

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA
(UNAN-Managua)
Facultad de Ciencias e Ingenierías
Ingeniería Civil**



**Título:
Modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la
hoya 69 de Nicaragua**

**TESIS MONOGRÁFICA PARA OPTAR AL TÍTULO DE ING.
CIVIL**

Autores:

**Br. Ana del Carmen Sánchez Lovo
Br. Fadia Carolina Hernández**

**Tutor:
Dr. Ing. Víctor Rogelio Tirado Picado**

Managua, Mayo 2013

Dedicatoria

Primeramente a Dios por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud, ser el manantial de vida y darnos lo necesario para seguir adelante día a día y así lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestra familia por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A nuestras amistades por mostrarse incondicionales en momentos difíciles, por el valor mostrado para salir adelante y por ayudarnos directa o indirectamente a realizar este documento.

A nuestro tutor, Dr. Victor Tirado por su apoyo incondicional y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo, por habernos transmitidos los conocimientos obtenidos y habernos llevado pasó a paso en el aprendizaje.

A todas aquellas personas con sed de conocimiento y deseos de superación, que leen hoy éstas páginas y premian el esfuerzo de este trabajo.



Agradecimiento

A Dios por acompañarnos todos los días, por su infinita misericordia, por su gran amor para con nuestras vidas, por iluminarnos durante este trabajo y por permitirnos finalizarlo con éxito.

A nuestra familia por su tierna compañía y su apoyo que nos brindan día a día, dándonos los conocimientos para nuestro buen desenvolvimiento en la sociedad y por su gran cariño.

A nuestras amistades por su apoyo, por estar siempre con nosotras, por su confianza y cariño.

A nuestros profesores por habernos apoyado, por sus enseñanzas y por el esfuerzo diario que realizan por brindarnos una buena educación.



Contenido

Resumen	13
Introducción	16
1. INTRODUCCIÓN	17
2. ANTECEDENTES	18
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
4. JUSTIFICACIÓN	21
5. OBJETIVOS	22
5.1. Objetivo general.....	22
5.2. Objetivos específicos.....	22
6. MARCO TEÓRICO	23
6.1. Hidrología de Nicaragua.....	23
6.2. Caracterización de una hoya.....	23
6.2.1. Características generales de la Hoya 69 de Nicaragua.....	24
6.2.1.1. Características físicas.....	28
6.2.2. Hidrología superficial.....	36
6.3. Análisis de precipitación en la hoya hidrográfica.....	37
6.4. Clasificación de los ciclones tropicales.....	39
6.4.1. Huracanes que han afectado a la hoya en estudio.....	40
6.5. Estimación de la precipitación media de una hoya.....	42
6.6. Niveles de riesgo.....	45
6.7. Tratamiento probabilístico de la información hidrológica.....	46
6.8. Funciones de distribuciones de probabilidad para variables hidrológicas.....	48
6.8.1. Distribución Normal.....	49
6.8.2. Distribución Logarítmico-Normal.....	50
6.8.3. Distribución Pearson Tipo III.....	52



6.8.4. Distribución Gumbel.....	54
6.9. Modelación hidrológica estocástica.....	55
6.9.1. Modelos Auto-regresivos de medias móviles (ARMA).....	56
6.9.2. Ajuste de curvas con funciones sinusoidales.....	58
7. DISEÑO METODOLÓGICO.....	61
7.1. Tipo de investigación	61
7.2. Tiempo de ejecución.....	61
7.3. Técnicas y herramientas	61
7.4. Técnicas para el procesamiento de datos	63
7.5. Técnicas de análisis de datos.....	63
8. CARACTERIZACIÓN DE LA HOYA 69 DE NICARAGUA.....	65
8.1. Caracterización morfológica de la hoya	65
8.1.1. Área de la hoya.	65
8.1.2. Forma de la hoya.....	65
8.1.3 Sistema de drenaje.....	71
9. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN LA HOYA HIDROGRÁFICA.....	73
9.1 Identificar por cada estación las precipitaciones máximas ocurridas en los eventos de tropicales tormentas y huracanes.	73
Fuente: Ineter	73
9.2 Determinar la estimación de la precipitación media de la hoya, método aritmético y polígono de Thiessen.....	74
9.3 Identificar el grado de las alertas a partir de las precipitaciones.....	76
9.4 Establecer las probabilidades de que ocurran los eventos en los rangos ya establecidos para este año.....	77
10 . VERIFICACIÓN DE LOS MODELOS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS PARA ESTABLECER UN PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA LA HOYA EN ESTUDIO.....	79
10.1 Verificación de ajuste para la estación Nandaime.	79



10.2	Resumen de Ajuste de Precipitaciones.	82
11	.Modelo del pronóstico seleccionado para la hoya en estudio.....	84
11.1	Modelo Auto regresivo de medias móviles – ARMA	84
11.2	Datos de Precipitación Generados para la hoya 69 de Nicaragua .	90
11.3	Ajuste de Curvas para Datos Generados por Función Sinusoide..	92
11.4	Ajuste de datos para la estación modelo Nandaime.....	92
11.5	Gráficas de Ajuste de Datos de Estación Nandaime	97
11.6	Ajuste de curvas para la hoya 69 de Nicaragua	100
	Resultados	102
	Conclusiones.....	108
	Recomendaciones.....	111
	Bibliografía.....	113
	Anexos	115

Índice de graficas

Grafica 1.	Sinuosidad de las corrientes de agua	35
Grafica 2.	Distribución Normal.....	50
Grafica 3.	Función de distribución Log-Normal	52
Grafica 4.	Distribución de Gumbel.....	55
Grafica 6 .	Áreas de las curvas de la cuenca 69	66
Grafica 7.	Rectángulo equivalente. (Elaboración propia)	67
Grafica 8.	Precipitación promedio para la Cuenca en estudio.....	75
Grafica 9.	Precipitación promedio para la Estación Nandaime. Nota: Ver en anexo las gráficas de las estaciones faltantes.	76



Grafica 10, Niveles de Riesgo en Nandaime con respecto a datos históricos, ver figuras para estaciones faltantes en anexos.	77
Grafica 11 Grafica de precipitación de Datos originales de Nandaime.	83
Grafica 12. Grafica de Datos ajustados a Logaritmo, Distribución LogNormal.....	83
Grafica 13. Estación Nandaime para 4 periodos.....	97
Grafica 14. Para TR=5	97
Grafica 15. Para TR=10	98
Grafica 16. Para TR=15	98
Grafica 17. Para TR=20	99
Grafica 18. Comparación Datos Ajustados-No ajustados	99
Grafica 19. Datos ajustados a una senoide para TR =5, 10, 15, 20 en Nandaime	100
Grafica 20. Comportamiento de datos de precipitación generados para la hoya 69 de Nicaragua. Ver tablas de ajustes de Datos para la hoya en Anexos.....	101
Grafica 21. Precipitación Promedio por estación- Masatepe.....	127
Grafica 22. Precipitación promedio- Estación Masaya	127
Grafica 23. Precipitación promedio- Estación San Carlos.....	128
Grafica 24. Precipitación promedio- Estación Rivas.....	128
Grafica 25. Precipitación con niveles de riesgo en Masatepe.	129
Grafica 26. Precipitación con niveles de riesgo en Rivas.	131
Grafica 27. Precipitación con niveles de riesgo en San Carlos.	132
Grafica 28. Datos históricos de Precipitación-Masatepe	149
Grafica 29. Datos de precipitación ajustados al Lognormal.	149
Grafica 30. Datos históricos de Precipitación-Masaya	150
Grafica 31. Datos de precipitación ajustados al Lognormal.	150
Grafica 32. Datos históricos de Precipitación-Rivas.....	151
Grafica 33. Datos de precipitación ajustados al Lognormal	151



Grafica 34. Datos históricos de Precipitación-San Carlos	152
Grafica 35. Datos de precipitación ajustados al Lognormal.	152
Grafica 36. Estación Masatepe para 4 periodos de retorno	183
Grafica 37. Estación Masatepe para TR=5	183
Grafica 38. Estación Masatepe para TR=10	184
Grafica 39. Estación Masatepe para TR=15	184
Grafica 40. Estación Masatepe para TR=20	185
Grafica 41. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación Masatepe.....	185
Grafica 42. Estación Masatepe Y - ajustada para 4 períodos de retornos	186
Grafica 43. Estación Masaya para 4 periodos de retorno	186
Grafica 44. Estación Masaya para TR=5.....	187
Grafica 45. Estación Masaya para TR=10.....	187
Grafica 46. Estación Masaya para TR=15.....	188
Grafica 47. Estación Masaya para TR=20.....	188
Grafica 48. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación Masaya.....	189
Grafica 49. Estación Masaya Y - ajustada para 4 períodos de retorno	189
Grafica 50. Estación Rivas para 4 periodos de retorno	190
Grafica 51. Estación Rivas para TR=5	190
Grafica 52. Estación Rivas para TR=10	191
Grafica 53. Estación Rivas para TR= 15	191
Grafica 54. Estación Rivas para TR=20	192
Grafica 55. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación Rivas	192
Grafica 56. Estación Rivas Y - ajustada para 4 períodos de retorno.....	193
Grafica 57. Estación San Carlos para 4 periodos de retorno	193
Grafica 58. Estación San Carlos para TR= 5	194



Grafica 59. Estación San Carlos para TR= 10	194
Grafica 60. Estación San Carlos para TR= 15	195
Grafica 61. Estación San Carlos para TR= 20	195
Grafica 62.Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación San Carlos.....	196
Grafica 63. Estación San Carlos Y - ajustadas por mínimos cuadrados a una sinusoide para 4 períodos de retorno.....	196

Índice de tablas

Tabla 1. Distribución Territorial por Departamento y Municipio. Cuenca No 69. ...	25
Tabla 2. Clasificación de Pendientes medias de terreno.....	33
Tabla 3. Niveles de Riesgos.....	45
Tabla 4 Técnicas y herramientas utilizadas para el diseño del protocolo.....	62
Tabla 5. Porcentaje comprendido en la superficie de las curvas de la hoya 69 de Nicaragua.....	66
Tabla 6. Número de curva, área y superficies comprendidas entre cada dos curvas de nivel de la hoya 69 de Nicaragua.	67
Tabla 7. Áreas y perímetros de las curvas de la hoya 69 de Nicaragua. (Elaboración propia)	72
Tabla 8 Ciclones que han afectado el país desde 1958.....	73
Tabla 9. Precipitación promedio de la hoya 69 de Nicaragua.	75
Tabla 10. Datos de Rangos de Alertas. Ver rangos y tablas de las estaciones faltantes en anexos.	77
Tabla 11. Probabilidades, ver de estaciones faltantes en Anexos.	78
Tabla 12. Funciones de Distribución de Probabilidad.	79
Tabla 13. Resumen de ajustes de precipitación.....	82
Tabla 14. Parámetros por cada función.	82
Tabla 15. Modelo de Autoregresión de Nandaime	84



Tabla 16. Parámetros para la aplicación del Método	88
Tabla 17. Datos generados para 55 años estación Nandaime.....	88
Tabla 18. Resumen de Datos generados para toda la hoya	90
Tabla 19. Periodos de retorno de cada 5 años.....	92
Tabla 20. Ajustes de curva para Estación Nandaime.....	92
Tabla 21. Parámetros.....	96
Tabla 22. Ajuste por mínimo cuadrado.....	96
Tabla 23. Rangos generados a partir de Datos históricos en las 5 estaciones ...	100
Tabla 24. Precipitación Masatepe	119
Tabla 25. Precipitación de Rivas	120
Tabla 26. Precipitación de Nandaime.....	121
Tabla 27. Precipitación de Masaya	124
Tabla 28. Precipitación de San Carlos	125
Tabla 29. Rangos de Colores de Alerta - Masatepe.....	129
Tabla 30. Rangos de Colores de Alerta - Masaya	130
Tabla 31. Precipitación con niveles de riesgo en Masaya.....	130
Tabla 32. Rangos de Colores de Alerta - Rivas	131
Tabla 33. Rangos de Colores de Alerta – San Carlos.....	132
Tabla 34. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año- MASATEPE.....	133
Tabla 35. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año- MASAYA	134
Tabla 36. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año- RIVAS	135
Tabla 37. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año- SAN CARLOS	136
Tabla 38. Masatepe, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal.....	137



Tabla 39. Masaya, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal	140
Tabla 40. Rivas, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal	143
Tabla 41. San Carlos, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal	146
Tabla 42. Generación de Datos por ARMA Masatepe	153
Tabla 43. Datos Generados para Masatepe.	156
Tabla 44. Parámetros.....	156
Tabla 45. Generación de Datos para Estación Masaya	157
Tabla 46. Parámetros.....	160
Tabla 47. Datos Generados para la Estación Masaya.	161
Tabla 48. Generación de Datos para Estación Rivas	162
Tabla 49. Parámetros para el Cálculo de Datos Generados.	165
Tabla 50. Datos de Precipitación Generados para la Estación Rivas	166
Tabla 51. Generación de Datos para Estación San Carlos	167
Tabla 52. Parámetros para El Cálculo de Datos Generados para la estación San Carlos.....	170
Tabla 53. Datos generados para Estación San Carlos.....	171
Tabla 54. Ajuste de datos de Masatepe	173
Tabla 55. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación Masatepe	174
Tabla 56. Ajustes de datos Masaya	174
Tabla 57. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación Masaya	176
Tabla 58. Ajustes de datos Rivas	177
Tabla 59. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación Rivas	179
Tabla 60. Ajuste de datos San Carlos	180



Tabla 61. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados-estación San Carlos	182
Tabla 62. Matriz de línea de trabajo	197
Tabla 63. Matriz Técnicas y herramientas para definir la investigación.	198
Tabla 64. Matriz Bibliográfica.	200
Tabla 65. Matriz de Variables.....	201
Tabla 66. Matriz de planteamiento del problema.....	203
Tabla 67. Matriz de Marco lógico.	205

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Daños causados por el Huracán Fifi.	40
Ilustración 2 Daños causados por el Huracán Mitch.	41
Ilustración 3 Daños causados por el Huracán Félix	42
Ilustración 4. . Orden de corrientes.	71
Ilustración 5. Áreas obtenidas por cada estación por medio del método de Thiessen.....	74
Ilustración 6. Hoyas de Nicaragua.....	116
Ilustración 7. Mapa de la hoya 69 por departamento	117
Ilustración 8. Municipios. Hoya N° 69.....	118



Resumen



La hoya 69 del Río San Juan es la más grande de Nicaragua, incluyendo en ella los dos grandes lagos del país, Cocibolca y Xolotlán. Constituyéndose el único desagüe del Lago de Nicaragua. Descarga al Mar Caribe en dos puntos por la llamada Laguna de San Juan del Norte en Nicaragua y por el Río Colorado en Costa Rica, separados entre sí unos 20 km.

Dicha hoya presenta variación del clima lo cual responde directamente a los fenómenos de El Niño y La Niña, así como los eventos de precipitación que se generan tanto en el Océano Atlántico como en el Pacífico. La hoya se ve afectada directamente durante la presencia de huracanes, produciendo inundaciones a poblados y afectaciones tanto en la infraestructura del país como pérdidas en la producción.

Los principales huracanes que han afectado la cuenca son: Irene en 1971 acumulando casi 100mm en 3 días. El huracán Fifi en 1974 acumuló más de 150mm en 4 días. La tormenta tropical Alleta en 1982 y Mitch en 1998 afectó los departamentos de Masaya y Managua con 300mm en 4 días. Los huracanes Joan 1988 y Gert en 1993, 150mm.

Es indudable que los individuos y comunidades de la cuenca no cuentan con la debida protección contra la variabilidad del clima, por lo que sufren las consecuencias

En el presente trabajo se realiza la caracterización de la hoya 69, para luego proceder a analizar los datos históricos de precipitación en la hoya con los cuales realizamos nuestro estudio, los cuales son: la estación de Masaya con 36 datos históricos de precipitación, estación Masatepe con 30 datos, estación Nandaime con 55, estación Rivas y San Carlos con 45 datos históricos, respectivamente. Tomando como estación modelo en el desarrollo de este estudio, la estación de Nandaime por tener mayor cantidad de datos históricos con más de 50 años.

Prosiguiendo a verificar si estos se ajustaban a las funciones de distribución de probabilidades: LogNormal, Pearson tipo III, Gumbel y Normal. Obteniendo un



buen ajuste en todas las estaciones, a excepción de la estación San Carlos que no se ajustó a la distribución de probabilidad de Gumbel.

Recurriendo finalmente al modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la hoya 69 de Nicaragua, basado en principios de la teoría de probabilidades, lo que se llama un proceso estocástico aplicado a eventos hidrológicos. El cual se ha desarrollado por medio de métodos estadísticos y probabilísticos que facilite el cálculo de las variables que intervienen en el proceso de generación de datos de los eventos de precipitaciones.

El modelo desarrollado se ha aplicado en la determinación de la serie temporal de precipitaciones anuales para la hoya 69 de Nicaragua, utilizando los datos históricos de las cinco estaciones en estudio. Generando series de datos por estación, de igual cantidad que los datos históricos. Procediendo a realizar un ajuste de curvas de dichos datos, para analizar su comportamiento con distintos periodos de retornos.



