18

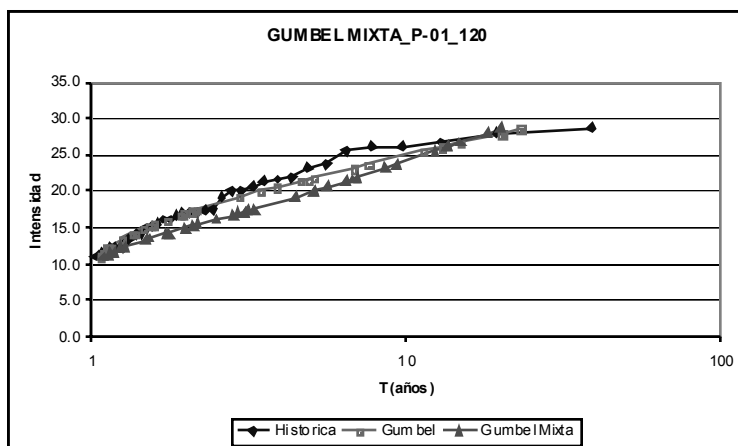


Figura 75. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_ P-01_120

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 135. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_ P-01_120

PARAMETROS	
μ	15.5
β	-0.04
α	4.04

Tabla 136. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_ P-01_120

PARAMETROS	
$\mu 1$	16
$\mu 2$	20
$\beta 1$	-0.03
$\beta 2$	-0.07
$\alpha 1$	4.5
$\alpha 2$	6.7
p	0.6

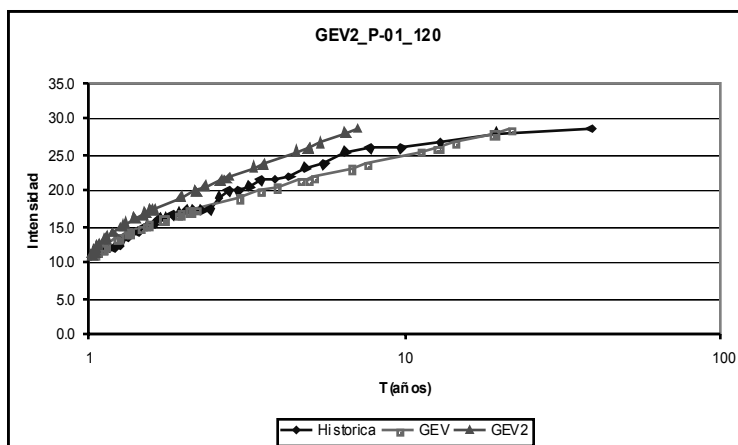


Figura 76. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_P-01_120

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 137. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_P-01_120

PARAMETROS	
$\lambda 1$	115
$\alpha 1$	3.5
$\lambda 2$	8
$\alpha 2$	5.3

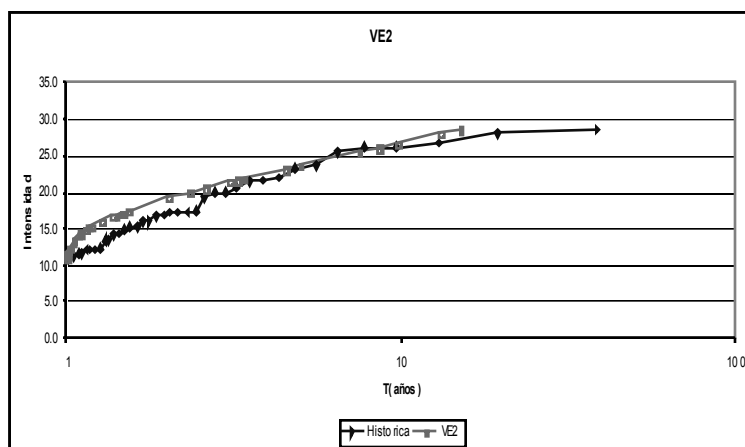


Figura 77. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_P-01_120

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 138. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_ P-01_120

PARAMETROS	
αa	4.11
μa	15.54
αb	4.04
μb	15.46
β	-0.039

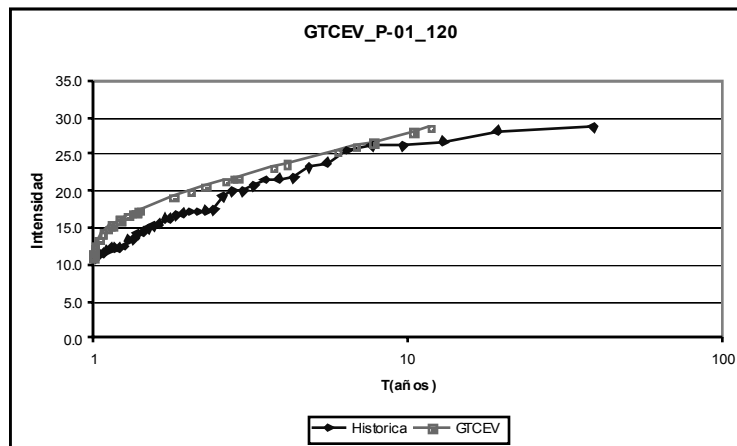


Figura 78. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_ P-01_120

5.1.20 ESTACIÓN P-01_360

En esta estación el parámetro eran intensidades con duración de 360 minutos.



Tabla 139. Caudales máximos y el respectivo fenómeno para cada año estación_ P-01_360

ESTACION	FECHA	HORA	DURACION (min)	I(mm/hr)	Fenómeno
P-01	31/12/1957	1605	360	7.3	Niño
	03/05/1958	1350	360	4.1	Normal
	26/10/1959	1415	360	9.2	Normal
	18/10/1960	1240	360	6.4	Normal
	12/03/1961	1430	360	8.9	Normal
	21/04/1962	1435	360	8.9	Normal
	14/10/1963	1935	360	9.5	Niño
	10/12/1964	1523	360	5.9	Niña
	12/12/1965	1410	360	10.4	Normal
	01/10/1966	1820	360	5.4	Normal
	19/11/1967	1915	360	4.2	Normal
	07/06/1968	1530	360	5.1	Normal
	28/09/1969	1520	360	9.2	Niño
	20/02/1970	1510	360	5.7	Niña
	27/04/1971	1630	360	9.5	Niña
	10/04/1972	2030	360	6.0	Normal
	06/12/1973	1635	360	3.9	Niña
	04/04/1974	1415	360	9.5	Niña
	16/10/1975	1245	360	5.4	Niña
	02/10/1976	1255	360	6.2	Niño
	27/09/1977	1610	360	4.4	Normal
	01/03/1978	1425	360	5.4	Normal
	17/04/1979	1405	360	6.9	Normal
	19/02/1980	1640	360	5.0	Normal
	08/04/1981	2230	360	5.6	Normal
	20/03/1982	1325	360	8.1	Niño
	26/03/1983	2015	360	3.9	Normal
	23/04/1984	1845	360	5.3	Niña
	26/08/1985	1550	360	5.6	Normal
	09/11/1986	1935	360	5.8	Normal
	30/10/1987	1315	360	5.1	Niño
	23/02/1988	1540	360	5.1	Niña
	06/03/1989	1310	360	8.3	Normal
	04/05/1990	2340	360	6.2	Normal
11/03/1991	1415	360	7.4	Niño	
12/11/1992	2010	360	4.1	Normal	
24/02/1993	1455	360	7.3	Normal	
30/03/1994	1915	360	5.3	Niño	