Introducción

El principio de la sabiduría es el temor de Jehová;
Los insensatos desprecian la sabiduría y la enseñanza.

Proverbios 1:7. Reina-Valera 1960 (RVR1960)



1. INTRODUCCIÓN.

En Nicaragua existen 21 hoyas hidrográficas. De éstas, 13 drenan hacia la vertiente del Mar Caribe, abarcando un área estimada en 117,420 km², aproximadamente un 90% del territorio nacional. Las otras 8 cuencas, drenan hacia la vertiente del Océano Pacífico, y cubren un área estimada de 12,183 km², aproximadamente el 10% del territorio nacional.

Nicaragua, en cuanto a cuencas transfronterizas, comparte hidrográficamente las siguientes cuencas: hoya del río Negro (vertiente del Océano Pacífico) y hoya del río Coco (vertiente del Mar Caribe), con la República de Honduras, la hoya internacional más extensa de Centroamérica: hoya 69 de Nicaragua (vertiente del Mar Caribe) con la República de Costa Rica.

Los límites de la hoya en estudio, están definidos por el Lago Cocibolca y por la del Río San Juan, y la zona costera adyacente. Desde el punto en que el Río San Juan deja el Lago Cocibolca hasta su desembocadura en el mar Caribe, mide unos 200 km de largo.

En el presente trabajo se realiza un análisis en la hoya 69 de Nicaragua, caracterizándola físicamente, para luego proceder a un análisis de precipitación de las estaciones en estudio: Nandaime, Masatepe, Masaya, Rivas y San Carlos. Utilizando funciones de distribución de probabilidad tales como: Lognormal, Pearson tipo 3, Normal y Gumbel, para verificar si los datos eran ajustables. Con el fin de lograr plantear el modelo de pronóstico seleccionado para dicha hoya, por medio del cual se generó series de datos para pronóstico por medio del Modelo Auto regresivo de medias móviles (ARMA).



2. ANTECEDENTES.

El Río San Juan constituye el único desagüe del Lago de Nicaragua. Descarga al Mar Caribe en dos puntos por la llamada Laguna de San Juan del Norte en Nicaragua y por el Río Colorado en Costa Rica, separados entre sí unos 20 km.

La hoya presenta variación del clima lo cual responde directamente a los fenómenos de El Niño y La Niña, así como los eventos que se generan tanto en el Océano Atlántico como en el Pacífico. Las zonas altas de la región Central son afectadas directamente durante la presencia de huracanes, se producen inundaciones a poblados y pérdida de cosechas por la misma razón. Los llanos son fuertemente afectados durante las épocas de sequía.

Los huracanes que han afectado la cuenca son: Irene en 1971 acumulando casi 100mm en 3 días. El huracán Fifi en 1974 acumuló más de 150mm en 4 días. La tormenta tropical Alleta en 1982 y Mitch en 1998 afectó los departamentos de Masaya y Managua con 300 en 4 días. Los huracanes Joan 1988 y Gert en 1993, 150mm.

Es indudable que los individuos y comunidades de la cuenca no cuentan con la debida protección contra la variabilidad del clima, por lo que sufren las consecuencias. La pobreza, que magnifica los efectos negativos de los contrastes climáticos, frecuentemente no permite dedicar los recursos necesarios para prevenir o mitigar debidamente los problemas causados por tal variabilidad. No obstante, los pobladores permanecen en la cuenca y, pese a su insuficiencia, es evidente que existen mecanismos para enfrentar esos problemas, aparentemente con cierto grado de éxito.

En Nicaragua, son muy utilizados los sistemas manuales de probabilidades; compuestos por un sistema local de recopilación de datos históricos de precipitación, un procedimiento de pronóstico de inundaciones, una red de comunicaciones para distribuir alertas y un plan de respuesta; son poco costosos y simples de operar y con preparación previa para reducir al mínimo los efectos de



la precipitación mayores por medio de alertas oportunas; estos sistemas son probabilísticos pero podrían no tener la mejor resolución temporal requerida para precipitaciones mayores y acumulaciones de corta duración.

Sin embargo, en nuestro país no se cuenta con un modelo de pronóstico para eventos de precipitación para hoyas hidrográficas para detectar los datos que sobrepasen sus niveles de riesgo.



3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La hoya 69 de Nicaragua, presenta en las épocas de fuertes lluvias, los sectores de mayor vulnerabilidad, por lo tanto ponen en riesgos las vidas de las personas que habitan en dichos lugares, de igual manera dejan muchos daños en la infraestructura, lo cual trae pérdidas de vidas así como para la economía y actualmente no existe un modelo de pronóstico que ayude a prevenir dichos daños y pérdidas analizando directamente la hoya.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, en el presente trabajo se propone un modelo de pronóstico para eventos de este tipo en dicha hoya, para lo cual realizamos las investigaciones necesarias y así lograr la realización del método, este servirá para prevenir los daños y pérdidas cuando se presentan fenómenos de precipitación de gran magnitud.



4. JUSTIFICACIÓN.

El estudio de las hoyas es un problema que demanda el aprovechamiento de todas las experiencias y recursos humanos disponibles. La cuenca 69 por ser la más grande de Nicaragua es de mucha importancia para el país.

Debido a la variación climática presente en esta, existen zonas propensas a riesgos y vulnerabilidad en gran medida cuando la hoya se ve afectada por precipitaciones mayores a las que ocurren comúnmente. Actualmente no existe un modelo de pronóstico que analice directamente la hoya 69 de Nicaragua.

De acuerdo a lo antes expuesto, se ve la necesidad de emplear un modelo de pronóstico para eventos de precipitación con el fin de dar solución al problema presente, además determinar el periodo de retorno para un fenómeno natural que afecte a la población asentada en dicha cuenca, podrá ser de mucha utilidad para prevenir los riesgos y daños en ella.



5. OBJETIVOS.

5.1. Objetivo general.

- Establecer un pronóstico para eventos de precipitación que ayude a mitigar los riesgos y vulnerabilidad e inundación de la hoya 69 de Nicaragua.

5.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar físicamente la hoya 69.
- Analizar la precipitación en la cuenca hidrográfica.
- Verificar los modelos estadísticos y probabilísticos para establecer un pronóstico de precipitación para la cuenca en estudio.
- Modelar el pronóstico seleccionado para dicha hoya.

6. MARCO TEÓRICO.

6.1. Hidrología de Nicaragua.

Se denomina hidrología (del griego hidro: agua, y logos: estudio) es la ciencia que trata del agua en la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades químicas y físicas, y su reacción con su ambiente, incluyendo la relación con los seres vivos. Es decir, el campo de la hidrología abarca la historia de la vida total del agua en la tierra, sus propiedades presentes en la atmósfera y en la corteza terrestre. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía, la humedad del suelo, la evapotranspiración y el equilibrio de las masas glaciares.¹

Hidrologicamente el país está dividido en dos grandes vertientes hidrográficas: La vertiente del Pacífico con una superficie de 12,072 Km² y la vertiente del Mar Caribe, con 116,882 Km². Estas a su vez están subdivididas en 8 cuencas que pertenecen a la vertiente del Pacífico y 13 al Mar Caribe.

6.2. Caracterización de una hoya.

Hoya: Zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella son drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.²

Existen fundamentalmente 3 tipos de hoyas:

- Endorreicas: Desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación salida fluvial al mar.
- Exorreicas: Drenan sus aguas al mar o al océano.
- Arreicas: Las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de

¹ ARGUELLO HERRERA OTONIEL, (s.f.). Hidrología Estocástica. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la construcción. Departamento de hidráulica.;

² MONTSERRAT JARD. Barcelona, 1985. Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. Revista de Geografía, vol. XIX., pp. 41-68.



la meseta central patagónica pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

Las hoyas tienen las siguientes características:

- Parteaguas: Línea imaginaria formada por los puntos de mayor nivel topográfico y que separa la hoya de las hoyas vecinas.
- Área de la hoya: Es la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas.
- Corriente Principal: Corriente que pasa por la salida de la hoya. Esta definición se aplica solamente a hoyas exorreicas. Las demás corrientes de una hoya de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una hoya de aportación, toda tiene solo una corriente principal.

Otras características son:

- Curva cota superficie: Esta característica da una indicación del potencial hidroeléctrico de la hoya.
- Coeficiente de forma: Nos da indicaciones preliminares de la onda de avenida que es capaz de generar.
- Coeficiente de compacidad (índice de Gravelius) (kc): Relación entre el perímetro de la hoya y el perímetro de un círculo cuya área sea igual al de la hoya.
- Coeficiente de ramificación: También da indicaciones preliminares respecto al tipo de onda de avenida.

6.2.1. Características generales de la Hoya 69 de Nicaragua

Es desarrollada sobre la depresión de Nicaragua, ocupa el área contenida entre las coordenadas 530000 y 865800 Este y 1184000 y 14715000 Norte, desde el desvío del río Tuma para alimentar Apanás, en Jinotega, hasta su salida al mar Caribe en el municipio de San Juan del Norte. Dentro de la hoya 69 de Nicaragua se encuentran 105 ciudades de las cuales 50 son cabeceras municipales y 8 cabeceras departamentales. En el territorio Nicaragüense abarca un total de 81



municipios de 13 departamentos (Atlántico Sur, Boaco, Carazo, Chontales, Estelí, Granada, Jinotega, León, Managua, Masaya, Matagalpa, Río San Juan y Rivas). Están contenidos los dos Grandes Lagos: El Cocibolca y Xolotlán. El mayor porcentaje de área lo cubre el municipio de Río San Juan con 20.6%, seguido de Chontales con 11.6%. Ver Figura 2 y la siguiente Tabla 1.

Departamento	Municipio	Área	% Área
Atlántico Sur	Bluefields	12.09	0.1
	Nueva Guinea	8.43	
Boaco	Boaco	69.04	3.0
	San José de los Remates	89.72	
	Santa Lucía	120.48	
	Teustepe	621.72	
Carazo	Diriamba	1.12	0.8
	El Rosario	14.07	
	Jinotepe	24.73	
	La Conquista	14.10	
	La Paz de Carazo	15.95	
	San Marcos	53.71	
	Santa Teresa	100.73	
Chontales	Acoyapa	0.67	11.6
	Acoyapa	1373.88	
	Camoapa	92.86	
	Comalapa	638.61	
	El Coral	24.09	
	Juigalpa	910.04	
	La Libertad	33.69	
	San Pedro de Lóvago	142.83	
	Santo Tomás	114.23	
	villa Sandino	119.21	
Estelí	Estelí	222.76	2.3
	La Trinidad	276.73	
	San Nicolás	171.71	

Tabla 1. Distribución Territorial por Departamento y Municipio. Cuenca No 69.

Granada	Diriá	24.48	3.4
	Diriomo	53.04	
	Granada	611.20	
	Nandaime	317.23	
Jinotega	Jinotega	95.12	2.8
	Jinotega	434.20	
	La Concordia	144.52	
	Las Praderas	2.32	
	San Rafael Del Norte	140.69	
	San Sebastián de Yalí	14.11	
León	El Jicaral	436.34	5.3
	El Sauce	109.06	
	La Paz Centro	410.07	
	Malpaisillo	338.07	
	Nagarote	69.09	
	Santa Rosa del Peñón	220.00	
Managua	Ciudad Sandino	48.43	7.8
	Managua	331.46	
	Mateare	250.65	
	San Francisco Libre	670.09	
	Ticuantepe	64.39	
	Tipitapa	957.63	
	Villa Carlos Fonseca	5.78	
Masaya	Catarina	11.60	2.1
	La Concepción	67.21	
	Masatepe	59.90	
	Masaya	146.50	
	Nandasmo	15.42	
	Nindirí	149.24	
	Niquinohomo	9.20	
	San Juan de Oriente	31.85	
	Tisma	126.11	

Continuación: Tabla 1. Distribución territorial por Departamentos y Municipios. Cuenca No. 69



Departamento	Municipio	Área	% Área
Matagalpa	Ciudad Darío	154.49	3.8
	Matagalpa	48.85	
	San Isidro	290.34	
	San Lorenzo	554.67	
	Sébaco	85.69	
Río San Juan	Boca de Sábalos	1230.05	20.6
	El Almendro	815.49	
	El Castillo	73.24	
	Morrito	667.76	
	San Carlos	1404.84	
	San Juan del Norte	819.63	
	San Miguelito	1083.29	
	Solentiname	41.70	
Rivas	Belén	149.52	3.6
	Buenos Aires	62.73	
	Cárdenas	231.95	
	Moyogalpa	70.66	
	Potosí	146.13	
	Rivas	223.00	
	San Jorge	24.83	
	San Juan del Sur	150.61	
	Cocibolca	8144	27.3
	Xolotlán	1052.90	3.5

Continuación: Tabla 1. Distribución territorial por Departamentos y Municipios. Hoya No. 69

Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos – INETER

La hoya puede dividirse definiendo una región Este de selva húmeda tropical con una precipitación media de 4,000 a 6,000 mm anuales; una región Oeste de sabana tropical en el drenaje del Lago Cocibolca, en donde la precipitación media es de 700 a 2,500 mm, con una estación seca intensa; una región media con una precipitación de más de 2,500 mm, sin una estación seca pronunciada; y una región montañosa con una precipitación pluvial de 3,000 a 4,000 mm anuales. El promedio de temperatura en dicha región es de 22°C a 24°C, pero en las selvas tropicales los promedios mensuales son de 23°C a 28°C. En las regiones más altas de la cuenca fluvial a lo largo de su límite Sur, las temperaturas bajan a 9°C en la estación lluviosa, y a 11°C en la estación seca. La humedad relativa también es alta; en la selva tropical húmeda llega a más del 90%, mientras que en la sabana Norte baja es del 62%. Los regímenes de evaporación,



desde luego, varían según la temperatura y la humedad relativa. En la parte nicaragüense de la hoya se han registrado regímenes de evaporación de 2,376 mm en Altagracia (62 msm) a 1,748 mm en Boaco (360 msm). Los índices de compacidad de las subcuencas indican tiempos de concentración largos y picos atenuados. Así mismo los factores de forma con valores bajos indican que las crecidas en la hoya tienden a ser lentas y sostenidas.

6.2.1.1. Características físicas

a) Área de la hoya.

El área de una hoya hidrográfica se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal, que contribuye con el flujo superficial a un segmento de cauce de orden dado, incluyendo todos los tributarios de orden menor. La medición del área de una hoya, en una sección considerada, se hace utilizando el planímetro, o la malla de puntos.

➤ Importancia del área.

El área de la hoya tiene gran importancia, por constituir el criterio de la magnitud del caudal. En condiciones normales, los caudales promedios, promedios mínimos y máximos instantáneos, crecen a medida que crece el área de la hoya. Sin embargo, el crecimiento del caudal promedio con el área no es constante, y tampoco igual en cualquier región. Los gradientes de este crecimiento en una sola zona hidrológica dependen de la variación territorial de las precipitaciones, y de otras condiciones fisiográficas determinantes del régimen hidrológico.

b) Forma de la Hoya

La forma de las hoyas hidrográficas, tanto en superficie como en relieve tiene interés en el comportamiento del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere, la erosión que produce y además, por el tiempo que tarda en llegar de los límites de la hoya a la salida de la misma.

Para una misma superficie, con características físicas similares, y para un mismo aguacero, el hidrograma en la salida de una hoya amplia y bien ramificada, o sea semejante a un círculo, será muy diferente al de una hoya estrecha y alargada, presentando la hoya circular un cierto riesgo de avenida e inundación en el cauce principal, debido a que todos los puntos de la hoya son equidistantes del canal principal. Otra es la situación en hoyas de forma alargada, donde los tiempos de concentración son bien diferentes para casi todos los puntos de la hoya, por lo que las aguas fluirán gradualmente hacia el cauce principal. De esta manera, el cauce principal tendrá mayor oportunidad de desaguar parte de su volumen, antes de recibir las aguas llovidas en los puntos más distantes.

La evaluación de la forma de una hoya considera el grado de similitud de su contorno o divisoria, al de una figura geométrica regular conocida. Para su cuantificación se han establecido diferentes factores de forma, los cuales se describen a continuación:

➤ **Índice de Gravellius o de coeficiente de compacidad (Kc)**

Es un índice establecido por el autor alemán Gravellius y es la relación `k` entre el perímetro `P` de la hoya en estudio y el perímetro de un círculo que tenga la misma superficie `A` que dicha hoya.

$$A = \pi r^2 \quad (1)$$

$$r = \left(\frac{A}{\pi}\right)^{1/2} \quad (2)$$

$$kc = P/(2\pi r) \quad (3)$$

Sustituyendo (2) en (3)

$$kc = P/(2\pi\left(\frac{A}{\pi}\right)^{1/2}) \quad (4)$$

$$kc = 0.28P/A^{1/2} \quad (5)$$



En donde:

P = Perímetro de la hoya, en km

A = Área de drenaje de la hoya, en km²

Cuanto más irregular sea la hoya mayor será su coeficiente de compacidad. Una hoya circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad. Cuando el Índice de Gravelius de la hoya es mayor que 1 significa que la hoya es redonda.

➤ **Factor de forma (Kf)**

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la hoya. La longitud axial de la hoya se mide cuando se sigue el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la hoya. El ancho medio, B, se obtiene cuando se divide el área por la longitud axial de la hoya.

$$K_f = B/L \quad (6)$$

$$B = A/L \quad (7)$$

$$K_f = A/L^2 \quad (8)$$

En donde:

B = Ancho medio, en km

L = Longitud axial de la hoya, en km

A = Área de drenaje en km²

Una hoya con factor de forma bajo está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.

➤ **Curva Hipsométrica**

La curva hipsométrica refleja el relieve desde la óptica de distribución de altitudes de la hoya, con respecto al área de la misma. Es una curva que representa las superficies dominadas por encima de cada cota y por tanto caracteriza en cierta forma al relieve. También se utiliza la curva de distribución de frecuencia, es decir, la proporción en porcentaje de la superficie total de la hoya comprendida entre curvas de nivel.

➤ **Rectángulo equivalente**

Es un rectángulo que tiene la misma superficie de hoya, el mismo perímetro, el mismo índice de compacidad e idéntica repartición que la hoya de estudio. Se trata, por lo tanto de una transformación puramente geométrica, a efectos de comparación de la hoya en un rectángulo del mismo perímetro, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas al lado menor, siendo éstas la primera y la última curva de nivel. La influencia del relieve es muy importante, ya que la pendiente de la hoya condiciona fuertemente la escorrentía superficial, infiltración, arrastres, etc.

Las longitudes del rectángulo equivalente se encuentran por las siguientes ecuaciones:

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 * S}}{4} \quad (9) \text{ Expresión para encontrar L (longitud del lado mayor del rectángulo equivalente).}$$

$$l = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16 * S}}{4} \quad (10) \text{ Expresión para encontrar l (longitud del lado menor del rectángulo equivalente).}$$

En donde:

S= Superficie total de la hoya. (Km²)

P= Perímetro de la hoya. (Km)



➤ **Índice de pendiente (Ip)**

Es el valor medio de las pendientes, se deduce del rectángulo equivalente y viene dado por la expresión:

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{\frac{\Delta H * B}{1000}} \quad (11)$$

En donde:

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente. (Km)

H = Diferencia de altitud entre dos curvas de nivel consecutivos. (Km)

B = Tanto por uno de las superficies comprendidas entre cada dos curvas de nivel consecutivas, respecto a la superficie total de la hoya.

➤ **Altitud media**

La altitud media de la hoya se obtiene por medio de la siguiente expresión:

$$A_m = \frac{H_i + A_{curva}}{A_{total}} \quad (12)$$

En donde:

S = Superficie entre dos curvas de nivel consecutiva. (Km²)

H = Altura media entre cada dos curvas de nivel consecutiva. (Km)

Para la conservación de hoyas mediante el valor de la altitud media, hemos de referir esta altitud media obtenida, con respecto al punto más bajo de la hoya y no con respecto al nivel del mar.

➤ **Pendiente media**

La pendiente media del río se obtiene por:

$$I_{río} = \frac{H_M - H_m}{1000 L_r} \quad (13)$$



En donde:

L_t = Longitud del río principal (Km)

HM = Altitud máxima de la hoya (m)

Hm = Altitud mínima de la hoya (m)

Como orden de magnitud, se pueden admitir los siguientes valores de clasificación de terrenos en función de la pendiente media. Ver tabla 3.

Pendiente media (%)	Terreno
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado medio
15	Accidentado
25	Fuertemente accidentado
50	Escarpado
50	Muy escarpado

Tabla 2. Clasificación de Pendientes medias de terreno

Fuente: Apuntes de Hidrología de superficie: Sandra Moreno Ayestas

c) Sistema de drenaje

➤ Parámetros de drenaje

Los patrones de drenaje responden al tipo de roca y los rasgos estructurales, se distingue el dendrítico en las rocas piroclásticas de las sierras en la hoya sur del lago de Managua. En las rocas volcánicas compactas, las rocas volcánicas de la formación Rivas y Brito, se desarrolla el patrón subparalelo por la predominancia de las corrientes en fallas y fracturas. El tiempo de concentración es rápido apreciando el largo de la hoya, eso debido a que en el análisis no se



toma en cuenta la presencia de los dos lagos, sino que se toma como un solo cauce, por lo que el tiempo de concentración debe sumarse a tiempo de residencia de los lagos.

➤ **Orden de las corrientes de agua**

La corriente principal se distribuye a través de toda la hoya, comprendiendo a su vez otras corrientes, por lo tanto se determina el número de corrientes existentes en la hoya.

➤ **Densidad de drenaje (Dd)**

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la hoya y su área total.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad \text{en km/km}^2. \quad (14)$$

En donde:

L: longitud total de las corrientes de agua, en km

A: Área total de la hoya, en km²

Dd usualmente toma valores entre 0.5km/km² para hoyas con drenaje pobre hasta 3.5 km/km² para cuencas excepcionalmente bien drenadas.

➤ **Extensión media de la escorrentía superficial**

$$L = A/4 * L \quad (15)$$

En donde:

L: longitud total de las corrientes de agua, en km

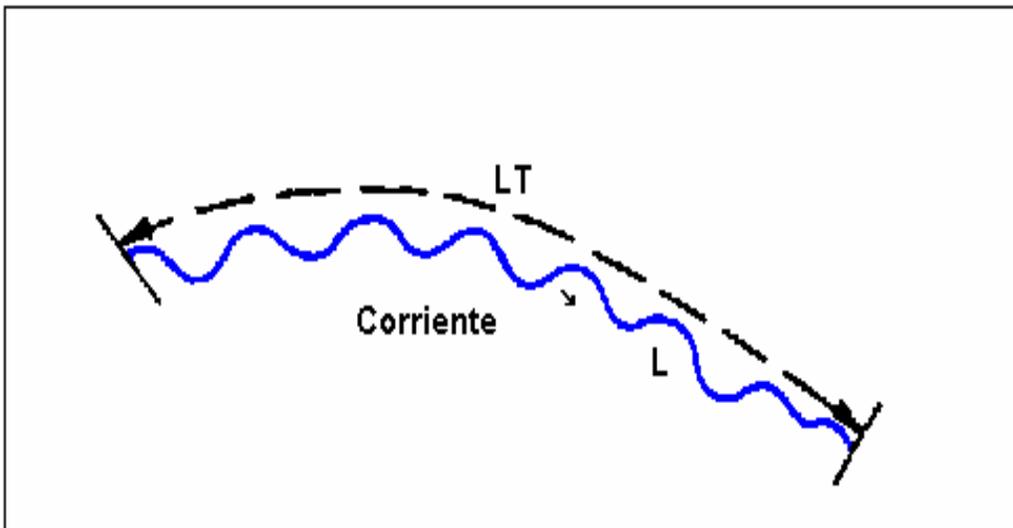
A: Área total de la hoya, en km²



➤ **Sinuosidad de la corriente de agua**

Es la relación entre la longitud del río principal (L), medida a lo largo de su cauce y la longitud del valle del río principal (Lt), medido en línea curva o recta.

$$S = L/L_t \quad (16)$$



Grafica 1. Sinuosidad de las corrientes de agua

Fuente: Ing. Carlos Hernando Londoño Arango

Este parámetro da una medida de la velocidad de la escorrentía del agua a lo largo de la corriente.

En donde:

L: longitud del río principal, en km

Lt: longitud del valle del río principal, en km.

Un valor de S menor o igual a 1.25 indica una baja sinuosidad. Se define, entonces, como un cauce con alineamiento recto.

6.2.2. Hidrología superficial

Tres grandes sistemas están contenidos en la Hoya 69: El Lago Xolotlán, El Lago Cocibolca y el Río San Juan. Estos a su vez se subdividen en diferentes subcuencas cada una con particularidades diferentes. El Lago Xolotlán ha sido estudiado como la hoya norte y la hoya sur. El lago Cocibolca como las hoyas del este, del oeste y las que drenan desde Costa Rica. Numerosos ríos intermitentes y permanentes descargan a los dos cuerpos de agua superficial y al Río San Juan propiamente dicho.

Esta hoya alberga acuíferos importantes: En la subcuenca del lago Xolotlán están contenidos: el acuífero Las Sierras que cubre toda la hoya sur del lago de Managua, la planicie este de Tipitapa y la Planicie de San Francisco Libre, una parte del acuífero Valle de Sébaco, el acuífero de Malpaisillo y al este se desarrolla el acuífero de Nagarote. En la subcuenca del Cocibolca encontramos el acuífero de Tipitapa-Malacatoya, Nandaime y otros acuíferos menores en la planicie este y sur del Lago.



6.3. Análisis de precipitación en la hoya hidrográfica

Los componentes del modelo de hoya son: precipitación, abstracción hidrológica, y escurrimiento. Usualmente la precipitación es el dato de entrada al modelo, las abstracciones hidrológicas son determinadas por las propiedades de la hoya, y el escurrimiento es la salida del modelo. ⁴

➤ **Precipitación**

Es el proceso que guía el modelado de una hoya. El escurrimiento de superficie es una consecuencia directa del exceso de lluvia. La lluvia puede ser descrita en los siguientes términos: intensidad, duración, profundidad, frecuencia.

➤ **Causas de la precipitación**

La humedad siempre está presente en la atmosfera. Para que ocurra la precipitación, se requiere algún mecanismo que enfríe el aire lo suficiente para que llegue de esta manera al punto de saturación o cerca de él. Los enfriamientos de grandes masas necesarios para que se produzcan cantidades significativas de precipitación, se logran cuando ascienden las masas de aire. Este fenómeno se lleva a cabo por medio de sistemas convectivos o convergentes que resultan de radiaciones desiguales, las cuales producen calentamiento o enfriamiento de la superficie de la tierra y la atmosfera, o por barreras orográficas. Sin embargo, la saturación necesaria no conlleva a la precipitación.

➤ **Duración de la lluvia**

La duración del evento de lluvia varía ampliamente, oscilando entre unos pocos minutos a varios días. La propiedad de concentración del escurrimiento indica que todas las hoyas, más allá de su tamaño, alcanzan eventualmente una condición de equilibrio en el escurrimiento cuando están sujetos a una lluvia

⁴ APUNTES DE HIDROLOGÍA: CURSO DE GRADO DE INGENIERÍA CIVIL. Capítulo N°9: MODELOS HIDROLÓGICOS. (1989). Traducción: Dra. Luisa E. Lagrost Correcciones y adaptaciones: Ings. Carlos A. Depettris y Alejandro R. Ruberto. Corresponde a la traducción del capítulo n°13 del libro "Engineering Hydrology", Víctor M. PONCE, Editorial Prentice Hall.



efectiva constante. En la práctica, esto implica que es más probable que las cuencas chicas alcancen condiciones de equilibrio en el escurrimiento más rápidamente que las hoyas de mediano tamaño y gran tamaño. Esta es la razón que hace que las hoyas pequeñas sean analizadas asumiendo el flujo concentrado, esto es, una condición de equilibrio del escurrimiento. El método racional es un ejemplo típico de la suposición de la concentración del escurrimiento.

➤ **Altura de lluvia**

Para hoyas pequeñas la altura de lluvia implica asumir una intensidad de lluvia constante durante una cierta duración. La altura de lluvia se vuelve importante en el análisis de hoyas de tamaño medio, donde es utilizada junto con una tormenta de distribución adimensional elegida para desarrollar un histograma. Los mapas isopluviales que muestran datos de frecuencia, duración y profundidad de tormenta.

➤ **Frecuencia de lluvia**

En general, cuanto más grande es la altura de la tormenta, más infrecuente es su ocurrencia. Relacionado íntimamente a la frecuencia está el concepto del período de retorno, definido como el promedio de tiempo que transcurre entre los acaecimientos de dos eventos de tormenta de la misma frecuencia. Los períodos de retorno normalmente usados en la práctica del diseño varían de 5 a 10 años para pequeñas tormentas drenaje, de 50 a 100 años para estructuras más importantes.

➤ **Medición de la precipitación**

La precipitación se mide en milímetros de agua, o litros caídos por unidad de superficie (m^2), es decir, la altura de la lámina de agua recogida en una superficie plana es medida en mm o l/m^2 . Los valores de precipitación, para que sean válidos, deben ser científicamente comparables.



Los instrumentos más frecuentemente utilizados para la medición de la lluvia y el granizo son los pluviómetros y pluviógrafos, estos últimos se utilizan para determinar las precipitaciones pluviales de corta duración y alta intensidad. Estos instrumentos deben ser instalados en locales apropiados donde no se produzcan interferencias de edificaciones, árboles, o elementos orográficos como rocas elevadas.

La precipitación pluvial se mide en mm, que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable de un metro cuadrado. A partir de 1980 se está popularizando cada vez más la medición de la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados directamente con modelos matemáticos que permiten determinar la lluvia en una zona y los caudales en tiempo real, en una determinada sección de un río en dicha zona.

6.4 Clasificación de los ciclones tropicales

El huracán es un tipo de ciclón tropical, término genérico que se usa para cualquier fenómeno meteorológico que tiene vientos en forma de espiral y que se desplaza sobre la superficie terrestre. Generalmente corresponde a un centro de baja presión atmosférica y de temperatura más alta que la que hay inmediatamente alrededor. Los huracanes más pequeños pueden medir sólo 40 km de diámetro y los más grandes entre 600 y 800 km. Los huracanes más gigantescos se forman en el Océano Pacífico y pueden medir hasta 1.700 km de diámetro. El ojo de un huracán mide generalmente entre 25 y 35 km, aunque puede variar mucho. El ojo de los huracanes del pacífico, donde los ciclones tienen más agua que recorrer antes de tocar tierra, tiende a ser de los más grandes del mundo, con un diámetro aproximado de 80 km.

Un ciclón tropical es un sistema atmosférico cuyo viento circula en dirección ciclónica, esto es, en el sentido contrario a las manecillas del reloj en el Hemisferio Norte, y en el sentido de las manecillas del reloj en el Hemisferio Sur. Como su nombre lo indica, el ciclón tropical se origina en las regiones tropicales de nuestro



planeta. Los ciclones tropicales se clasifican de acuerdo a la velocidad de sus vientos: depresión tropical (bajo las 38 mph o los 65 km/h), tormenta tropical (entre las 38 y las 73 mph) o huracán (sobre las 73 mph o 110 km/h). Un huracán mide normalmente entre 8 y 10 kilómetros de alto y de 500 a 100 km de ancho, pero su tamaño puede variar considerablemente.

6.4.1 Huracanes que han afectado a la hoya en estudio

En el país, la variabilidad climática se manifiesta en eventos extremos denominados: El Niño y La Niña, asociados con sequías e inundaciones, respectivamente. Los eventos del Niño o eventos cálidos, ocasionan sequías que impactan directamente a los sectores socioeconómicos del país. Eventos ocasionados por el Niño han ocurrido en 1972, 1976-77, 1991, 1992, 1994 y 1997. En contraste, el Evento de La Niña, se relaciona con tormentas y huracanes tropicales que incrementan la precipitación. En las últimas cuatro décadas, la Niña ha provocado potentes huracanes, inundaciones y serios daños económicos y sociales, tanto en Nicaragua como en países vecinos. Además, los huracanes han afectado la hoya, a continuación los huracanes y tormentas tropicales más significativas en los últimos 50 años:

Huracán Irene, 1971: Acumulando casi 100mm de lluvia en 3 días.

Huracán Fifi, 1974: El 19–20 de septiembre de 1974, acumuló más de 150mm en 4 días. El viento, cuya velocidad superaba los 200 kilómetros por hora, junto con fuertes lluvias, afectó numerosas localidades, devastaron campos, etc.



Ilustración 1. Daños causados por el Huracán Fifi.

Fuente: Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de EE. UU. (NOAA)

Alleta, 1982: Afectó los departamentos de Masaya y Managua con 300mm en 4 días.

Los huracanes Joan 1988 y Gert, 1993: Acumulando casi 150mm de lluvia.

Huracán Mitch, 1998: En octubre de 1998, los países de Centroamérica fueron azotados por el huracán Mitch que destruyó ciudades enteras. Dejó cantidades históricas de precipitaciones en Nicaragua. Cerca de 11 mil personas murieron y alrededor de 8 mil permanecían desaparecidas a finales de 1998. Las inundaciones causaron daños extremos. Fueron destruidos casi el 80% de los cultivos. Las pérdidas equivalieron a 5 mil millones de dólares.



Ilustración 2 Daños causados por el Huracán Mitch.

Fuente: El Nuevo Diario

Stan, 2005: Octubre de 2005, fue una tormenta muy fuerte que causó inundaciones y destrucciones. Causó varios muertes y dejó numerosos desaparecidos.

Félix, 2008: El huracán Félix, que a finales de agosto de 2008, causó 130 muertos en Nicaragua, y alrededor de 40 mil personas se quedaron sin hogar. Se estima que el daño material superó los 720 millones de dólares.