DISTRIBUCIÓN GUMBEL MIXTA

Tabla 140. Parámetros de la Distribución Gumbel estación_ P-01_360

PARAMETROS	
α_1	1.5
μ_1	5.6

Tabla 141. Parámetros de la Distribución Gumbel Mixta estación_ P-01_360

PARAMETROS	
p	0.4
α_1	1.1
α_2	2.3
μ_1	5.7
μ_2	6.5

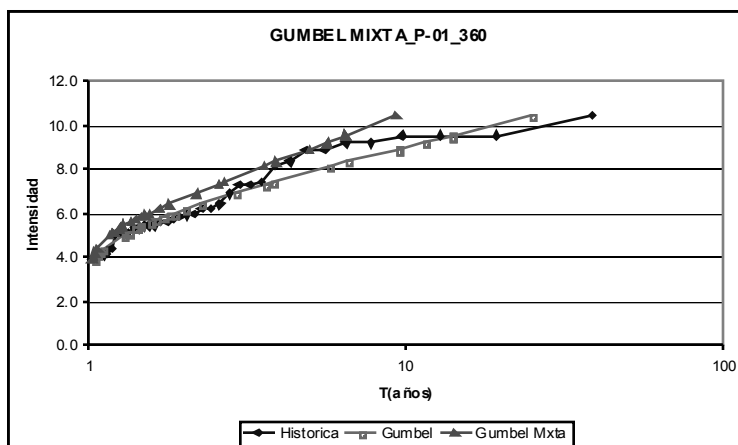


Figura 79. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_ P-01_360

DISTRIBUCIÓN GENERAL DE VALORES EXTREMOS MIXTA

Tabla 142. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos estación_ P-01_360

PARAMETROS	
μ	5.6
β	-0.042
α	1.43

Tabla 143. Parámetros de la distribución General de Valores Extremos Mixta estación_ P-01_360

PARAMETROS	
$\mu 1$	4.3
$\mu 2$	7.1
$\beta 1$	-0.04
$\beta 2$	-0.06
$\alpha 1$	1.1
$\alpha 2$	1.9
p	0.8

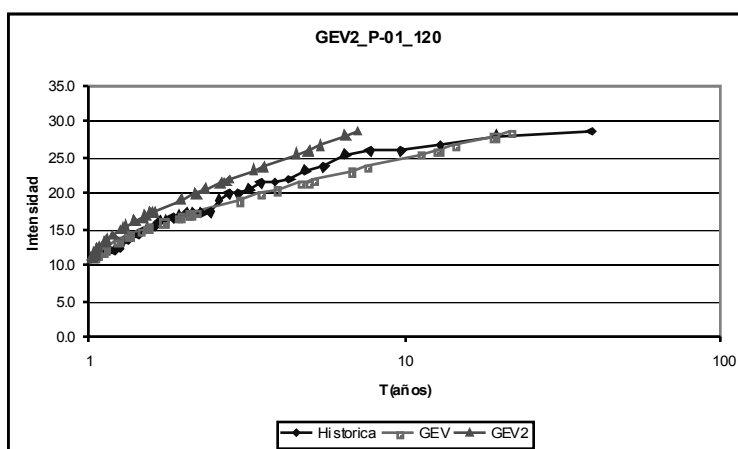


Figura 80. Gráfica de la distribución Gumbel, Gumbel Mixta y la serie histórica estación_ P-01_360

DISTRIBUCIÓN DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (VE2)

Tabla 144. Parámetros de la distribución Valores Extremos 2 componentes estación_ P-01_360

PARAMETROS	
λ_1	46.4
α_1	1.46
λ_2	1.00E-03
α_2	0.232

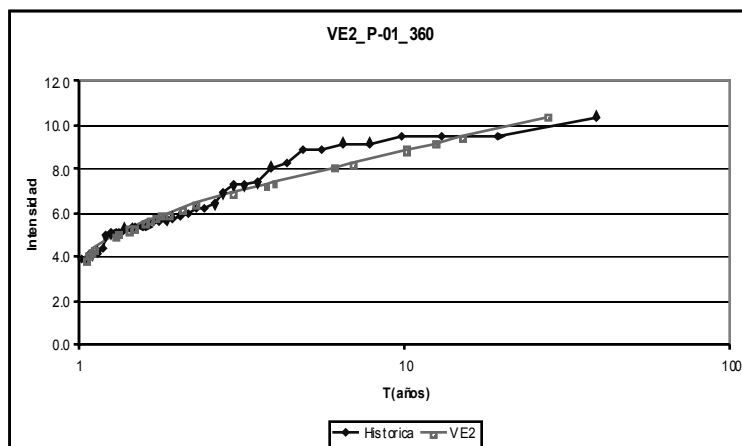


Figura 81. Gráfica de la distribución de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_ P-01_360

DISTRIBUCIÓN GENERALIZADA DE VALORES EXTREMOS DE DOS COMPONENTES (GTCEV)

Tabla 145. Parámetros de la distribución Generalizada de Valores Extremos 2 componentes estación_ P-01_360

PARAMETROS	
α_a	1.46
μ_a	5.59
α_b	1.43
μ_b	5.56
β	-0.042

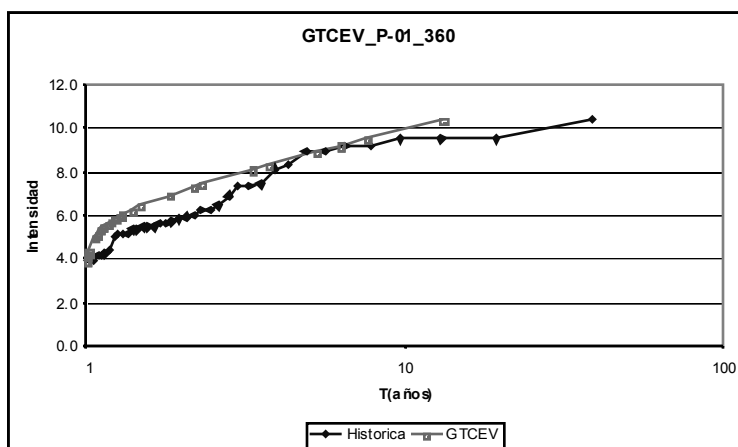


Figura 82. Gráfica de la distribución Generalizada de Valores Extremos de dos componentes y la serie histórica estación_P-01_360

De manera general se observó que para las estaciones en donde los registros históricos son mayores las distribuciones mixtas o de más de una población funcionaron mejor que las demás, por lo que más adelante se procedió a hacer ajustes de distribuciones mixtas solo para aquellas series anuales de mayor longitud.

5.2 POBLACIÓN ESCASA

En el numeral anterior se expusieron los diferentes resultados de las distribuciones para cada una de las estaciones y se pudo observar que alguna de estas tenían poca información histórica y como consecuencia de esto es poco el ajuste de estos datos a las distribuciones, Además de esto como se dijo antes los parámetros para estas estaciones con escasa población presentaban valores de p igual a uno o a cero lo que conlleva a concluir que para esas estaciones el análisis de frecuencia con distribuciones con más de una población no es factible. Como se presentaron estos inconvenientes se hicieron las siguientes pruebas y es la siguiente.

Se tenía la serie histórica y se daban valores más grandes y más pequeños a esta y posteriormente con los parámetros que ya se habían hallado anteriormente se hacían nuevos cálculos para la distribución, esto se hizo para tres estaciones (P-29, P-01, P-47) y específicamente para la distribución de valores extremos de dos componentes que es el

producto de dos gumbel (gumbel a y gumbel b), como se puede ver en las figuras (73), (74), (75) a continuación.