Ilustración 3 Daños causados por el Huracán Félix

Fuente: El Nuevo Diario

Tormenta Tropical Agatha 2010: Afecto el país causando inundaciones y hasta pérdidas de vidas humanas, afectando la infraestructura de las viviendas y dejando a la deriva a muchas personas.

6.5 Estimación de la precipitación media de una hoya.

Para la estimación de la precipitación media existen 3 métodos usuales:

1. Promedio aritmético
2. Polígono de Thiessen
3. Isoyetas

1. Promedio aritmético: es el más simple de los procedimientos para determinar la lluvia promedio sobre un área, se promedia las profundidades de lluvia que se registran en un número dado de pluviómetros. Este método es satisfactorio si los pluviómetros se distribuyen uniformemente sobre el área y sus mediciones individuales no varían de manera considerable de la media.

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{n} \quad (17)$$

Dónde:

P_m = Precipitación media

$P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ = Precipitación en cada una de las estaciones

n = Número de estaciones

2. Polígono de Thiessen: este método es aplicado a zonas con una distribución irregular de las estaciones y en dónde los accidentes topográficos no juegan un papel importante en la distribución de la precipitación.

El cálculo se inicia ubicando en los mapas las estaciones de precipitación ubicadas en la hoya y en las áreas circunvecinas. Se unen estas estaciones con trazos rectos, tratando de formar triángulos, cuyos lados sean de la mínima longitud posible; después de que los triángulos hayan sido dibujados, se trazan las mediatrices de todos los lados, con lo que se formaran unos polígonos alrededor de cada estación.

Se determina el área de cada polígono, y a partir de su relación con el área total, se obtiene un coeficiente de ponderación para cada estación. La precipitación media resultante de la sumatoria de los productos de las lluvias registradas en cada estación por su área correspondiente, entre el área total:

$$P_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i * P_i}{A_t} \quad (18)$$

Para:

A_i = Área del polígono i

P_i = Precipitación en la estación i

A_t = Área total de la hoya

P_m = Precipitación media sobre la hoya

n = Número de polígonos



3. Métodos de las Isoyetas: Utilizando las profundidades que se observan en los pluviómetros, e interpolando entre pluviómetros adyacentes, se unen los puntos de igual profundidad de precipitación, (de modo semejante a como se trazan las curvas de nivel en topografía).

Una vez que el mapa de Isoyetas se construye, se mide el área A_j entre cada par de Isoyetas en la cuenca y se multiplica por el promedio P_j de las profundidades de la lluvia de las dos Isoyetas adyacentes para calcular la precipitación promedio sobre el área mediante la ecuación:

$$P_m = \frac{\sum_{j=1}^n A_j * P_j}{A_t} \quad (19)$$

Dónde:

A_j : *área entre cada par de Isoyetas*

P_j : *promedio de las profundidades de lluvia de dos Isoyetas adyacentes.*

A_t : *área total de la cuenca.*

P_m : *precipitación media*

N : *número de Isoyetas adyacentes*

El método de las Isoyetas es flexible, y el conocimiento de los patrones de la tormenta pueden influir en la gráfica de las mismas, pero es necesario una red de medidores más o menos densa para construir correctamente el mapa de Isoyetas de una tormenta compleja.



6.6 Niveles de riesgo

Alerta meteorológica

Una Alerta Meteorológica se emite cuando el Servicio meteorológico (INETER), recibe suficiente información que indica alta probabilidad de fuertes tormentas, granizo, fuertes vientos bajo criterios de severas tormentas, temperaturas extremas.

Fenómenos contemplados

Lluvias, vientos, tormentas, temperaturas extremas, fenómenos costeros (viento y mar), polvo en suspensión, olas de calor y de frío y tormentas tropicales.

Umbrales y niveles de adversidad

Los avisos de METEOALERTA aclaran sobre el riesgo potencial de un fenómeno adverso previsto. Estos umbrales se han establecido con criterio climatológico y de adversidad cercano al concepto de "poco o muy poco frecuente" siempre y cuando impliquen un riesgo para la población.

El riesgo meteorológico se relaciona con la "rareza" del fenómeno ya que, cuanto mayor sea ésta, menos preparada está la población para enfrentarse a sus efectos.

De acuerdo con ello, aparecen cuatro niveles básicos tomados en cuenta en INETER y la Alcaldía Municipal. Ver tabla 3.

Color	Nivel de Riesgo
Rojo	El riesgo meteorológico es extremo (fenómenos meteorológicos no habituales de intensidad excepcional y con un nivel de riesgo para la población muy alto).
Amarillo	Existe un riesgo meteorológico importante (fenómenos meteorológicos no habituales y con cierto grado de peligro para las actividades usuales).
Verde	No existe riesgo meteorológico para la población en general aunque sí para alguna actividad concreta. Este nivel no genera ningún aviso pero hace una llamada para que se esté atento a la predicción meteorológica en vigor.
Azul	Condiciones normales.

Tabla 3. Niveles de Riesgos

Fuente: INETER-SINAPRED



Sólo se generan avisos específicos cuando se prevé alcanzar los niveles “amarillo” o “rojo” si bien se informa también sobre qué zonas geográficas se encuentran en nivel verde.

6.7 Tratamiento probabilístico de la información hidrológica

➤ Aplicaciones de la teoría de las probabilidades a la hidrología

El cálculo de un valor específico para una variable hidrológica que se evalúa es uno de los aspectos básicos del análisis hidrológico en la ingeniería civil. Desde el punto de vista estadístico, las variables hidrológicas pueden considerarse como variables aleatorias continuas mientras que su ocurrencia efectiva para un evento, o un número de eventos dados, puede resolverse tratándolas como variables aleatorias discretas. ¹²

➤ Probabilidades

La probabilidad de un evento, $P(A)$, es la probabilidad de que este ocurra cuando se hace una observación de la variable aleatoria. La probabilidad de eventos puede estimarse. Si una muestra de n observaciones tiene n_A valores en el rango de evento A , entonces la frecuencia relativa de A es n_A/n . A medida que el tamaño de la muestra aumenta, la frecuencia relativa se convierte progresivamente en una estimación mejor de la probabilidad del evento, es decir,

$$P(A) = \lim_{n \rightarrow \infty} n_A/n \quad (20)$$

Tales probabilidades se conocen como probabilidades objetivas o posteriores debido a que dependen concretamente de las observaciones de la variable aleatoria.

Las probabilidades de eventos obedecen ciertos principios:

¹² OBERTO LIVIA R. Barquisimeto, 2003. Problemario de hidrología aplicada a la ingeniería civil. Decanato de Ingeniería Civil. Departamento de Hidráulica y Sanitaria.



1. Probabilidad total. Si el espacio muestral Ω está completamente dividido en m eventos o áreas no traslapadas A_1, A_2, \dots, A_m , entonces

$$P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_m) = P(\Omega) = 1 \quad (21)$$

2. Complementariedad. Se sigue que si \bar{A} es el complemento de A , es decir $\bar{A} = \Omega - A$, entonces,

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A) \quad (22)$$

3. Probabilidad Condicional. Supóngase que existen dos eventos A y B . El evento A podría ser el que la precipitación de este año fuera menor que 40 pulg. mientras que B podría ser el evento de que la precipitación del próximo año sea menor que 40 pulg. su intercepción en $A \cap B$, el evento de que tanto A como B ocurran, es decir, dos años sucesivos con precipitación anual menor de 40 pulg. Si $P(B/A)$ es la probabilidad condicional de que ocurra B dado que ya ha ocurrido A , entonces la probabilidad conjunta que A y B ocurran, $P(A \cap B)$, es el producto de $P(B/A)$ y la probabilidad de que A ocurra, es decir;

$$P(A \cap B) = P\left(\frac{B}{A}\right)P(A) \quad (23)$$

Ó

$$P\left(\frac{B}{A}\right) = P(A \cap B) / P(A) \quad (24)$$

Si la ocurrencia de B no depende de la ocurrencia de A se dice que los eventos son independientes y

$$P\left(\frac{B}{A}\right) = P(B) \quad (25)$$

Para eventos independientes,

$$P(A \cap B) = P(A)P(B) \quad (26)$$



El concepto de eventos u observaciones independientes es crítico para la interpretación estadística correcta de secuencias de información hidrológica, porque si la información es independiente puede analizarse sin tener en cuenta su orden de ocurrencia. Si observaciones sucesivas están correlacionadas(no independientes), los métodos estadísticos son más complejos debido a que la probabilidad conjunta $P(A \cap B)$ de eventos sucesivos no es igual a $P(A)P(B)$.¹

6.8 Funciones de distribuciones de probabilidad para variables hidrológicas.

➤ Análisis de frecuencia.

Uno de los problemas más importantes en hidrología es la interpretación de registros pasados de eventos hidrológicos, en términos de obtener probabilidades de ocurrencia futuras. Este problema se extiende a la estimación de frecuencias de avenidas, sequías, precipitación, calidad de agua y oleajes, entre otros. El procedimiento involucrado es conocido como análisis de frecuencia.⁵

El análisis de frecuencia de datos hidrológicos comienza con el tratamiento de datos brutos y finalmente determina la frecuencia o probabilidad de un valor de diseño.⁶

Como prácticamente todos los fenómenos hidrológicos cambian con el tiempo pueden ser llamados procesos hidrológicos. Si la oportunidad de

¹ ARGUELLO HERRERA OTONIEL, (s.f.). Hidrología Estocástica. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la construcción. Departamento de hidráulica.

⁵ AYALA, L. y FERRER, P. 1973. Análisis de frecuencia de datos hidrológicos mediante computación. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Obras Civiles. 128 p.

⁶ CHOW, V.; MAIDMENT, D. y MAYNS, L. 1994. Hidrología aplicada. Traducido por Saldarriaga, J. Bogotá. McGraw-Hill. 584 p.



ocurrencia de las variables envueltas en tal proceso es ignorada y el modelo se considera que sigue una ley de certeza pero ninguna ley de probabilidad, el proceso y el modelo son descritos como determinísticos. De otra forma, si la oportunidad de ocurrencia de la variable es tomada en consideración y el concepto de probabilidad es introducido en la formulación del modelo, el proceso y el modelo son descritos como estocásticos o probabilísticos.⁷

Estrictamente hablando, un proceso estocástico es diferente a uno probabilístico en que el primero es considerado dependiente del tiempo y el segundo independiente del tiempo. Podría decirse, entonces, que los modelos probabilísticos hacen predicciones, mientras que los modelos estocásticos hacen pronósticos.⁸

Todos los procesos hidrológicos son más o menos estocásticos. Se asumen determinísticos o probabilísticos sólo para simplificar su análisis.

Además, el comportamiento de las variables aleatorias discretas o continuas se describe con la ayuda de Distribuciones de Probabilidad.

6.8.1. Distribución Normal

La función Normal es el modelo más utilizado y con mayor importancia en el campo de la estadística. Sin embargo, su uso es muy limitado en hidrología, dado que las variables raramente se comportan de esta forma. Linsley et al., (1988) señalan que el uso de esta función, en términos hidrológicos, debe reducirse a zonas húmedas donde el valor medio es alto, no siendo recomendable para valores extremos.⁹

⁷ BOBÉE, B. y ROBITAILLE, R. 1977. The use of the Pearson type 3 and log Pearson type 3 distributions revisited. *Water Resources Research* 13 (2): 427-443.

⁸ KITE, G. 1976. Reply to comment on 'Confidence limits for design events'. *Water Resources Research* 12 (4): 826.

⁹ MARÍA ALEJANDRA AGUILERA NAVARRO, 2007. Estimación de funciones de distribución de probabilidad, para caudales máximos, en la región del Maule. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ingeniería Forestal.



Función de distribución de probabilidad normal:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\Pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx \quad (27)$$

Dónde:

x : Variable aleatoria.

μ : Media de la población.

σ : Desviación estándar de la población.

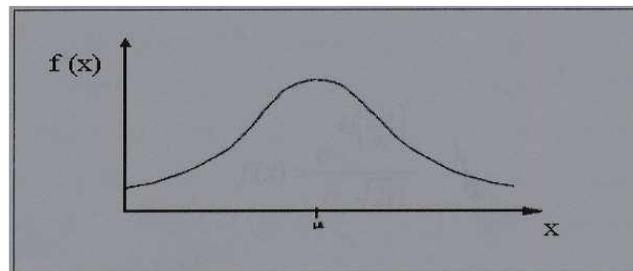
Para resolver esta función se recurren a métodos numéricos para evaluarla, y para hacer esto más sencillo se le ha asignado una variable estandarizada, cuya expresión es la siguiente:

$$z = \frac{x - \mu}{\sigma} \quad (28)$$

La cual está normalmente distribuida con media cero y desviación estándar unitaria. Así, la función principal queda como:

$$F(x) = F(z) = \int_{-\infty}^z \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} e^{-z^2/2} dz \quad (29)$$

La función Normal presenta la siguiente tendencia:



Grafica 2. Distribución Normal

6.8.2. Distribución Logarítmico-Normal

Las variables físicas de interés en Hidrología (precipitación, caudal, evaporación y otras) son generalmente positivas, por lo cual es usual que presenten distribuciones asimétricas. Así, se ha propuesto aplicar una transformación logarítmica, donde $Y = \ln X$, está normalmente distribuida; luego X está distribuida en forma Normal, y su función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} \quad (30)$$

Donde los parámetros de la función son α y β , que son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria, y están definidos como sigue:

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \frac{\ln x_i}{n} \quad (31)$$

$$\beta = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \alpha)^2}{n} \right]^{1/2} \quad (32)$$

Luego la función de distribución de probabilidad es:

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} dx \quad (33)$$

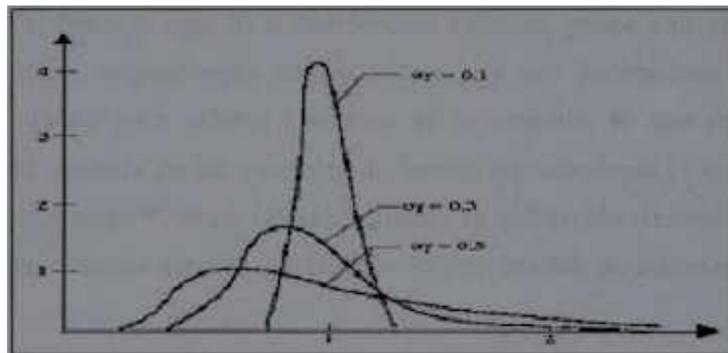
donde e corresponde a la constante de Neper.

Al igual que en la distribución normal, se le asigna a "z" los siguientes valores:

$$z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta} \quad (34)$$



La función de distribución de probabilidad entonces, sigue la siguiente tendencia:



Grafica 3. Función de distribución Log-Normal

Estudios realizados por Poblete et al., (2002), identifican a la función Log-Normal, entre otras funciones, como la que presenta mejor bondad de ajuste a series de caudales anuales, por sobre un 90% para el test de Kolmogorov-Smirnov y ji cuadrado.

6.8.3. Distribución Pearson Tipo III

Esta distribución posee una gran flexibilidad y diversidad de forma, dependiendo de los valores de sus parámetros, asimilando su utilización para precipitaciones o caudales máximos anuales.¹⁰

La función de densidad de probabilidad Pearson III se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha \Gamma(\beta)} \left\{ \frac{x - \delta}{\alpha} \right\}^{\beta-1} e^{-\frac{x-\delta}{\alpha}} \quad (35)$$

Donde α , β , δ son los parámetros de la función y $\Gamma(\beta)$ es la función de Gamma. Los parámetros α , β , δ se evalúan a partir de n datos medidos. Asimismo los parámetros de la distribución pueden ser estimados en función del

¹⁰ CHOW, V. 1964. Statistical and probability analysis of hydrologic data; part I: Frequency analysis. In: _____. Handbook of applied hydrology; a compendium of water resources technology. New York. McGraw-Hill. pp: 8.1-8.42.



promedio (\bar{x}) y de la desviación estándar (S) de la muestra, por medio de las siguientes expresiones:

$$\alpha = \frac{S}{\sqrt{\beta}} \quad (36)$$

$$\beta = \left(\frac{2}{\gamma}\right)^2 \quad (37)$$

$$\delta = \bar{x} - \alpha\beta \quad (38)$$

Donde:

γ : Coeficiente de sesgo

e : Constante de Neper

s : desviación estándar de la muestra

El coeficiente de sesgo, se define como,

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3 / n}{S^3} \quad (39)$$

La función de distribución de este modelo es:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \int_0^x e^{-\left(\frac{x-\delta}{\delta}\right)} \left(\frac{x-\delta}{\delta}\right) dx \quad (40)$$

Entonces, sustituyendo se alcanza la siguiente expresión:

$$y = \frac{x - \delta_1}{\alpha_1} \quad (41)$$

Finalmente la ecuación queda como:

$$F(y) = \frac{1}{\Gamma(\beta_1)} \int_0^y y^{\beta_1-1} e^{-y} dy \quad (42)$$

Siendo la anterior una función χ^2 cuadrada con 2β grados de libertad y $x^2 = 2y$:

$$F(y) = F(\chi^2|v) = F_{\chi^2}(2y|2\beta) \quad (43)$$

Los resultados del estudio realizados por Kroll y Vogel 2002, en 1.505 estaciones en los Estados Unidos, determinan que la función de Pearson Tipo III, es la que mejor representa a las series de caudales mínimos intermitentes, donde se presentan descargas con valores cero.¹¹

Asimismo, las series de caudales mínimos permanentes se ven reflejadas en la función Log-Normal de tres parámetros. Para ajustar distribuciones de tres parámetros, se necesita estimar el coeficiente de asimetría de la distribución; para ello es necesario disponer de una serie con longitud de registros larga, mayor de 50 años. Las distribuciones con dos parámetros, son usualmente preferidas cuando se dispone de pocos datos, ya que reducen la varianza de la muestra.