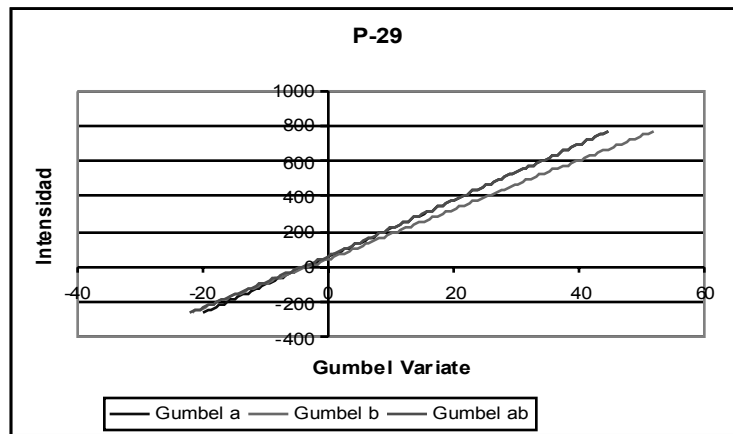


Figura 83. Gráfica de distribución de Valores Extremos dos componentes (Población Escasa) para P-29

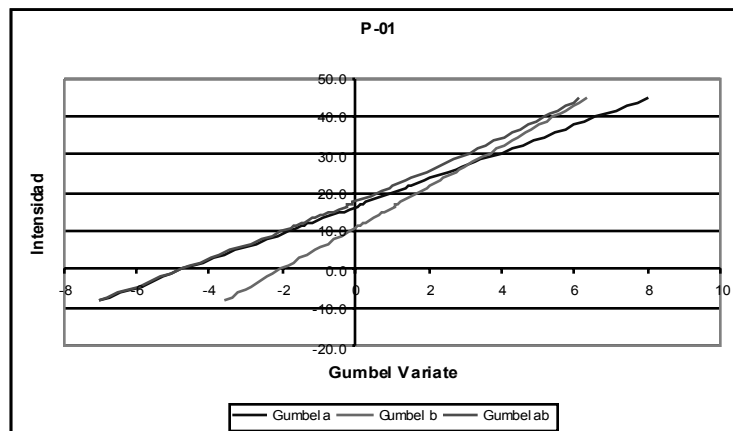


Figura 84. Gráfica de distribución de Valores Extremos dos componentes (Población Escasa) para P-01

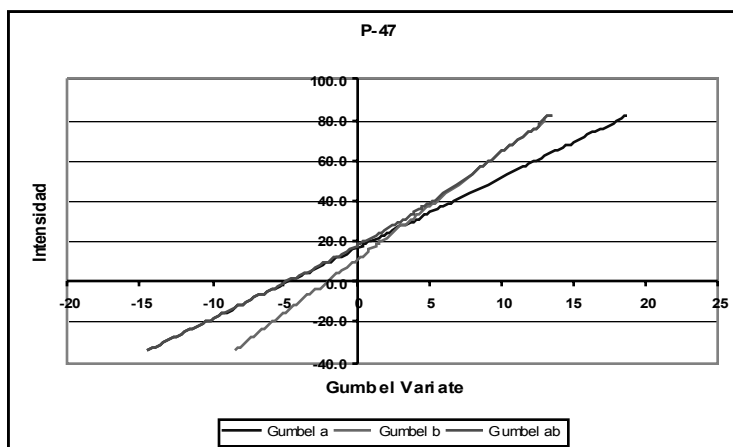


Figura 85. Gráfica de distribución de Valores Extremos dos componentes (Población Escasa) para P-47



Se observa en las gráficas anteriores cómo el largo de toda la distribución de valores extremos de dos componentes se ajustan los datos a medida que se tienen más datos con lo que se comprobó que la población era escasa.

5.3 ANÁLISIS SINTÉTICO PARA LAS ESTACIONES

El análisis que se hizo posteriormente es un análisis sintético a partir de los datos históricos de una estación que es la 2612513_P_maxG. Y se hizo de la siguiente forma.

Teniendo los datos históricos y ajustados cada una de las distribuciones, con los parámetros estimados para la distribución Gumbel y Gumbel Mixta y teniendo la ecuación (21) y (22) de la función acumulada de probabilidad para ellas, se le dan valores para $F(x)$ de cero a uno y con los parámetros α y μ , de allí se despeja x que es la variable histórica (caudal, precipitación o intensidad). Este procedimiento se hizo para diferentes longitudes de datos que son de 60, 180, 380 y 1000.

$$F(x) = \exp^{-\exp-(x-\mu)/\alpha} \quad (23)$$

$$F(x) = (p) \exp^{-\exp-(x-\mu_1)/\alpha_1} + (1-p) * \exp^{-\exp-(x-\mu_2)/\alpha_2} \quad (24)$$

En las siguientes figuras se pueden observar los resultados y en los anexos están las tablas con el procedimiento correspondiente.

5.3.1 ESTACIÓN 2612513_P_maxG

5.3.1.1 Ajustes con Gumbel

Para este ajuste se usaron los parámetros que fueron encontrados inicialmente para la estación con código 2612513_P a partir de esto se generaron series de 60, 180, 380, 1000 valores y con estas series se realizaron ajustes de distribuciones simples y mixtas.

Para 60 valores generados con la distribución Gumbel

Aquí solo se muestran las distribuciones ajustadas a partir de las series sintéticas generadas.

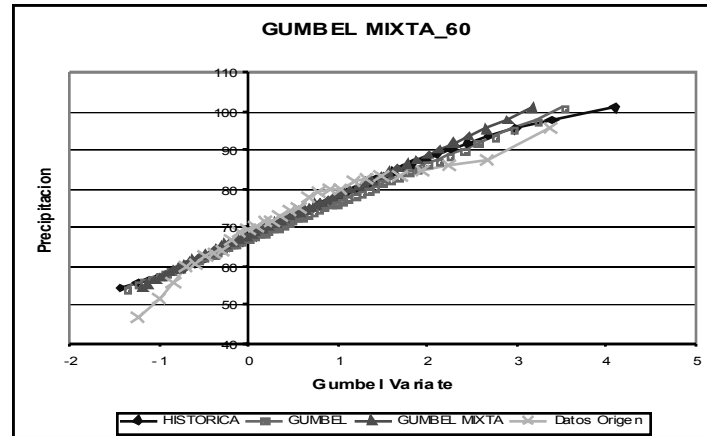


Figura 86. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 60 datos

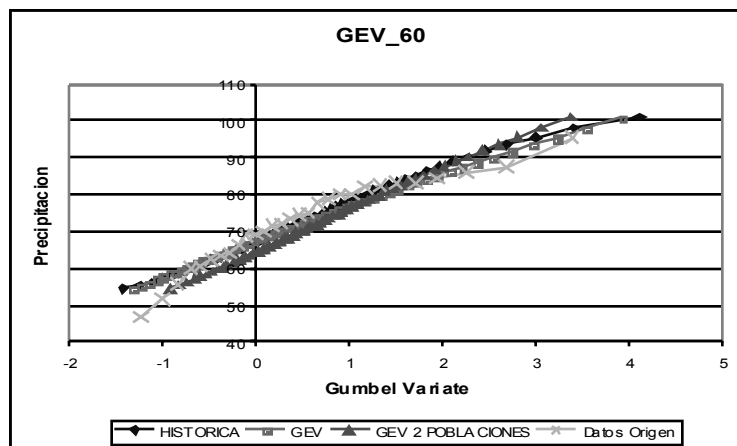


Figura 87. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 60 datos

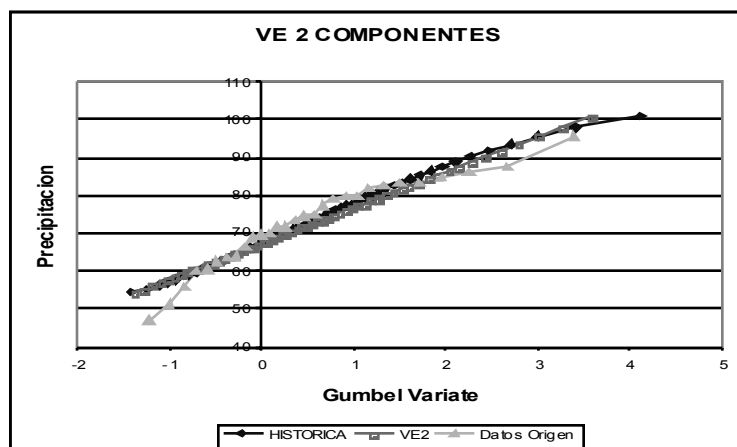


Figura 88. Grafica del ajuste para la distribución VE y VE2 para los 60 datos

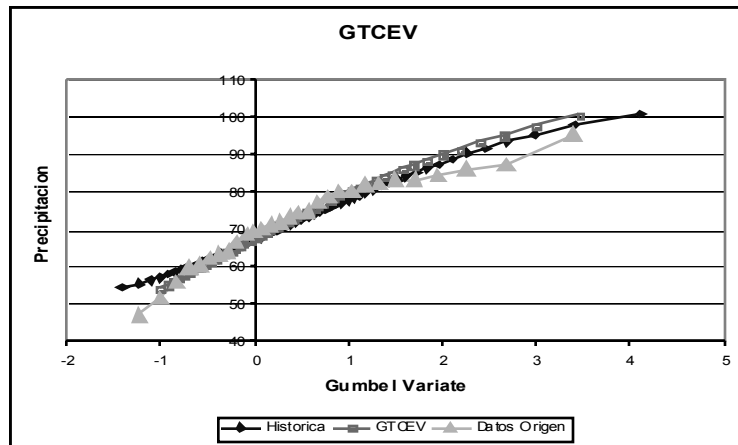


Figura 89. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 60 datos

Los parámetros para cada una de las distribuciones a partir de los datos sintéticos fueron similares a los resultados arrojados para los datos históricos iniciales, pero con el registro nuevo se pudo observar en la grafica que esta ajusta mejor con los datos originales históricos que con los dados por las diferentes distribuciones probabilísticas para mas de una población, haciendo de esta manera que se siguiera probando con un mayor número de datos que se encuentran posteriormente.

Para 180 valores generados con la distribución Gumbel

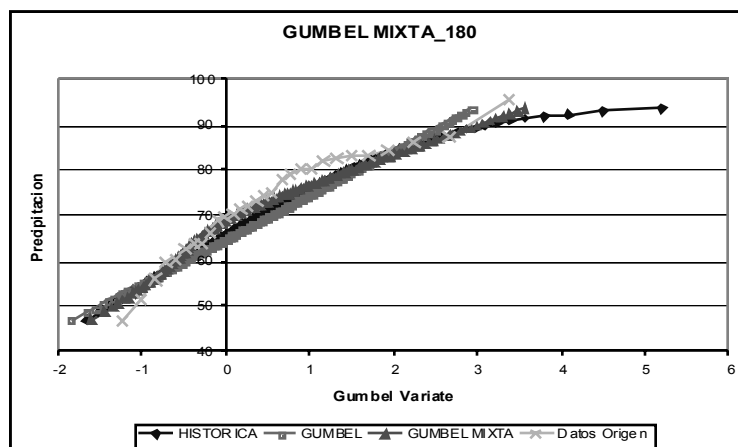


Figura 90. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 180 datos

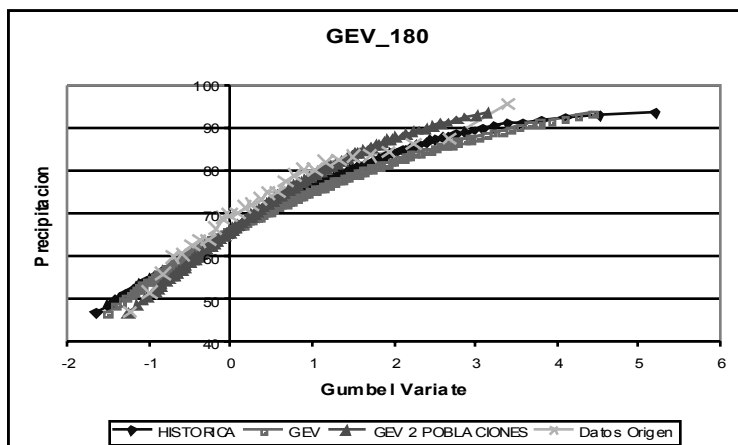


Figura 91. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 180 datos

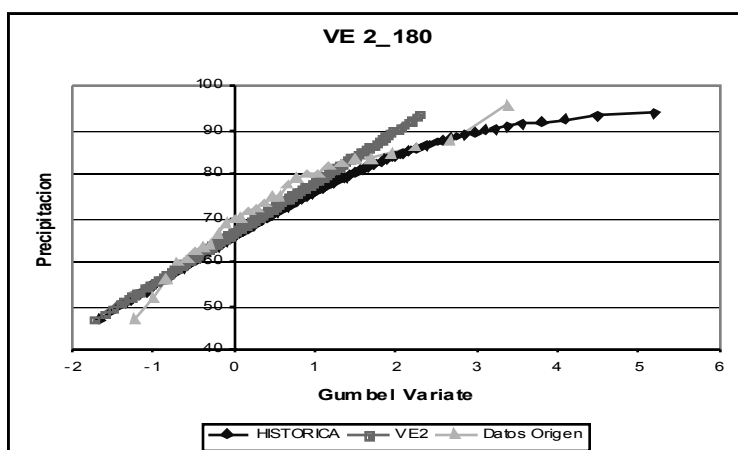


Figura 92. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 180 datos

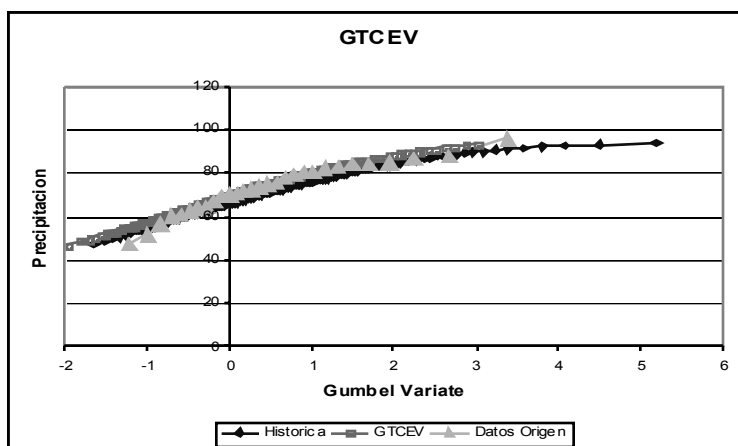


Figura 93. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 180 datos

Como se puede notar con las gráficas los nuevos valores se van a justando más a los originales dependiendo de que tan grande es la longitud de registro de los datos sintéticos ya que se puede notar que con un mayor numero de datos esto funciona mejor.

Para 380 y 1000 valores generados con la distribución Gumbel

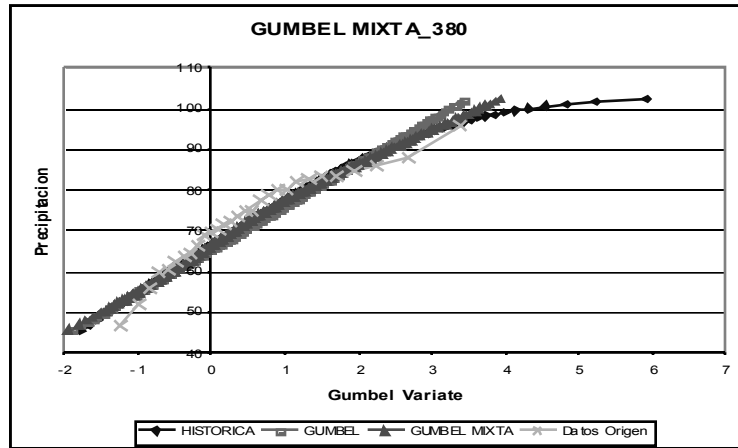


Figura 94. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 380 datos

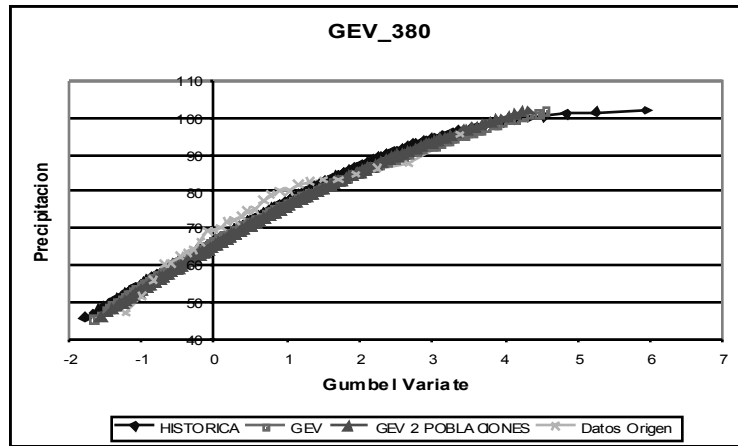


Figura 95. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV para los 380 datos