6.8.4. Distribución Gumbel

Según Aparicio, 1997, si se tienen N muestras, cada una de las cuales contienen n eventos y si se selecciona el máximo de x de los n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta, la función de distribución de probabilidad de x tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}} \quad (44) \quad \text{Para } -\infty \leq x \leq \infty$$

Donde:

χ : Representa el valor a asumir por la variable aleatoria

e: Constante de Neper.

¹¹ BROWN, E. y VARGAS, X. 1986. Criterios de selección de modelos probabilísticos en hidrología. In: Anais do XII Congreso Latino-Americano de Hidráulica. Sao Paulo, Brasil. 31 agosto - 4 septiembre. Departamento de Aguas e Energía Eléctrica. V 2, pp: 180-190.

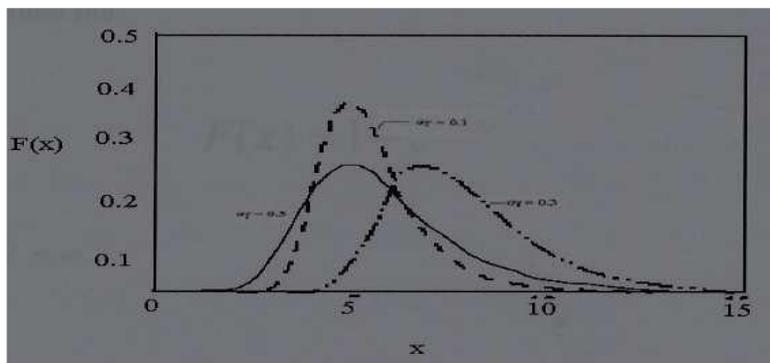


Los parámetros de la distribución de una muestra de tamaño infinito, tienden a los siguientes valores, en base a la media aritmética y la desviación estándar de la muestra:

$$d = \frac{1}{0,779696 * S} \quad (45)$$

$$\mu = \bar{x} - 0,450047 * S \quad (46)$$

Entonces, la función de Gumbel sigue la siguiente tendencia:



Grafica 4. Distribución de Gumbel

6.9. Modelación hidrológica estocástica.

Todos los fenómenos relacionados a la generación y distribución de la lluvia en nuestro planeta, y todas sus consecuencias directas como ser: el escurrimiento superficial por las cuencas, la infiltración a las porciones más profundas del suelo y de manera especial el caudal de los ríos -como lugar donde llegan las aguas dentro del ciclo hidrológico para finalmente ir a los océanos-, son procesos aleatorios, es decir que tienen un cierto nivel de incertidumbre o una probabilidad de que sean igualados o excedidos en un número de años, y por lo tanto están gobernados por leyes de la probabilidad. A los procesos gobernados por probabilidades se les llama estocásticos.

El componente estocástico, es el que define la incertidumbre o la probabilidad de ocurrencia de un evento. Este es estacionario, es decir, que los estadísticos de la muestra no difieren de los estadísticos de la población, excepto de aquéllas que se produzcan por la variabilidad de la muestra y, sean independientes del tiempo. Una de las condiciones básicas para que se pueda utilizar con éxito un proceso de generación estocástica es que la serie de origen debe tener las siguientes características:

- Que la distribución temporal de origen siga una distribución normal y,
- que la respectiva distribución tenga por media cero y varianza uno.

Generalmente, cuando el intervalo de tiempo es anual o mensual, estos modelos producen buenos resultados y, a partir de los mismos se pueden desagregar a tiempos menores. Estos han sido utilizados para la generación de caudales anuales y mensuales. Si la distribución de origen tiene una distribución con media cero y varianza uno, se está hablando de un proceso Normal de media (μ) cero y varianza (σ^2) uno, que se denota por:

$$N(\mu; \tau^2) = N(0,1) \quad (47)$$

6.9.1. Modelos Auto-regresivos de medias móviles (ARMA).

Los modelos o procesos Auto regresivos, denotados por sus siglas en inglés (Auto Regressive) AR (p), o modelos “auto regresivos con retardo p”. Como su nombre lo indica, estos generan el presente o futuro en función de lo que ha ocurrido en el pasado; de ahí el nombre de “auto regresivos”. Por otro lado, el retardo, hace mención a las etapas necesarias para que se produzca la variación de un estado a otro. ¹³

Generalmente, los modelos AR (1), implican que el flujo en el periodo “i” es regresado a través del flujo en el periodo “i-1”. De manera análoga, un proceso de media móvil, es denotado por sus siglas en inglés (Moving Average) MA (q), o

¹³ FRANCISCO PABLO GARCÍA GUTIÉRREZ. Santa Cruz, Bolivia. 2010. Modelación hidrológica estocástica: Desarrollo de un modelo de generación sintética de series temporales.



proceso de media móvil de orden “q”. Uno de los modelos más sencillos es el que se utiliza para determinar valores en intervalos anuales, este tipo de modelos genera, pues, flujos anuales y toma la siguiente forma:

$$Q_i = \bar{Q} + \rho(Q_{i-1} - \bar{Q}) + t_i \sigma \sqrt{1 - \rho^2} \quad (48)$$

Dónde:

t_i = es un valor aleatorio que proviene de una distribución apropiada con media cero y varianza uno (este debe seguir el proceso $N(0,1)$), por lo que debe proceder de un proceso de generación de número aleatorio normalmente distribuido $N(0,1)$.

Q_i = Precipitación de precipitación anual

σ = Es la desviación estándar o típica de Q.

ρ = Es el coeficiente de auto-correlación serial con retardo “k”.

\bar{Q} = Media de Q.

De manera que cuando los parámetros del modelo, es decir \bar{Q} , σ y ρ han sido determinados a partir de los datos, una secuencia de tamaño “n” puede generarse utilizando el algoritmo dado por la relación (38).

El valor de Q_i , puede ser calculado por muestreo de Monte Carlo siguiendo una distribución de probabilidad “t”. Básicamente la ecuación (38), quiere decir que el flujo en el periodo “i”, es el valor promedio de una regresión lineal de “ Q_i ” en “ Q_{i-1} ”, más un componente aleatorio para preservar la varianza σ^2 .

La estructura de la ecuación (38) facilita su programación en ordenador, para simplificar los procesos de cálculo y generación de números aleatorios, haciendo que la variable Q_i , sea un proceso X de media cero y varianza unitaria. Es decir $X(0,1)$. Para el caso de variable normal, este se reduce a:

$$X_i = \frac{(Q_i - \bar{Q})}{\sigma} \quad (49)$$

Dónde:

σ = Es la desviación estándar o típica de Q.

\bar{Q} = Media de Q.



6.9.2. Ajuste de curvas con funciones sinusoidales.

El termino senoide se utiliza para representar cualquier forma de onda que se pueda describir como un seno o coseno. No existe una convención clara para elegir entre estas funciones y, en cualquier caso, los resultados serán idénticos.

Utilizando el coseno, generalmente se expresa como:

$$f(t) = A_o + C_1 \cos (w_o t + \theta) \quad (50)$$

Así, cuatro parámetros sirven para caracterizar la senoide. El valor medio A_o , establece la altura promedio sobre las abscisas. La amplitud C_1 especifica la altura de la oscilación. La frecuencia angular w_o caracteriza con qué frecuencia se presentan los ciclos. Finalmente, el ángulo de fase, o corrimiento de fase θ , parametriza en que extensión la senoide esta corrida horizontalmente. Esto puede medirse como la distancia en radianes desde $t=0$ hasta el punto donde la función coseno empieza un nuevo ciclo. Un valor negativo se conoce como ángulo de fase de atraso, ya que la curva $\cos (w_o t - \theta)$ comienza un nuevo ciclo de θ radianes después del $\cos (w_o t)$. Así, se dice que $\cos (w_o t - \theta)$ tiene un retraso. En forma opuesta, un valor positivo se refiere como ángulo de fase de adelanto.

La frecuencia angular w_o (en radianes), se relaciona con la frecuencia f (en ciclos) mediante la ecuación:

$$w_o = 2\pi f \quad (51)$$

Y, a su vez, la frecuencia está relacionada con el periodo T (en unidades de tiempo) mediante:

$$f = \frac{1}{T} \quad (52)$$

A partir de estas ecuaciones realizando las identidades respectivas se obtiene:



$$f(t) = A_o + A_1 \cos(w_o t) + B_1 \text{sen}(w_o t) \quad (53)$$

De donde:

$$A_1 = C_1 \cos(\theta) \quad (54)$$

$$B_1 = -C_1 \text{sen}(\theta) \quad (55)$$

Dividiendo las ecuaciones anteriores se obtiene:

$$\theta = \arctan(-B_1/A_1) \quad (56)$$

Entonces,

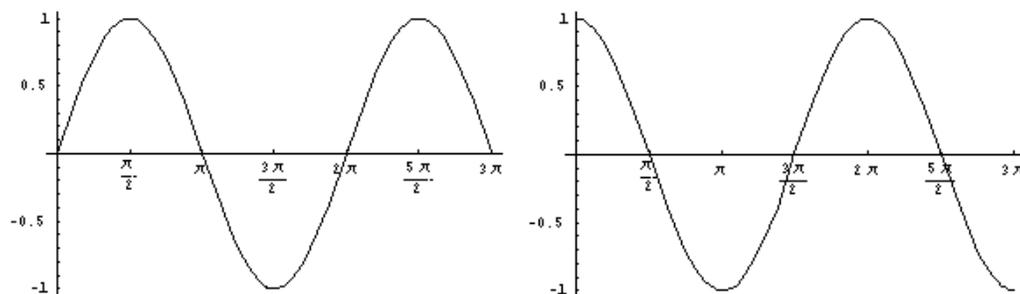
$$C_1 = \sqrt{A_1^2 + B_1^2} \quad (57)$$

Siendo la Ecuación ft una fórmula alternativa de la ecuación ft1, que también requiere cuatro parámetros, pero se encuentra en el modelo lineal general.

Cabe resaltar que también se puede usar la ecuación en función de seno

$$f(t) = A_o + C_1 \text{sen}(w_o t + \delta) \quad (58)$$

$$\theta = \delta - 1/2 \quad (59)$$



Grafica 5. Representación simultánea de funciones seno y coseno desplazadas horizontalmente una con respecto de la otra.

Puesto que las funciones seno y coseno tienen la misma forma, estando desplazadas horizontalmente una con respecto de la otra, tal como indica la figura, resulta evidente que sólo difieren entre sí en un desfase.

Este hecho permite representar cualquier función sinusoidal sea en forma de un seno o bien en forma de un coseno, indistintamente representación seno y representación coseno.

➤ **Ajustes por mínimos cuadrados de una senoide**

La ecuación

$$y = A_0 + A_1 \cos(w_0 t) + B_1 \text{sen}(w_0 t) + e \quad (60)$$

Es un modelo lineal por mínimos cuadrados

Encontrando los coeficientes con las ecuaciones siguientes:

$$A_0 = \frac{\sum y}{N} \quad (61)$$

$$A_1 = \frac{2}{N \sum y \cos(w_0 t)} \quad (62)$$

$$B_1 = \frac{\sum y}{N \text{sen}(w_0 t)} \quad (63)$$



7. DISEÑO METODOLÓGICO.

7.1. Tipo de investigación

Método para el desarrollo del tema:

Método Hipotético-deductivo: adquisición de nuevos conocimientos a partir de hipótesis.

Es una investigación explorativa con un enfoque de control o de importancia de la precipitación en la hoya 69 de Nicaragua: son estudios muy pocos investigados. También se emplean para identificar una problemática.

7.2. Tiempo de ejecución

El diseño del protocolo se desarrollará en un período de un mes y medio, distribuidas de la siguiente manera que se indica en la matriz que da a conocer el tiempo y actividades a realizar.

7.3. Técnicas y herramientas

Fueron establecidas de acuerdo a los requisitos e información que se necesitará para la elaboración del protocolo, ver matriz 4.

A partir de nuestro cronograma se definió las técnicas y herramientas.



Actividades	Sub actividades	Técnicas y herramientas
Elección del área de estudio	Conocer las diferentes alternativas.	Conocer Pensum de carrera. Matriz de análisis para la selección del área de investigación.
	Identificar el tema.	A través de la línea de trabajo, planteamiento del problema del tema específico.
	Definir el tema.	
	Elección del tema.	
La metodología a usar	Conocer los diferentes métodos.	Investigar y consultar libros, computadoras, hacer uso de internet.
	Seleccionar el método más apropiado para el tema de estudio.	Definir métodos y metodología a usar.
	Aplicación del método.	Seguir pasos del método a estudiar.
Proceso de investigación.	Recopilar la información.	Por medio de visita a Ineter, consultar bibliografía, obtener datos en biblioteca e internet, reunión con tutor. Libros, computadora, libretas, memoria USB, etc. Obtener datos históricos de precipitación e intensidades.
	Desarrollo del tema.	Aplicación del método seleccionado.
	Análisis y selección de la información.	Leer y analizar la información obtenida. Lapiceros, libreta, computadora, memoria USB.
Protocolo de investigación	Realizar protocolo o redacción de informe.	Seguir paso de un protocolo, redactar introducción, antecedentes, justificación, objetivos, marco teórico, hipótesis y bibliografía. Computadora, cuaderno, memoria USB.
	Presentación de trabajo.	Auditorio o aula de clase. Informe impreso, data show y computadora.

Tabla 4 Técnicas y herramientas utilizadas para el diseño del protocolo

Fuente: elaboración Propia



7.4. Técnicas para el procesamiento de datos

- Análisis de la cantidad de información existente recopilada, selección y creación de nueva información.
- Los datos obtenidos en la visita a INETER serán procesados mediante el programa de Microsoft Excel y los métodos a utilizar, para obtener un resultado.
- Los resultados obtenidos mediante el programa de Excel permiten priorizar la información de interés para la redacción de este documento.

7.5. Técnicas de análisis de datos

- Análisis del beneficio generado al obtener los datos del nuevo modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la hoya de estudio.



Desarrollo

Compra la verdad y no la vendas, adquiere sabiduría, instrucción e inteligencia.

Proverbios 23:23. Reina-Valera 1960 (RVR1960)



8. CARACTERIZACIÓN DE LA HOYA 69 DE NICARAGUA.

8.1. Caracterización morfológica de la hoya

8.1.1. Área de la hoya.

El área total de la hoya en estudio es de 29321.1151Km² y su perímetro es de 1308.6649Km.

8.1.2. Forma de la hoya

La forma de las hoyas hidrográficas, tanto en superficie como en relieve tiene interés en el comportamiento del agua al caer a la superficie, por la velocidad que adquiere, la erosión que produce y además, por el tiempo que tarda en llegar de los límites de la hoya a la salida de la misma. La mayoría de las hoyas tiende a tener la forma de una pera; sin embargo, los controles geológicos conducen a numerosas desviaciones a partir de esta forma. La evaluación de la forma de una hoya considera el grado de similitud de su contorno o divisoria, al de una figura geométrica regular conocida. Para su cuantificación se han establecido diferentes factores de forma, los cuales se describen a continuación:

➤ **Índice de Gravelius o de coeficiente de compacidad (Kc)**

$$k_c = 0.28P/A^{1/2}$$

Al aplicar este coeficiente a nuestra hoya, con $P = 1,308.6649\text{km}$, $A=29321.5498\text{km}^2$ se obtuvo un resultado de $K_c= 2.14$, eso significa que la hoya no es redonda, ya que es mayor que 1.

➤ **Factor de forma (Kf)**

$$K_f = A/L^2$$

Al aplicar esta ecuación a nuestra cuenca, con $L = 613.8712\text{km}$, $A=29321.5498\text{km}^2$ se obtuvo un resultado de $K_f= 0.0778/\text{km}$. Esto significa que la hoya está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma.



➤ **Curva Hipsométrica**

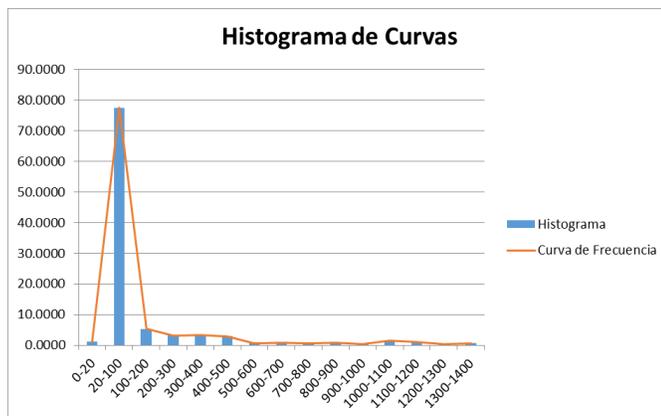
Se puede decir que la curva tiene un relieve irregular de acuerdo a lo obtenido en el porcentaje acumulado y la curva hipsométrica.