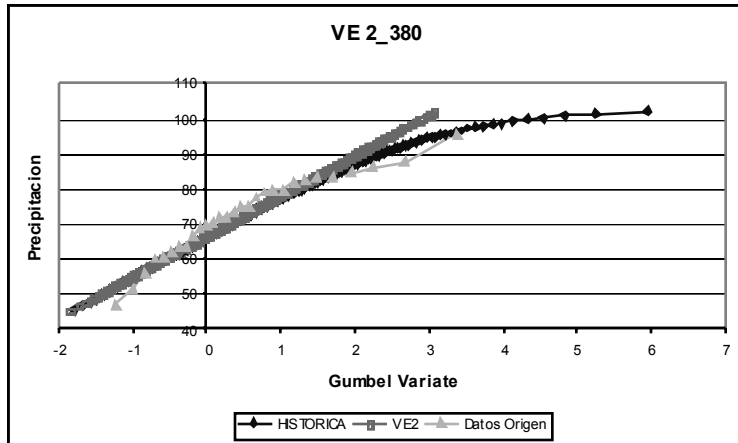


Figura 96. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 380 datos

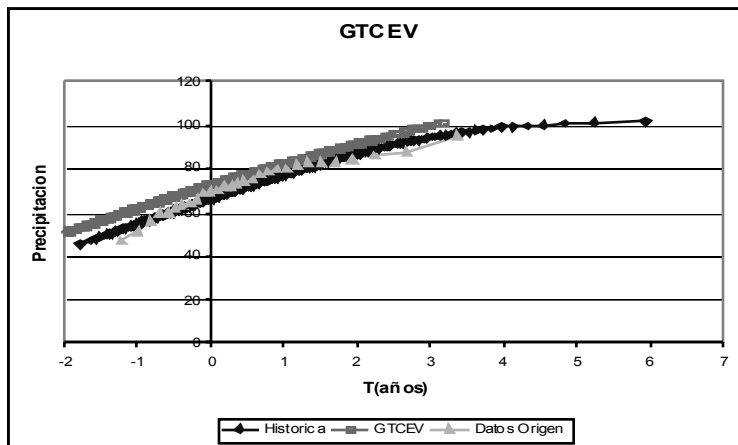


Figura 97. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 380 datos

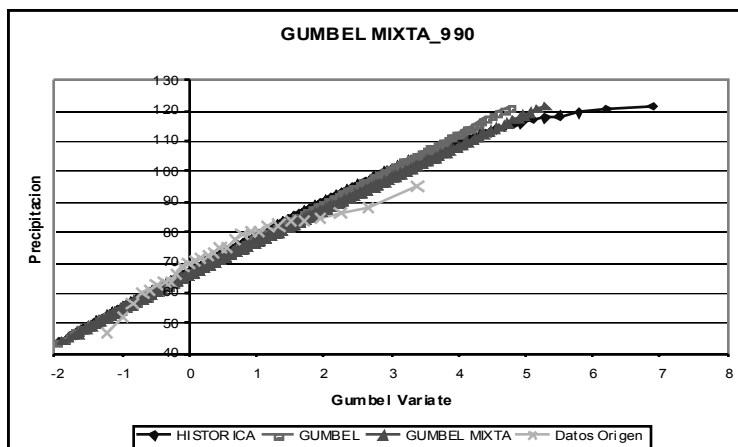


Figura 98. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 1000 datos

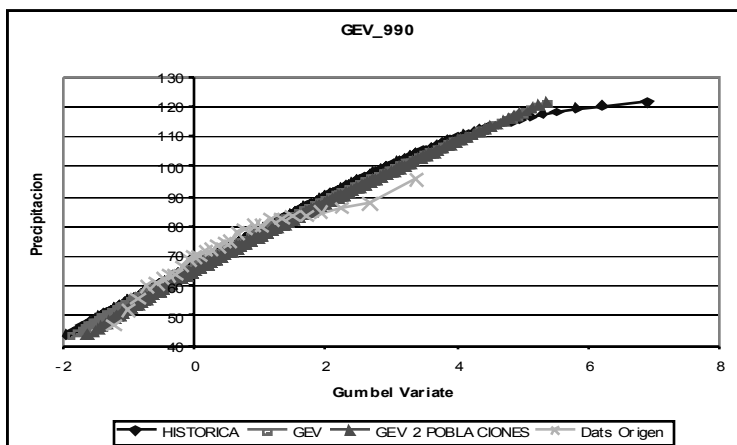


Figura 99. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 1000 datos

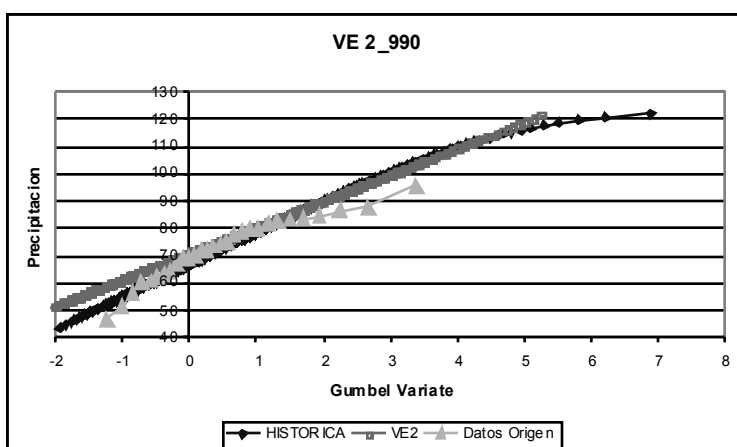


Figura 100. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 1000 datos

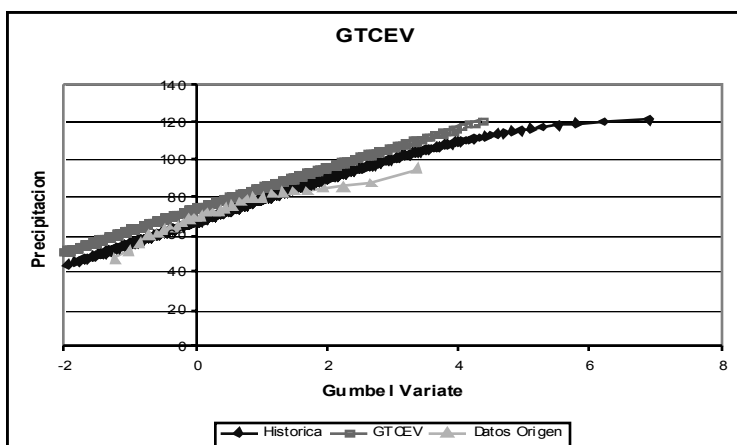


Figura 101. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 1000 datos

Igualmente para estas series sintéticas de 380 y 1000, se observó que comparadas con las de 60 y 180 datos su ajuste es mucho mejor y que los parámetros sobretodo las de ponderación p varían considerablemente unas con respecto a las otras distribuciones para todos los datos esto se debe principalmente a la gran cantidad de datos que se tiene ahora.

5.3.1.2 Ajustes con Gumbel Mixta

Para este ajuste igualmente se usaron los parámetros que fueron dados inicialmente para la estación con código 2612513_P. A partir de esta generaron series de 60, 180, 380, 1000 valores.

Para 60 y 180 valores generados con la distribución Gumbel Mixta

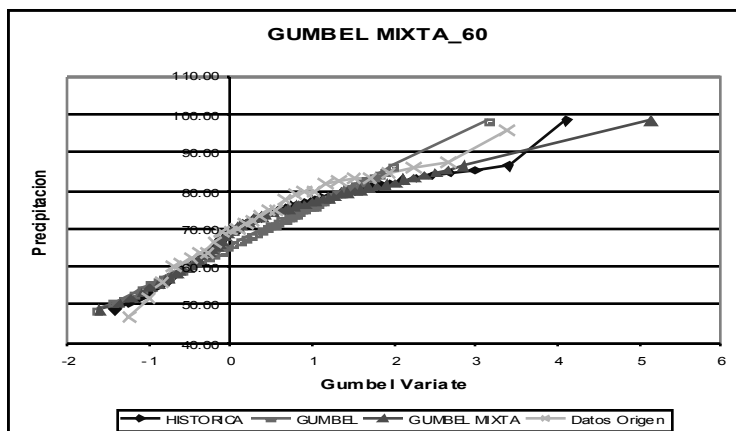


Figura 102. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 60 datos

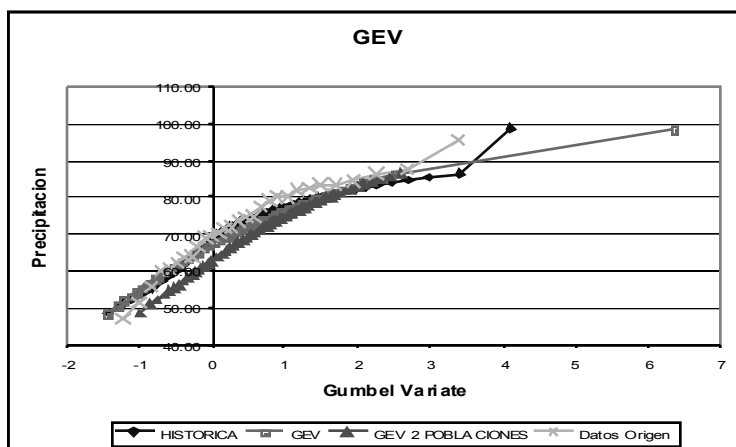


Figura 103. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 60 datos

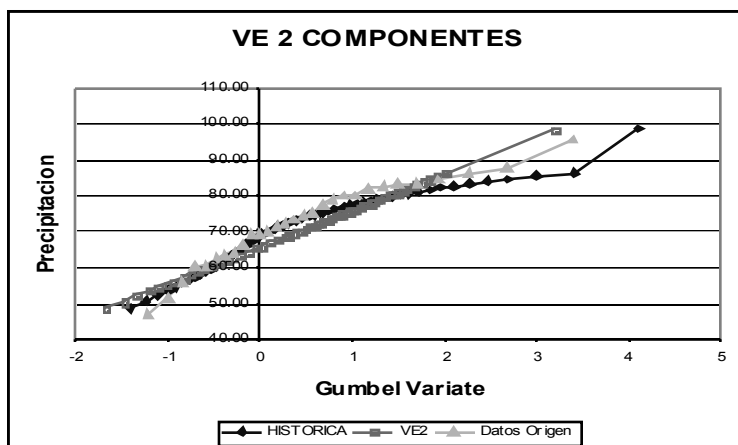


Figura 104. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 60 datos

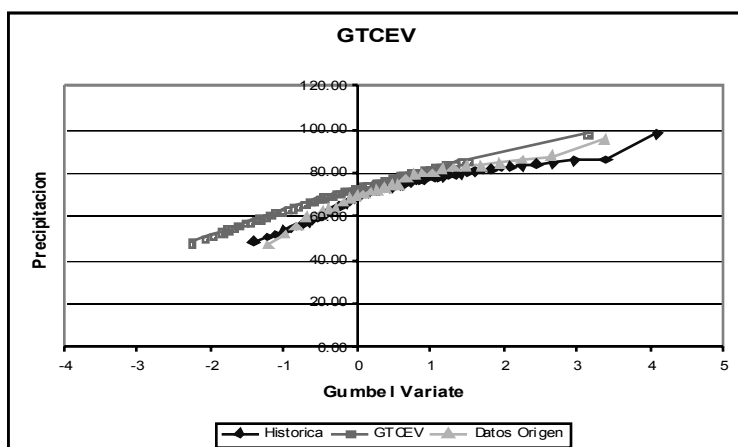


Figura 105. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 60 datos

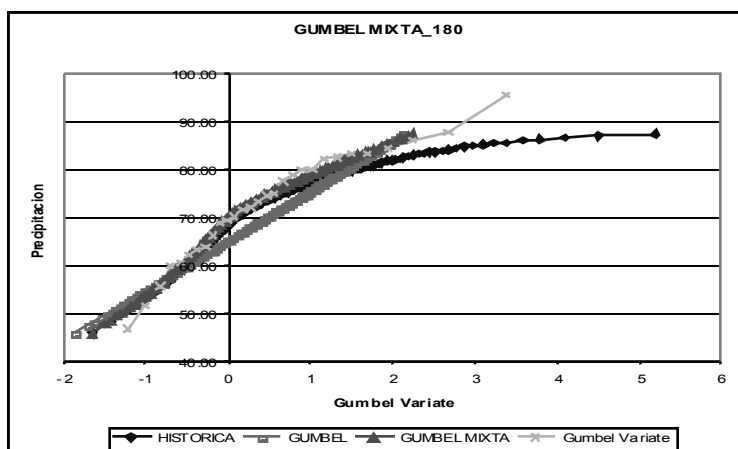


Figura 106. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 180 datos

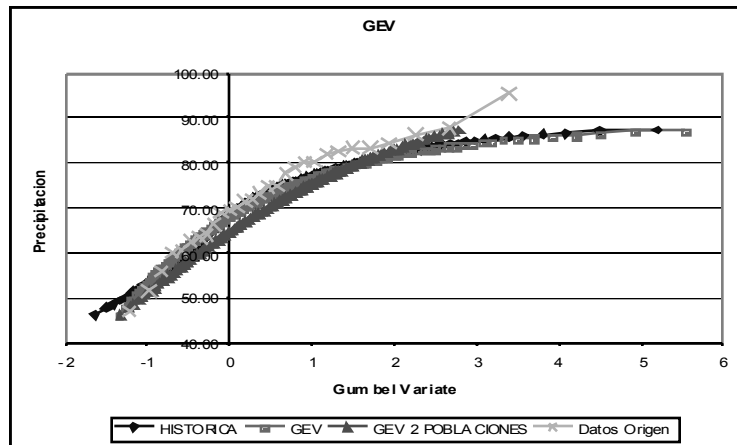


Figura 107. Grafica del ajuste para la distribución GEV2 para los 180 datos

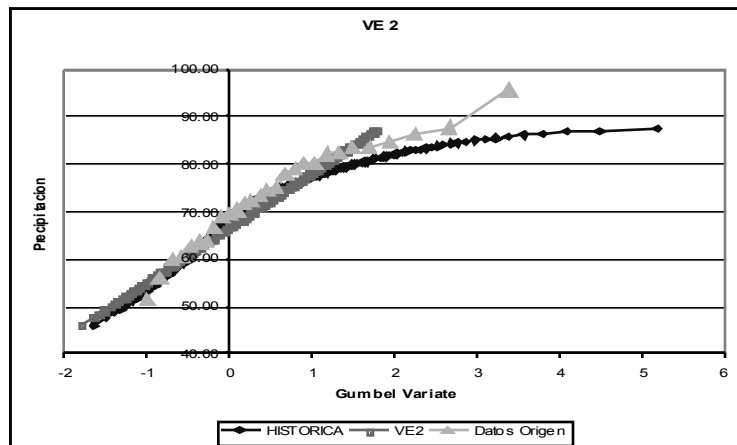


Figura 108. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 180 datos

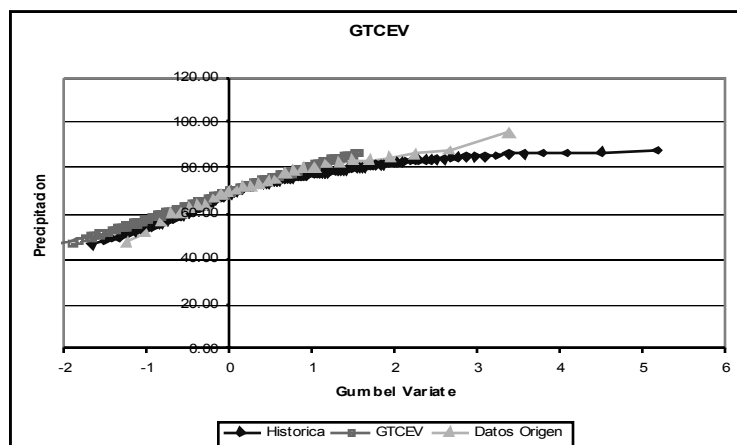


Figura 109. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 180 datos

Comparando estos ajustes de la distribución Gumbel Mixta con la distribución Gumbel para las series de valores sintéticos 60 y 180 datos, los parámetros fueron similares pero mejorando el ajuste.