Núm. de curva	Porcentaje
0-20	1.10%
20-100	77.50%
100-200	5.25%
200-300	3.18%
300-400	3.23%
400-500	2.87%
500-600	0.60%
600-700	0.92%
700-800	0.54%
800-900	0.70%
900-1000	0.45%
1000-1100	1.45%
1100-1200	1.11%
1200-1300	0.45%
1300-1400	0.66%
Total	100.00%

Tabla 5. Porcentaje comprendido en la superficie de las curvas de la hoya 69 de Nicaragua.

Fuente: elaboración propia

Curva Hipsométrica, realizada con el porcentaje de las curva.



Grafica 5 . Áreas de las curvas de la cuenca 69



Núm. de curva	Área km2	Tanto por uno de las superficies comprendidas entre cada dos curvas (B=Área de la curva/ área total)
0-20	321.8396	0.0110
20-100	22,724.9725	0.7750
100-200	1,539.8911	0.0525
200-300	933.2206	0.0318
300-400	946.7494	0.0323
400-500	842.5989	0.0287
500-600	174.9738	0.0060
600-700	269.1436	0.0092
700-800	158.2657	0.0054
800-900	204.0357	0.0070
900-1000	131.8189	0.0045
1000-1100	424.7213	0.0145
1100-1200	325.7801	0.0111
1200-1300	131.2075	0.0045
1300-1400	192.3310	0.0066

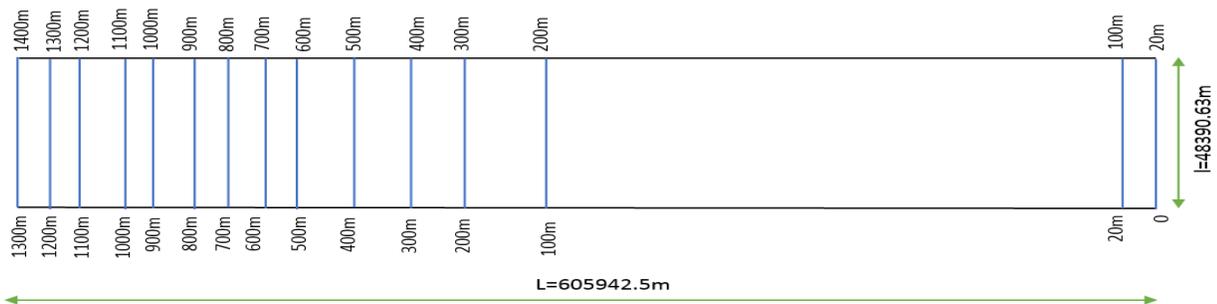
Tabla 6. Número de curva, área y superficies comprendidas entre cada dos curvas de nivel de la hoya 69 de Nicaragua.

Fuente: elaboración propia

➤ Rectángulo equivalente

$$L = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16 * S}}{4} = \frac{1308.6649 + \sqrt{1308.6649^2 - 16 * 29321.5498}}{4} = 605.9425 \text{ Km}$$

$$l = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16 * S}}{4} = \frac{1308.6649 - \sqrt{1308.6649^2 - 16 * 29321.5498}}{4} = 48.3900 \text{ Km}$$



Grafica 6. Rectángulo equivalente. (Elaboración propia)



La gráfica del rectángulo equivalente es una demostración en líneas paralelas del área de la hoya, cuenta con las mismas curvas de nivel y sus áreas de la hoya en estudio, es decir, es una transformación geométrica con una idéntica repartición de la hoya 69, convirtiéndose las curvas de nivel en rectas paralelas. Se observa que el área de las curvas 20-100m es la más grande que comprende la hoya, la cual es de 22,724.9725Km²; seguida de las curvas 100-200m con un área de 1,539.8911Km². El resto de las áreas las contiene la tabla 7. Las longitudes del rectángulo se obtienen mediante las ecuaciones anteriores de longitud mayor y menor, la sumatoria de estas longitudes es equivalente al área de nuestra hoya.

➤ **Índice de pendiente (Ip)**

Para realizar el índice de pendiente es necesario conocer los incrementos de altura, los cuales son:

$$H_1=0-20= 20m$$

$$H_2=20-100= 80m$$

$$H_3=100-200= 100m$$

$$H_4= H_3 =H_5= H_6= H_7= H_8= H_9 = H_{10}= H_{11}=H_{12} = H_{13}= H_{14}= H_{15}=100m$$

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_2^n \sqrt{\frac{\Delta H * B}{1000}}$$

$$I_p = \frac{1}{\sqrt{605.9425}} \left[\sqrt{\frac{100 * 0.0066}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0045}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0111}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0145}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0045}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0070}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0054}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0066}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0092}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0060}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0287}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0323}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0318}{1000}} + \sqrt{\frac{100 * 0.0525}{1000}} + \sqrt{\frac{80 * 0.7750}{1000}} + \sqrt{\frac{20 * 0.0110}{1000}} \right]$$



$$I_p = 0.0323$$

$$I_{p \text{ relativo}} = \sqrt{\frac{1400-0}{1000 \cdot 605.9425}} = 0.0481$$

➤ **Altitud media**

$$A_m = \frac{H_i + A_{curva}}{A_{total}}$$

$$H_1 = \frac{1300 + 1400}{2} = 1350$$

$$H_2 = \frac{1200 + 1300}{2} = 1250$$

$$H_3 = \frac{1100 + 1200}{2} = 1150$$

$$H_4 = \frac{1000 + 1100}{2} = 1050$$

$$H_5 = \frac{900 + 1000}{2} = 950$$

$$H_6 = \frac{800 + 900}{2} = 850$$

$$H_7 = \frac{700 + 800}{2} = 750$$

$$H_8 = \frac{600 + 700}{2} = 650$$

$$H_9 = \frac{500 + 600}{2} = 550$$



$$H_{10} = \frac{400 + 500}{2} = 450$$

$$H_{11} = \frac{300 + 400}{2} = 350$$

$$H_{12} = \frac{200 + 300}{2} = 250$$

$$H_{13} = \frac{100 + 200}{2} = 150$$

$$H_{14} = \frac{20 + 100}{2} = 60$$

$$H_{10} = \frac{0 + 20}{2} = 10$$

$$A_m = \frac{H_i + A_{curva}}{A_{total}}$$

$$A_m = \frac{1350 * 192.3310 + 1250 * 131.2075 + 1150 * 325.7801 + 1050 * 424.7213 + 950 * 131.8189}{306.8}$$

$$\frac{+850 * 204.0357 + 750 * 158.2657 + 650 * 269.7213 + 550 * 174.9738 + 450 * 842.5989 + 350 * 946.7494}{306.8}$$

$$\frac{+250 * 933.2206 + 150 * 1539.8911 + 60 * 22724.9725 + 10 * 321.8396}{306.8}$$

$$A_m = 152.5954 \text{ km}$$

➤ **Pendiente media**

Como orden de magnitud, se pueden admitir los siguientes valores de clasificación de terrenos en función de la pendiente media. Ver tabla 3.

$$I_{río} = \frac{1400 - 0}{1000 * 206.27} = 0.0068.$$



8.1.3 Sistema de drenaje

➤ Orden de las corrientes de agua

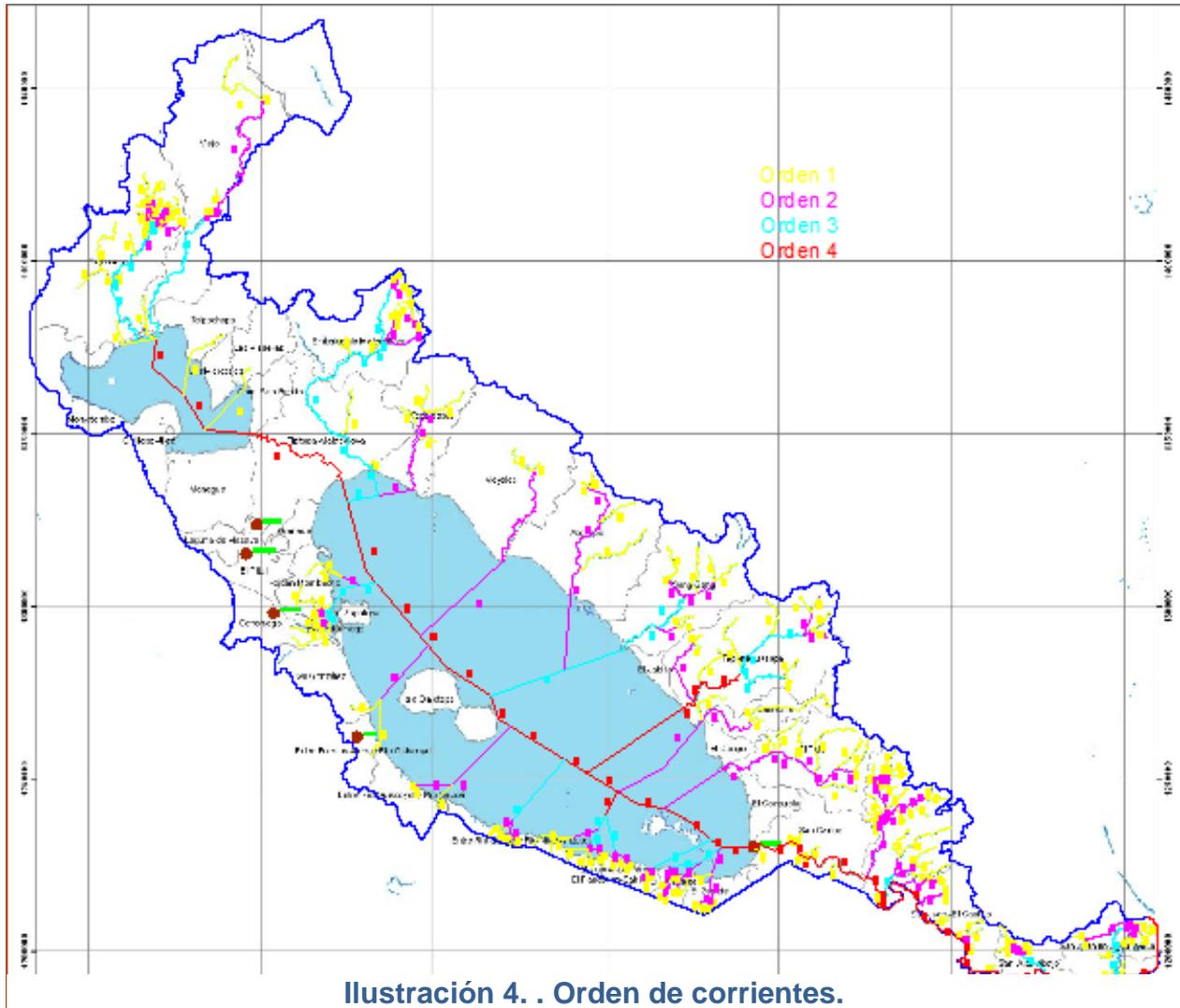


Ilustración 4. . Orden de corrientes.

Fuente: elaboración propia

➤ Densidad de drenaje (Dd)

$$Dd = \frac{L}{A}$$

El drenaje de nuestra hoya, con $L= 30431.6618\text{km}$, $A= 29321.5498\text{km}^2$ es de $Dd= 1.0379 \text{ km/km}^2$. Es igual a 1 km/km^2 , esto indica que es pobremente drenada.

➤ **Extensión media de la escorrentía superficial**

$$L=A/4*L$$

Al aplicar esta ecuación a la hoya en estudio, con $L= 30431.6618\text{km}$, $A=29321.5498\text{km}^2$ se obtuvo un resultado de $L= 0.2409\text{km}$.

➤ **Sinuosidad de la corriente de agua**

$$S= L/Lt$$

La sinuosidad de la hoya en estudio, con $L = 206.2655\text{km}$, $Lt= 136.6541\text{km}$ es de $S=1.5094$. Un valor de S menor o igual a 1,25 indica una baja sinuosidad. Es un cauce cuyo alineamiento no es recto.

Tabla final				
Núm. de curva	Área m2	Área km2	Perímetro m	Perímetro km
0-20	321839,642.1825	321.8396	179,145.5722	179.1456
20-100	22724972,456.9793	22,724.9725	2039,508.9442	2,039.5089
100-200	1539891,084.3676	1,539.8911	2896,196.8439	2,896.1968
200-300	933220,640.8334	933.2206	3523,603.9487	3,523.6039
300-400	946749,408.3067	946.7494	3310,276.0211	3,310.2760
400-500	842598,894.5999	842.5989	1406,258.8756	1,406.2589
500-600	174973,830.0589	174.9738	702,469.7414	702.4697
600-700	269143,572.0510	269.1436	797,961.9185	797.9619
700-800	158265,707.3024	158.2657	869,851.4099	869.8514
800-900	204035,739.5722	204.0357	868,085.1963	868.0852
900-1000	131818,904.0579	131.8189	777,036.5052	777.0365
1000-1100	424721,319.5929	424.7213	1318,777.1721	1,318.7772
1100-1200	325780,085.2927	325.7801	554,641.2597	554.6413
1200-1300	131207,519.7163	131.2075	246,686.3887	246.6864
1300-1400	192330,961.2014	192.3310	425,778.6267	425.7786
Total	29321549,766.1151	29,321.5498	19916,278.4242	19,916.2784

Tabla 7. Áreas y perímetros de las curvas de la hoya 69 de Nicaragua. (Elaboración propia)



9. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN EN LA HOYA HIDROGRÁFICA.

9.1 Identificar por cada estación las precipitaciones máximas ocurridas en los eventos de tropicales tormentas y huracanes.

Ciclones que han afectado la cuenca 69			Precipitación				
Año	Nombre	Descripción	Nandaime	Rivas	Masaya	Masatepe	San Carlos
1960			2106.9				
1961		T. Tropical	1225.1				
1964	Isabel y Huracán	T. Tropical	1616.2				1797.9
1966	Alma	Huracán	1575				1669
1968	Huracán		1582.1	1271.6			992.5
1970	Depresión Tropical		2060.9	1714.2			1229.7
1971	Irene	Huracán	1718.3	1803.3			1267.9
1973	La niña		1619.8	1617.6			2106
1974	Fifí	Huracán	1307.8	1358.8			1742.1
1975			2004.5	1374.2			2361.8
1979			1855.8	2410.1	1494.1		2312.9
1981			1768.2	1721.9	1710.6		2141.3
1982	Alleta	T. Tropical	1440.7	1590.5	1531		1438.4
1984			1572.5	1600.8	1344.1	1455.3	1986.4
1985	Allen	Huracán	1419.1	1136.2	1142.3	1226.4	1901.3
1988	Joan	Huracán	2271.5	2117.3	1962.8	1898.7	2219.2
1993	Gert y Brett	T. Tropical	1910.4	1533.4	1417.4	1791.9	
1995			1961.7	2061.2	1636.5	1711.1	751.9
1994	Gordon	T. Tropical	1256.9	851.9	1132.2	1056.9	
1996	Cesar	Huracán	1835.2	1601.9	1756.2	2059	2139.6
1998	Mitch	Huracán	1796.4	1891.5	1614	2049.3	2003
2004	Iván	Huracán	1321.9	1512.5	1170.8	1337.8	2425.5
2005	Stan		2043	2086.8	1811.8	2155.4	1989.3
2008	Félix	Huracán	2107.6	1907.6	1960.2	2063.3	2089
2010	Agatha	T. tropical	2205.2	1684.6	2015	2281.2	1982.1
2011			1823.7	1892.8	1723.5	1901.4	1931.4

Fuente: Ineter

Tabla 8 Ciclones que han afectado el país desde 1958.