Para 380 y 1000 valores generados con la distribución Gumbel Mixta

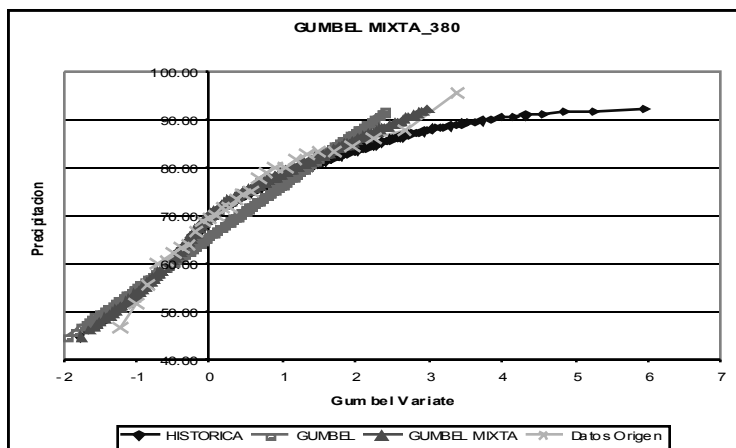


Figura 110. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 380 datos

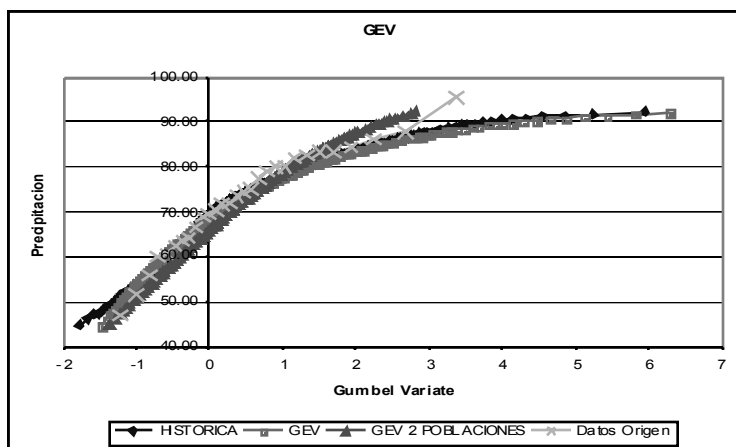


Figura 111. Grafica del ajuste para la distribución GEV y GEV2 para los 380 datos

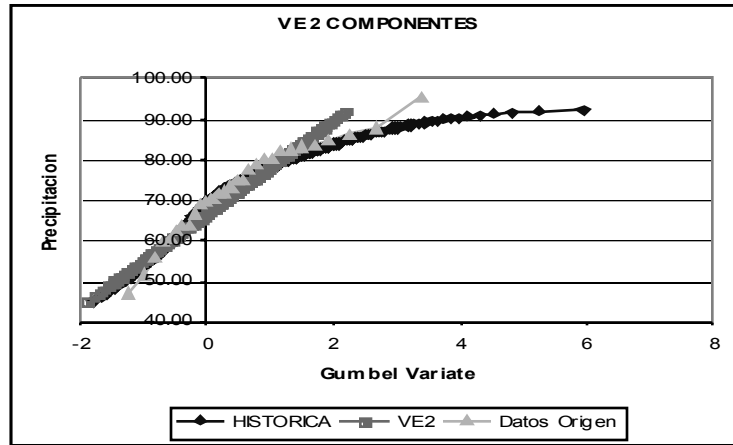


Figura 112. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 380 datos

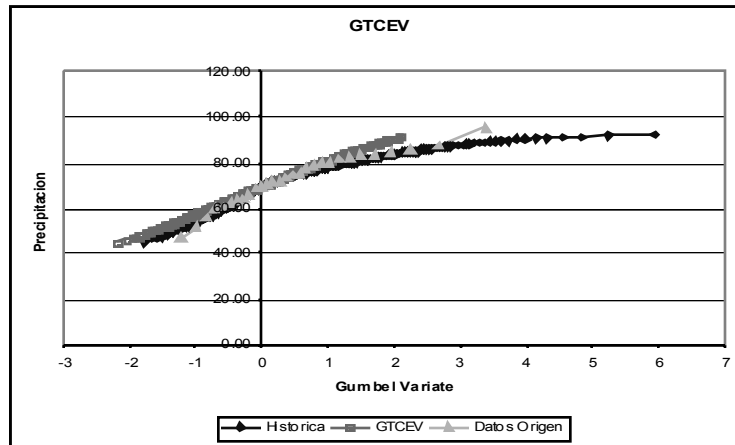


Figura 113. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 380 datos

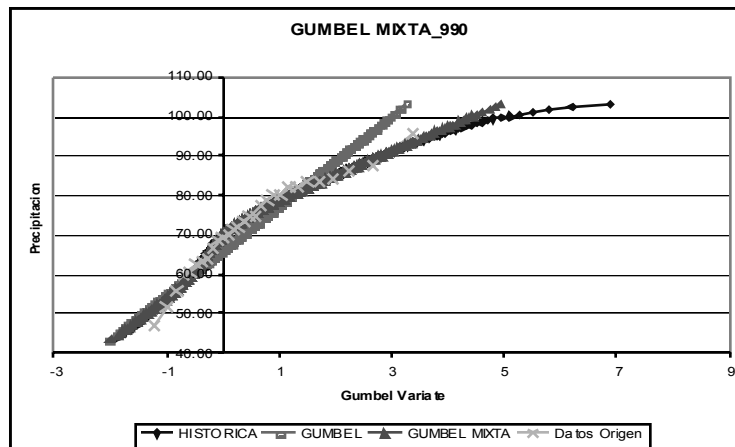


Figura 114. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 1000 datos

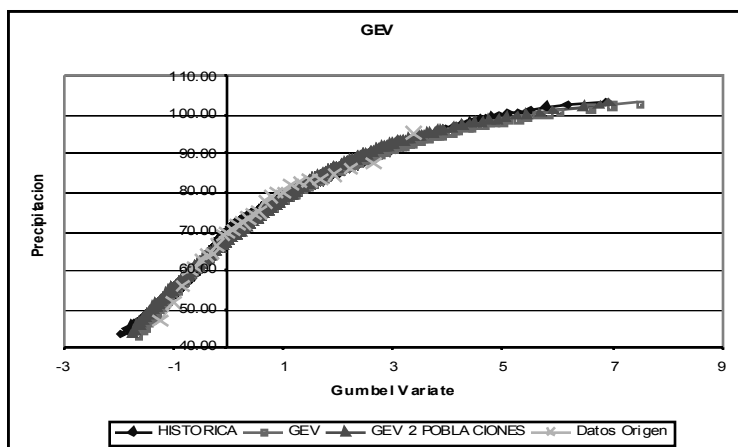


Figura 115. Grafica del ajuste para la distribución gumbel y gumbel mixta para los 1000 datos

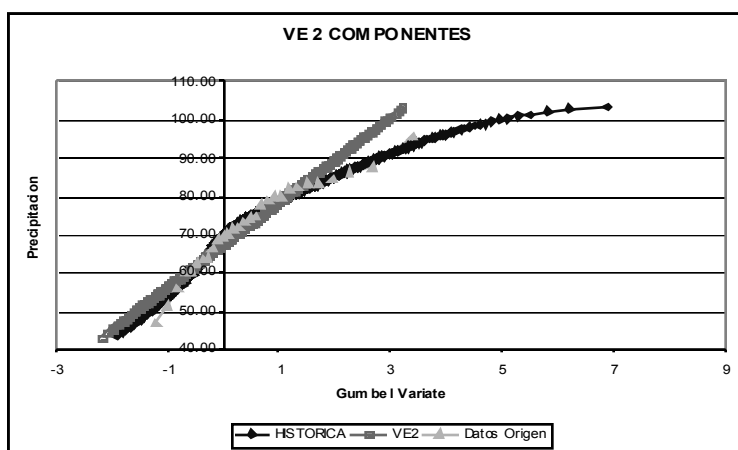


Figura 116. Grafica del ajuste para la distribución VE2 para los 1000 datos

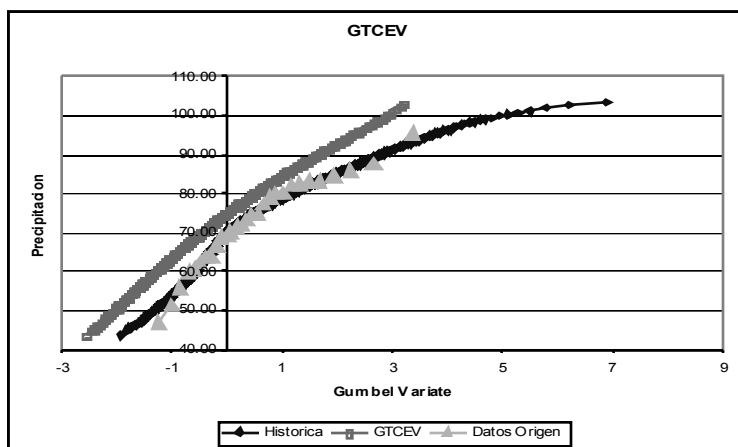


Figura 117. Grafica del ajuste para la distribución GTCEV para los 1000 datos



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En general los resultados de todos los Modelos Probabilísticos demuestran que pueden ser una buena alternativa para modelar eventos extremos máximos (La Niña) o mínimos (El Niño), siempre y cuando se tengan series pluviométricas y pluviográficas de mayor tamaño comparadas con las series de tiempo analizadas.

Usualmente para todas las estaciones se observó como los fenómenos macroclimáticos estaban distribuidos a lo largo de todo el registro histórico y no tendían a estar específicamente en un mismo sector.

En cuanto al cálculo de los estimadores de los parámetros para cada una de las distribuciones analizadas se facilitó con la ayuda computacional de Mathcad, que agilizó el cálculo de derivadas y sistemas de ecuaciones.

Se experimentó que para la estimación de parámetros en Mathcad fue más complejo cuando el tamaño de las series es mayor ya que el programa tendía a no responder.

Los resultados de los parámetros para la mayoría de las estaciones pluviométricas demuestran que no es factible el análisis de frecuencia para más de una población, no por la metodología y procedimiento empleado sino por la cantidad de datos suministrados, que en este caso era poca.

Para las distribuciones mixtas donde eran sumas ponderadas, se vió como en algunos casos en las estaciones el valor de esta ponderación era de 0 o de 1, haciendo que para éstas solo primara una población y en la que no se podrían hacer análisis de frecuencia para más de una población especialmente ocurría esto en las estaciones donde la longitud de registro histórico era menor.



Para el caso de las Distribuciones Generalizada de Valores Extremos de Dos Componentes y la de Valores Extremos de Dos componentes como son el producto de dos distribuciones diferentes se tuvo mejor aproximación, como se enseñó anteriormente.

Al hacer los ajustes a los datos históricos con la distribución Gumbel y Gumbel Mixta se observó, especialmente para los 1000 valores sintéticos, los resultados fueron mejores ya que estos se ajustaban a los datos históricos como se pudo observar en las diferentes gráficas.

Finalmente comparando los resultados de las diferentes distribuciones probabilísticas como la Gumbel Mixta, General de Valores Extremos, Weibull, Generalizada de Valores Extremos de Dos Componentes y la de Valores Extremos de Dos Componentes, se puede notar que si es factible el análisis de frecuencia con una mayor cantidad de datos siempre y cuando los resultados de la ponderación no den valores iguales a 0 y 1.

Para ampliar esta investigación se recomendaría que se hicieran ajustes a los datos no solo con la distribución Gumbel y Gumbel Mixta sino también con otras distribuciones para que con estos resultados se puedan comparar ampliamente todos los ajustes.



BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES, IDEAM. IV Congreso Colombiano de Meteorología. La variabilidad y el Cambio Climático y su impacto socioeconómico. Bogotá. Marzo 19-23 1996.

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL. “EL NIÑO HOY”. Pág 1-3. Fecha artículo 31 Agosto de 2004.

OLAYA GUILLERMO. Sistemas de Alertas Hidrológicas. Subdirección de Hidrología-IDEAM. Versión 13 de Julio de 2004. Pág. 11.

IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. La atmósfera, el Tiempo y el Clima. Bogotá. Marzo de 2002. Pág 92-113.

www.ideam.gov.co/fenomenonino/DOCUMENTOELNINO.pdf.

YESID CARVAJAL E., HENRY JIMÉNEZ E., HERNÁN MATERÓN M. Ingenieros Agrícolas. M.S.c. Profesores Área Hidrología- Riesgos y Drenajes. Incidencia del fenómeno del Niño en la Hidroclimatología del Valle del Río Cauca – Colombia. Facultad de Ingeniería. Universidad del Valle, Cali Colombia.

ROBERTO ULISES CRUZ AGUIRRE, Jefe del departamento de Comunicación del CICESE. WWW.ELNIÑO.CICESE.MX. Centro de Investigación Científica y de educación superior de ensenada. 1999.

ANA CARMEN CEBRIÁN. Análisis, modelación y predicción de episodios de sequía. Departamento de Métodos Estadísticos Guajardo Memoria para optar al título de Doctor en Ciencias (Matemáticas)., Universidad de Zaragoza.

FULVIO MAURIZIO RIVANO GUTIÉRREZ. Análisis de eventos extremos de precipitación y su efecto en el diseño de drenaje superficial de tierras agrícolas del sur de



Chile. 2004. Universidad austral de Chile facultad de ciencias agrarias, escuela de agronomía.

JOSÉ JULIÁN VILLATE CORREDOR. Tesis “Influencia de los fenómenos macroclimáticos y calentamiento global en la hidrología del altiplano cundiboyacense”. Proyecto de grado de Maestría en Ingeniería Civil de la Universidad de Los Andes.

J.A. RAYNAL Y M.E. RAYNAL. Cálculo de los límites de confianza de la Distribución de Probabilidad de valores extremos tipo i para dos poblaciones. Univ. de las Américas-Puebla, Dpto. de Ingeniería Civil, México, Univ. de Illinois at Urbana-Champaign, Dpto. de Ingeniería Civil y Ambiental.

ESCALANTE, S. C., Y RAYNAL, J. A, “Opción para Modelar Eventos Extremos Provenientes de dos Poblaciones”, Tesis Doctoral. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México. P389-398.

ESCALANTE, S. C., Y RAYNAL, J. A, “Modelo Trivariado de Valores Extremos para el Análisis de Gastos Máximos: Características y Estimación de Parámetros” , Tesis Doctoral. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería, U.N.A.M., México. P377-387.

ROSSI, F., FIORENTINO, M., Y VERSACE P., “Two Component Extreme Value Distribution for Flood Frequency Analysis”, Water Resources Research, Vol. 20, No 7, pp 847-856. 1984.

GUMBEL, E. J., “Statistics of Extremes”, Columbia University Press. 375p. 1958