9.2 Determinar la estimación de la precipitación media de la hoya, método aritmético y polígono de Thiessen.

Cuenca 69 de Nicaragua tributada por el método de Thiessen para cinco estaciones en estudio

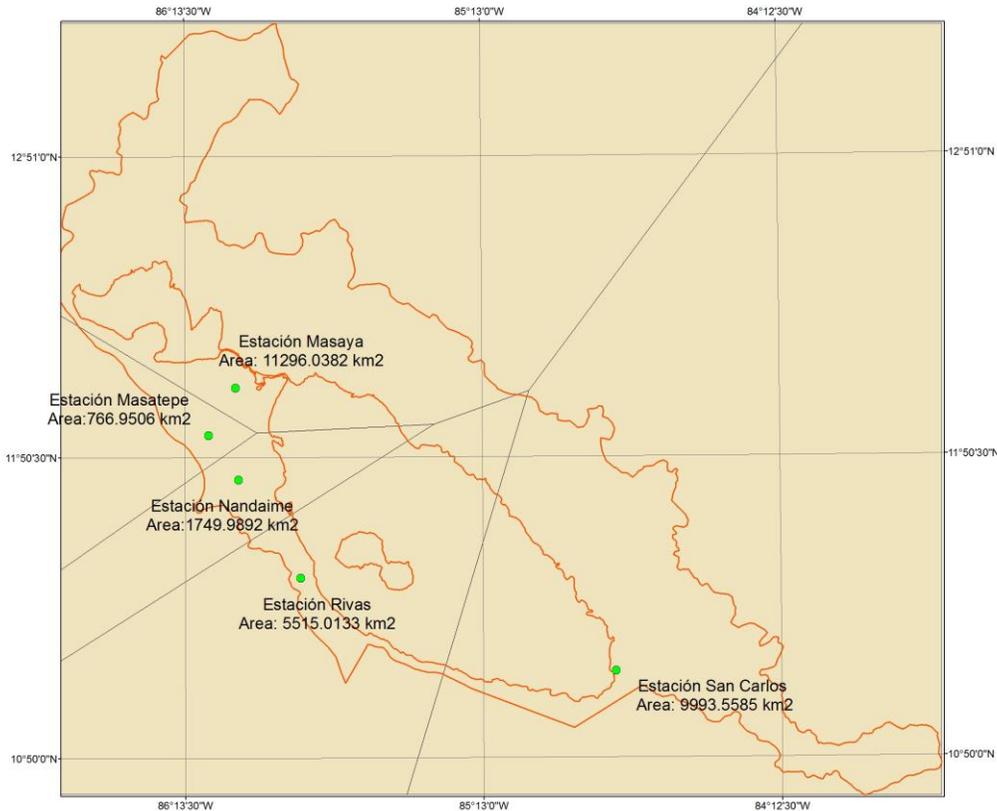


Ilustración 5. Áreas obtenidas por cada estación por medio del método de Thiessen

Fuente: Elaboración propia

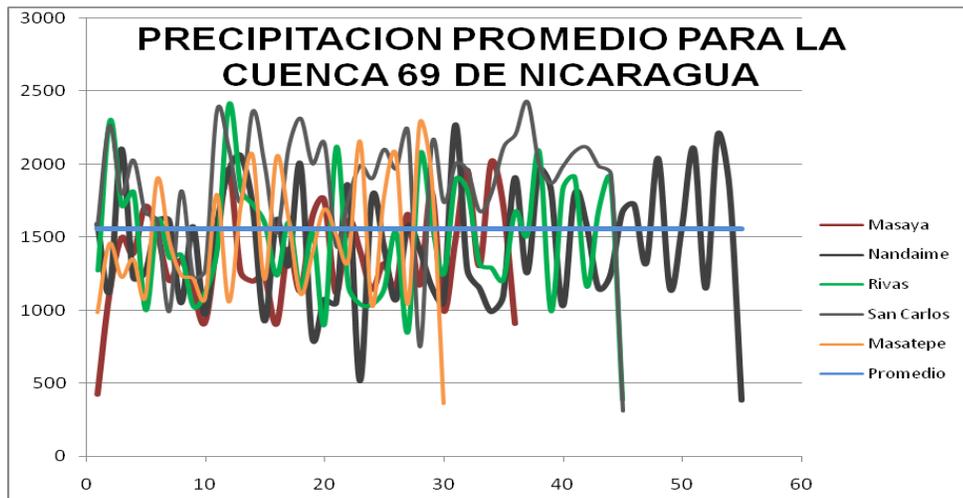
La estimación de la precipitación de la hoya 69 fue calculada por 2 métodos, los cuales son el método aritmético y el método de Thiessen, sin embargo se trabajó con el segundo, debido a que los resultados obtenidos son más acertados y apropiados para dicho estudio, por lo que en este caso se trabaja con 5 estaciones de dicha hoya.

Precipitación promedio de la cuenca 69- Rio San Juan de Nicaragua									
Estaciones			Método Aritmetico			Metodo de thiesen			
ID	Cod	Nombres	Ecuación	Precipitación Promedio por Estacion(Pi)	Precipitación Promedio de la Cuenca(mm)	Ecuación	Ai(km2)	Pi*Ai	Precipitación Promedio de la Cuenca(mm)
1	115	Masaya	$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$	1361	1522.82	$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot A_i}{\sum A_i}$	11296.0382	15373907.99	1558.524538
2	129	Masatepe		1472.6			766.9506139	1129411.474	
3	33	Nandaime		1451.9			1749.989222	2540809.352	
4	70	Rivas		1476			5515.013257	8140159.567	
5	90	San Carlos		1852.6			9993.558471	18514066.42	
			Σ	7614.1			29321.54977	45698354.81	

Tabla 9. Precipitación promedio de la hoya 69 de Nicaragua.

Fuente: elaboración propia

Se recurre a la gráfica de las precipitaciones de datos históricos de las 5 estaciones, graficando con la precipitación para la toda hoya. A continuación la gráfica de las todas las estaciones y la precipitación media.



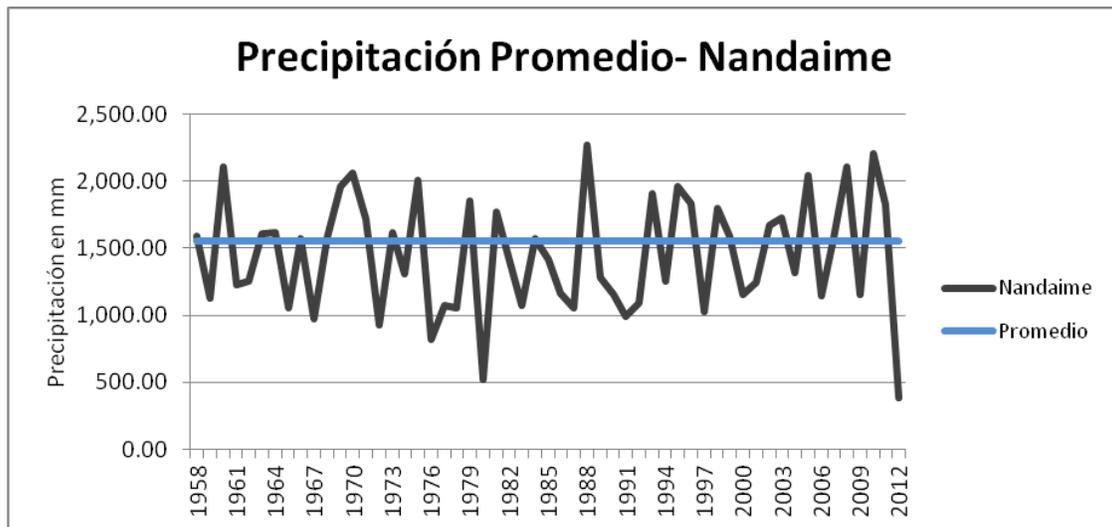
Grafica 7. Precipitación promedio para la Cuenca en estudio

Fuente: elaboración propia

Al obtener la precipitación media y graficarla, podemos analizar el comportamiento de las precipitaciones con respecto a esta medida, en la cuenca las mayoría de precipitaciones están por encima de la precipitación media, siendo mayores a esta. También siendo utilizada en la realización de cálculos posteriores, tomándose como parámetro estadístico.



Se realizó la gráfica de Precipitación Promedio por estación, teniendo como modelo la Estación de Nandaime, para el desarrollo de dicho estudio, por presentar mayor cantidad de datos históricos, las gráficas de las cuatro estaciones faltantes en anexos.



Gráfica 8. Precipitación promedio para la Estación Nandaime. Nota: Ver en anexo las gráficas de las estaciones faltantes.

Fuente: elaboración propia

En la figura se observa que hay valores de precipitación por debajo de la media para esta estación, presentando los valores más bajos en los años de 1980 y 2012. Sin embargo también se observan las precipitaciones por encima de la media, siendo los años donde ocurrieron los máximos eventos, sobresaliendo 1988, donde ocurrió el huracán Joan y 2010, la tormenta Agatha.

9.3 Identificar el grado de las alertas a partir de las precipitaciones.

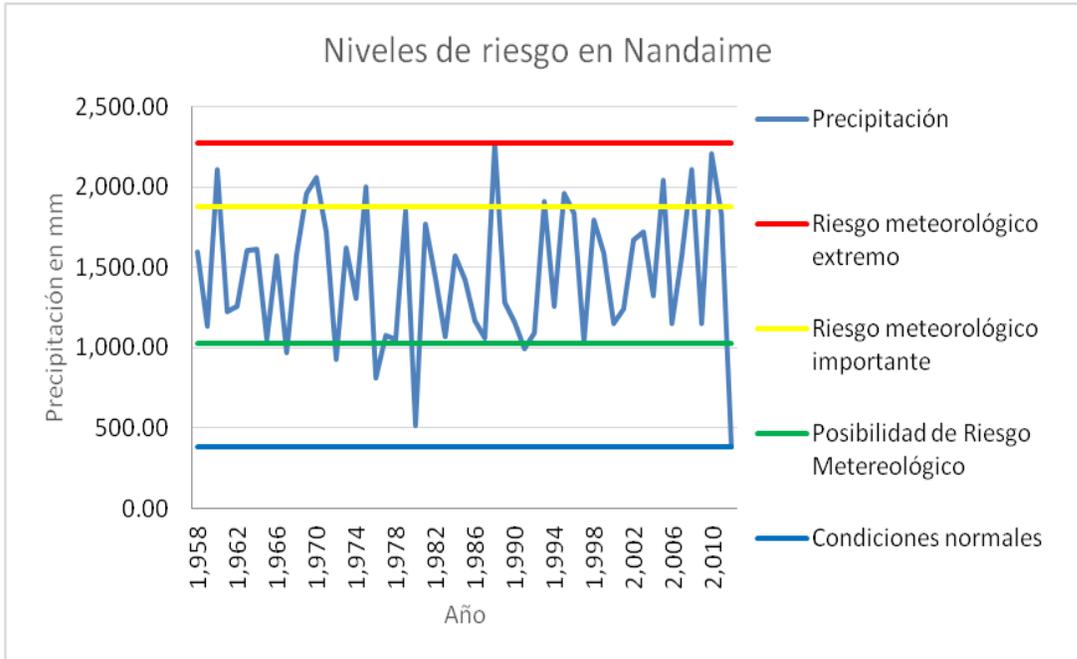
A partir de los datos de precipitación facilitados, se realizó un análisis estadístico, por medio de la media, desviación estándar, para obtener Rangos de discriminación por estación, y de esta manera clasificar las precipitaciones de acuerdo a las Alertas y sus respectivos colores utilizados para medir el nivel de Riesgo frente a un evento meteorológico, utilizado en INETER. Obteniendo Rangos de clasificación por estación.



Rangos de Colores de Alertas-Nandaime	
Condiciones Normales	385,1
Existencia de Posibilidad de riesgo meteorológico	1.024
Riesgo meteorológico Importante	1.879
Riesgo meteorológico extremo	2271,5

Tabla 10. Datos de Rangos de Alertas. Ver rangos y tablas de las estaciones faltantes en anexos.

Fuente: INETER-SINAPRED



Grafica 9, Niveles de Riesgo en Nandaime con respecto a datos históricos, ver figuras para estaciones faltantes en anexos.

Fuente: elaboración propia

9.4 Establecer las probabilidades de que ocurran los eventos en los rangos ya establecidos para este año.

En las siguientes tablas se presentan las Probabilidades de Ocurrencia con respecto a los rangos ya establecidos por estación, para saber cuántas



posibilidades hay de que un evento dentro de estos suceda, analizando para este año los rangos donde se presenta algún tipo de alerta meteorológica.

Probabilidades de ocurrencia para Estación Nandaime

P (385.1mm ≤ R ≤1024.34 mm)	P (1024.34 mm <R ≤1879.38mm)	P (1879.38 mm <R ≤ 2271.5mm)
Sea A evento	Sea B evento	Sea C evento
R ≥385.1mm y R ≤1024.34 mm	R >1024.34 mm y R ≤1879.38mm	R > 1879.38mm y R ≤ 2271.50mm
P(A) = (385.1mm ≤ R ≤1024.34 mm)	P(B) = (1024.34 mm <R ≤1879.38mm)	P(C) = (1879.38 mm <R ≤ 2271.5mm)
P= 1-P(R ≥385.1mm) – (R ≤1024.34 mm)	P= 1-P (R > 1024.34 mm) – (R ≤1879.38mm)	P= 1-P(R > 1879.38mm) – (R ≤2271.5mm)
n=55	n=55	n=55
n(A)=6	n(B)=39	n(C)=10
P(A)= 1-n(A)/n	P(B)= 1-n(B)/n	P(C)= 1-n(B)/n
P(A)= 1-(6/55)	P(B)= 1-(39/55)	P(C)= 1-(10/55)
P(A)= 0.8909	P(B)= 0.2909	P(C)= 0.8182
P(A)= 89%	P(B)= 29%	P(C)= 82%

Tabla 11. Probabilidades, ver de estaciones faltantes en Anexos.

Fuente: elaboración propia



10. VERIFICACIÓN DE LOS MODELOS ESTADÍSTICOS Y PROBABILÍSTICOS PARA ESTABLECER UN PRONÓSTICO DE PRECIPITACIÓN PARA LA HOYA EN ESTUDIO.

Ajuste a las precipitaciones a distintas funciones de distribución de probabilidad.

10.1 Verificación de ajuste para la estación Nandaime.

N	X	TR	P(x≥Xm)	Pe(x≤Xm)	Lognormal						
					y=lnx	(lnx-α)	(lnx-α) ²	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
1	2,271.50	56.00	0.0179	0.9821	7.7282	0.4983	0.2483	0.0001	(0.98)	(0.02)	0.18
2	2,205.20	28.00	0.0357	0.9643	7.6986	0.4687	0.2197	0.0001	(0.96)		
3	2,107.60	18.67	0.0536	0.9464	7.6533	0.4234	0.1793	0.0001	(0.95)		
4	2,106.90	14.00	0.0714	0.9286	7.6530	0.4231	0.1790	0.0001	(0.93)		
5	2,060.90	11.20	0.0893	0.9107	7.6309	0.4010	0.1608	0.0001	(0.91)		
6	2,043.00	9.33	0.1071	0.8929	7.6222	0.3923	0.1539	0.0001	(0.89)		
7	2,004.50	8.00	0.1250	0.8750	7.6031	0.3733	0.1393	0.0001	(0.87)		
8	1,961.70	7.00	0.1429	0.8571	7.5816	0.3517	0.1237	0.0001	(0.86)		
9	1,959.00	6.22	0.1607	0.8393	7.5802	0.3503	0.1227	0.0001	(0.84)		
10	1,910.40	5.60	0.1786	0.8214	7.5551	0.3252	0.1057	0.0002	(0.82)		
11	1,855.80	5.09	0.1964	0.8036	7.5261	0.2962	0.0877	0.0002	(0.80)		
12	1,835.20	4.67	0.2143	0.7857	7.5149	0.2850	0.0812	0.0002	(0.79)		
13	1,823.70	4.31	0.2321	0.7679	7.5086	0.2787	0.0777	0.0002	(0.77)		
14	1,796.40	4.00	0.2500	0.7500	7.4935	0.2636	0.0695	0.0002	(0.75)		
15	1,768.20	3.73	0.2679	0.7321	7.4777	0.2478	0.0614	0.0002	(0.73)		
16	1,724.00	3.50	0.2857	0.7143	7.4524	0.2225	0.0495	0.0002	(0.71)		
17	1,718.30	3.29	0.3036	0.6964	7.4491	0.2192	0.0480	0.0002	(0.70)		
18	1,671.70	3.11	0.3214	0.6786	7.4216	0.1917	0.0367	0.0002	(0.68)		
19	1,619.80	2.95	0.3393	0.6607	7.3901	0.1602	0.0257	0.0003	(0.66)		
20	1,616.20	2.80	0.3571	0.6429	7.3878	0.1579	0.0249	0.0003	(0.64)		
21	1,606.80	2.67	0.3750	0.6250	7.3820	0.1521	0.0231	0.0003	(0.62)		
22	1,592.10	2.55	0.3929	0.6071	7.3728	0.1429	0.0204	0.0003	(0.61)		
23	1,588.20	2.43	0.4107	0.5893	7.3704	0.1405	0.0197	0.0003	(0.59)		
24	1,582.10	2.33	0.4286	0.5714	7.3665	0.1366	0.0187	0.0003	(0.57)		
25	1,575.00	2.24	0.4464	0.5536	7.3620	0.1321	0.0175	0.0003	(0.55)		
26	1,572.50	2.15	0.4643	0.5357	7.3604	0.1305	0.0170	0.0003	(0.54)		
27	1,570.70	2.07	0.4821	0.5179	7.3593	0.1294	0.0167	0.0003	(0.52)		
28	1,440.70	2.00	0.5000	0.5000	7.2729	0.0430	0.0018	0.0003	(0.50)		
29	1,419.10	1.93	0.5179	0.4821	7.2578	0.0279	0.0008	0.0003	(0.48)		
30	1,321.90	1.87	0.5357	0.4643	7.1868	(0.0431)	0.0019	0.0004	(0.46)		
31	1,307.80	1.81	0.5536	0.4464	7.1761	(0.0538)	0.0029	0.0004	(0.45)		
32	1,279.50	1.75	0.5714	0.4286	7.1542	(0.0757)	0.0057	0.0004	(0.43)		
33	1,258.40	1.70	0.5893	0.4107	7.1376	(0.0923)	0.0085	0.0004	(0.41)		
34	1,256.90	1.65	0.6071	0.3929	7.1364	(0.0935)	0.0087	0.0004	(0.39)		
35	1,242.40	1.60	0.6250	0.3750	7.1248	(0.1051)	0.0110	0.0004	(0.37)		
36	1,225.10	1.56	0.6429	0.3571	7.1108	(0.1191)	0.0142	0.0004	(0.36)		
37	1,166.20	1.51	0.6607	0.3393	7.0615	(0.1684)	0.0284	0.0004	(0.34)		
38	1,155.70	1.47	0.6786	0.3214	7.0525	(0.1774)	0.0315	0.0004	(0.32)		
39	1,152.40	1.44	0.6964	0.3036	7.0496	(0.1803)	0.0325	0.0004	(0.30)		
40	1,152.20	1.40	0.7143	0.2857	7.0494	(0.1805)	0.0326	0.0004	(0.29)		
41	1,148.00	1.37	0.7321	0.2679	7.0458	(0.1841)	0.0339	0.0004	(0.27)		
42	1,132.80	1.33	0.7500	0.2500	7.0324	(0.1975)	0.0390	0.0003	(0.25)		
43	1,095.30	1.30	0.7679	0.2321	6.9988	(0.2311)	0.0534	0.0003	(0.23)		
44	1,076.40	1.27	0.7857	0.2143	6.9814	(0.2485)	0.0618	0.0003	(0.21)		
45	1,071.00	1.24	0.8036	0.1964	6.9763	(0.2536)	0.0643	0.0003	(0.20)		
46	1,058.10	1.22	0.8214	0.1786	6.9642	(0.2657)	0.0706	0.0003	(0.18)		
47	1,052.00	1.19	0.8393	0.1607	6.9584	(0.2715)	0.0737	0.0003	(0.16)		
48	1,051.90	1.17	0.8571	0.1429	6.9584	(0.2715)	0.0737	0.0003	(0.14)		
49	1,031.10	1.14	0.8750	0.1250	6.9384	(0.2915)	0.0850	0.0003	(0.12)		
50	991.80	1.12	0.8929	0.1071	6.8995	(0.3304)	0.1091	0.0003	(0.11)		
51	971.60	1.10	0.9107	0.0893	6.8789	(0.3510)	0.1232	0.0003	(0.09)		
52	927.80	1.08	0.9286	0.0714	6.8328	(0.3971)	0.1577	0.0003	(0.07)		
53	816.00	1.06	0.9464	0.0536	6.7044	(0.5255)	0.2761	0.0002	(0.05)		
54	517.70	1.04	0.9643	0.0357	6.2494	(0.9805)	0.9614	0.0000	(0.04)		
55	385.10	1.02	0.9821	0.0179	5.9535	(1.2764)	1.6292	0.0000	(0.02)		
Promedio	1451.86			Σlnx	397.64		6.32				
Maximo	2271.5		α=		7.23	Se acepta el ajuste					
Minimo	385.1		β=		0.339	No se acepta el ajuste					

Se acepta el ajuste

Tabla 12. Funciones de Distribución de Probabilidad.



PEARSON TIPO III							
$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$\Gamma(P) = (P-1)!$	$Pt(x \geq X_m)$	Δ desviación	Δ máx	Δ crítico $\alpha=0.05$
819.64	671809.73	550642127		1	-0.22927313	- 1.2114	Se acepta el ajuste
753.34	567521.156	427536387		1	-0.22542705	- 1.1897	
655.74	429994.948	281964887		2	-0.10993048	- 1.0564	
655.04	429077.402	281062861		6	-0.03663691	- 0.9652	
609.04	370929.722	225911038		24	-0.00905156	- 0.9198	
591.14	349446.5	206571804		120	-0.00180199	- 0.8947	
552.64	305410.97	168782318		720	-0.00029737	- 0.8753	
509.84	259936.826	132526191		5040	-4.2014E-05	- 0.8572	
507.14	257190.98	130431833		40320	-5.248E-06	- 0.8393	
458.54	210258.932	96412130.5		362880	-5.7582E-07	- 0.8214	
403.94	163167.524	65909889.5		3628800	-5.6772E-08	- 0.8036	
383.34	146949.556	56331642.6		39916800	-5.1335E-09	- 0.7857	
371.84	138264.986	51412452.2		479001600	-4.2651E-10	- 0.7679	
344.54	118707.812	40899589.4		6227020800	-3.2576E-11	- 0.7500	
316.34	100070.996	31656458.7		8.7178E+10	-2.3098E-12	- 0.7321	
272.14	74060.1796	20154737.3		1.3077E+12	-1.5222E-13	- 0.7143	
266.44	70990.2736	18914648.5		2.0923E+13	-9.4994E-15	- 0.6964	
219.84	48329.6256	10624784.9		3.5569E+14	-5.5201E-16	- 0.6786	
167.94	28203.8436	4736553.49		6.4024E+15	-3.0252E-17	- 0.6607	
164.34	27007.6356	4438434.83		1.2165E+17	-1.5907E-18	- 0.6429	
154.94	24006.4036	3719552.17		2.4329E+18	-7.9337E-20	- 0.6250	
140.24	19667.2576	2758136.21		5.1091E+19	-3.7634E-21	- 0.6071	
136.34	18588.5956	2534369.12		1.124E+21	-1.7089E-22	- 0.5893	
130.24	16962.4576	2209190.48		2.5852E+22	-7.4179E-24	- 0.5714	
123.14	15163.4596	1867228.42		6.2045E+23	-3.085E-25	- 0.5536	
120.64	14554.0096	1755795.72		1.5511E+25	-1.2332E-26	- 0.5357	
118.84	14122.9456	1678370.86		4.0329E+26	-4.7408E-28	- 0.5179	
(11.16)	124.5456	-1389.9289		1.0889E+28	-1.6964E-29	- 0.5000	
(32.76)	1073.2176	-35158.6086		3.0489E+29	-6.024E-31	- 0.4821	
(129.96)	16889.6016	-2194972.62		8.8418E+30	-2.0241E-32	- 0.4643	
(144.06)	20753.2836	-2989718.04		2.6525E+32	-6.7216E-34	- 0.4464	
(172.36)	29707.9696	-5120465.64		8.2228E+33	-2.1519E-35	- 0.4286	
(193.46)	37426.7716	-7240583.23		2.6313E+35	-6.6867E-37	- 0.4107	
(194.96)	38009.4016	-7410312.94		8.6833E+36	-2.0254E-38	- 0.3929	
(209.46)	43873.4916	-9189741.55		2.9523E+38	-5.9341E-40	- 0.3750	
(226.76)	51420.0976	-11660021.3		1.0333E+40	-1.6876E-41	- 0.3571	
(285.66)	81601.6356	-23310323.2		3.7199E+41	-4.6139E-43	- 0.3393	
(296.16)	87710.7456	-25976414.4		1.3764E+43	-1.2435E-44	- 0.3214	
(299.46)	89676.2916	-26854462.3		5.2302E+44	-3.2694E-46	- 0.3036	
(299.66)	89796.1156	-26908304		2.0398E+46	-8.3826E-48	- 0.2857	
(303.86)	92330.8996	-28055667.2		8.1592E+47	-2.0933E-49	- 0.2679	
(319.06)	101799.284	-32480079.4		3.3453E+49	-5.0846E-51	- 0.2500	
(356.56)	127135.034	-45331267.6		1.405E+51	-1.1984E-52	- 0.2321	
(375.46)	140970.212	-52928675.6		6.0415E+52	-2.7728E-54	- 0.2143	
(380.86)	145054.34	-55245395.8		2.6583E+54	-6.2925E-56	- 0.1964	
(393.76)	155046.938	-61051282.1		1.1962E+56	-1.3934E-57	- 0.1786	
(399.86)	159888.02	-63932823.5		5.5026E+57	-3.0242E-59	- 0.1607	
(399.96)	159968.002	-63980801.9		2.5862E+59	-6.4343E-61	- 0.1429	
(420.76)	177038.978	-74490920.2		1.2414E+61	-1.3329E-62	- 0.1250	
(460.06)	211655.204	-97374093		6.0828E+62	-2.6913E-64	- 0.1071	
(480.26)	230649.668	-110771809		3.0414E+64	-5.3531E-66	- 0.0893	
(524.06)	274638.884	-143927253		1.5511E+66	-1.0371E-67	- 0.0714	
(635.86)	404317.94	-257089605		8.0658E+67	-1.9342E-69	- 0.0536	
(934.16)	872654.906	-815199307		4.2749E+69	-3.359E-71	- 0.0357	
(1,066.76)	1137976.9	-1213948235		2.3084E+71	-5.9921E-73	- 0.0179	
	9869583.09	-441255672					
S=	427.516149						
Y=	-0.10267626						
β=	379.419731						
α=	21.9478796						
δ=	-6875.59855						

Continuacion tabla 13.



Gumbell				Normal				
Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	z=(x- \bar{x})/S	Pt(x≥Xm)	desviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
0,9531	-0,0290	0,16	0,18	1,9172	0,0635	(0,92)	0,12	0,18
0,9431	-0,0212			1,7621	0,0845	(0,88)		
0,9245	-0,0219			1,5338	0,1230	(0,82)		
0,9243	-0,0042			1,5322	0,1233	(0,81)		
0,9136	0,0029			1,4246	0,1446	(0,77)		
0,9091	0,0162			1,3827	0,1534	(0,74)		
0,8985	0,0235			1,2927	0,1730	(0,70)		
0,8855	0,0283			1,1926	0,1959	(0,66)		
0,8846	0,0453			1,1862	0,1974	(0,64)		
0,8677	0,0463			1,0726	0,2244	(0,60)		
0,8461	0,0425			0,9449	0,2553	(0,55)		
0,8371	0,0514			0,8967	0,2669	(0,52)		
0,8319	0,0641			0,8698	0,2733	(0,49)		
0,8190	0,0690			0,8059	0,2883	(0,46)		
0,8046	0,0725			0,7399	0,3034	(0,43)		
0,7802	0,0659			0,6366	0,3258	(0,39)		
0,7769	0,0805			0,6232	0,3285	(0,37)		
0,7480	0,0694			0,5142	0,3495	(0,33)		
0,7123	0,0516			0,3928	0,3693	(0,29)		
0,7097	0,0668			0,3844	0,3705	(0,27)		
0,7028	0,0778			0,3624	0,3736	(0,25)		
0,6917	0,0845			0,3280	0,3780	(0,23)		
0,6887	0,0994			0,3189	0,3792	(0,21)		
0,6840	0,1125			0,3046	0,3809	(0,19)		
0,6784	0,1248			0,2880	0,3827	(0,17)		
0,6764	0,1407			0,2822	0,3834	(0,15)		
0,6750	0,1571			0,2780	0,3838	(0,13)		
0,5596	0,0596			-0,0261	0,3988	(0,10)		
0,5382	0,0561			-0,0766	0,3978	(0,08)		
0,4364	-0,0279			-0,3040	0,3809	(0,08)		
0,4211	-0,0254	Se acepta el ajuste		-0,3370	0,3769	(0,07)	Se acepta el ajuste	
0,3900	-0,0386			-0,4032	0,3678	(0,06)		
0,3667	-0,0440			-0,4525	0,3601	(0,05)		
0,3651	-0,0278			-0,4560	0,3595	(0,03)		
0,3491	-0,0259			-0,4899	0,3538	(0,02)		
0,3300	-0,0271			-0,5304	0,3466	(0,01)		
0,2664	-0,0729			-0,6682	0,3191	(0,02)		
0,2553	-0,0661			-0,6927	0,3138	(0,01)		
0,2519	-0,0517			-0,7005	0,3122	0,01		
0,2517	-0,0340			-0,7009	0,3121	0,03		
0,2473	-0,0205			-0,7108	0,3099	0,04		
0,2317	-0,0183			-0,7463	0,3020	0,05		
0,1947	-0,0375			-0,8340	0,2817	0,05		
0,1770	-0,0373			-0,8782	0,2713	0,06		
0,1720	-0,0244			-0,8909	0,2683	0,07		
0,1605	-0,0181			-0,9210	0,2610	0,08		
0,1552	-0,0056			-0,9353	0,2576	0,10		
0,1551	0,0122			-0,9355	0,2575	0,11		
0,1375	0,0125			-0,9842	0,2458	0,12		
0,1073	0,0002			-1,0761	0,2236	0,12		
0,0933	0,0040			-1,1234	0,2123	0,12		
0,0669	-0,0045			-1,2258	0,1882	0,12		
0,0228	-0,0308			-1,4873	0,1320	0,08		
0,0001	-0,0356			-2,1851	0,0367	0,00		
0,0000	-0,0179			-2,4953	0,0177	(0,00)		
d=	0,0030							
μ=	1259,4576							

Continuacion Tabla 13. (Fuente propia)



10.2 Resumen de Ajuste de Precipitaciones.

Tabla de Métodos de distribuciones para las Precipitaciones										
ID	Estaciones	Δ crítico $\alpha=0.05$	Lognormal		Normal		Gumbel		Pearson Tipo III	
			Δ máx	Ajuste	Δ máx	Ajuste	Δ máx	Ajuste	Δ máx	Ajuste
1	Nandaime	0.18	0.02	Aceptado	0.12	Aceptado	0.16	Aceptado	-0.02	Aceptado
2	Masaya		0.03	Aceptado	0.15	Aceptado	0.08	Aceptado	-0.03	Aceptado
3	Masatepe		0.03	Aceptado	0.15	Aceptado	0.1	Aceptado	-0.03	Aceptado
4	Rivas		0.02	Aceptado	0.12	Aceptado	0.11	Aceptado	-0.02	Aceptado
5	San Carlos		0.02	Aceptado	0.15	Aceptado	0.21	No aceptado	-0.02	Aceptado

Tabla 13. Resumen de ajustes de precipitación.

Fuente: elaboración propia

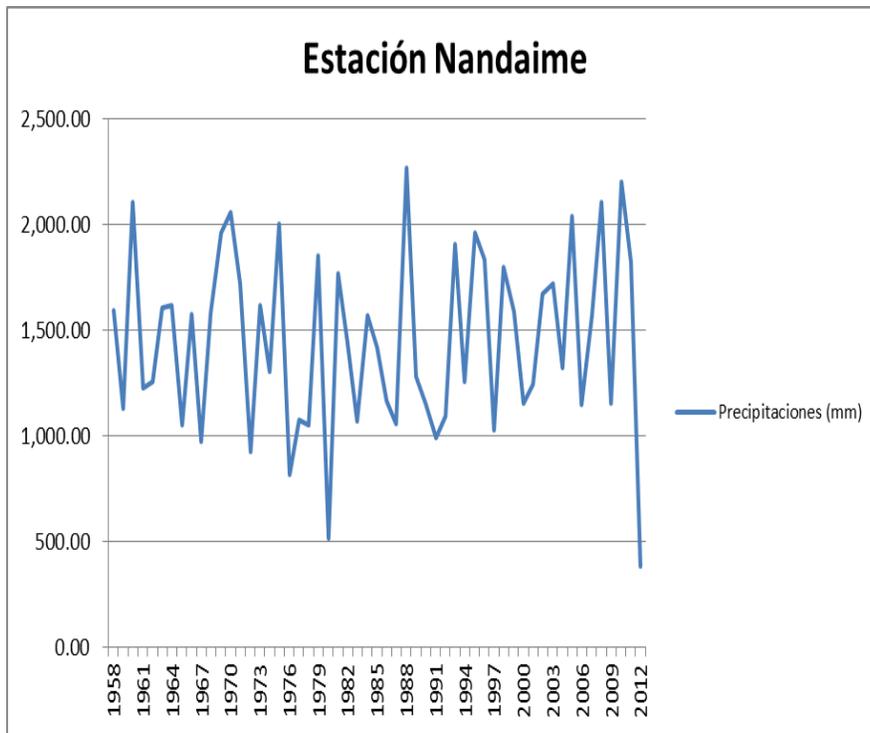
ID	Estaciones	\bar{X}	S	Parámetros por cada Función estudiada							
				Log Normal		Normal	Gumbel		Pearson Tipo III		
				α	β	-	μ	d	β	α	δ
1	Nandaime	1451.86	427.5	7.2298991	0.339	-	1259.46	0.003000006	379.42	21.94788	-6875.59855
2	Masaya	1361.03	343.2	7.1793506	0.2882	-	1206.58	0.003737217	191.3	24.812722	-3385.52589
3	Masatepe	1472.58	438.8	7.2415755	0.3539	-	1275.12	0.002923136	362.68	23.039083	-6883.18492
4	Rivas	1475.96	419.7	7.2509206	0.3227	-	1287.06	0.003055602	13807	3.5720802	-47845.3504
5	San Carlos	1852.55	421.1	7.4815699	0.3405	-	1663.03	0.003045653	1.5869	334.28922	1322.07464

Tabla 14. Parámetros por cada función.

Fuente: elaboración propia

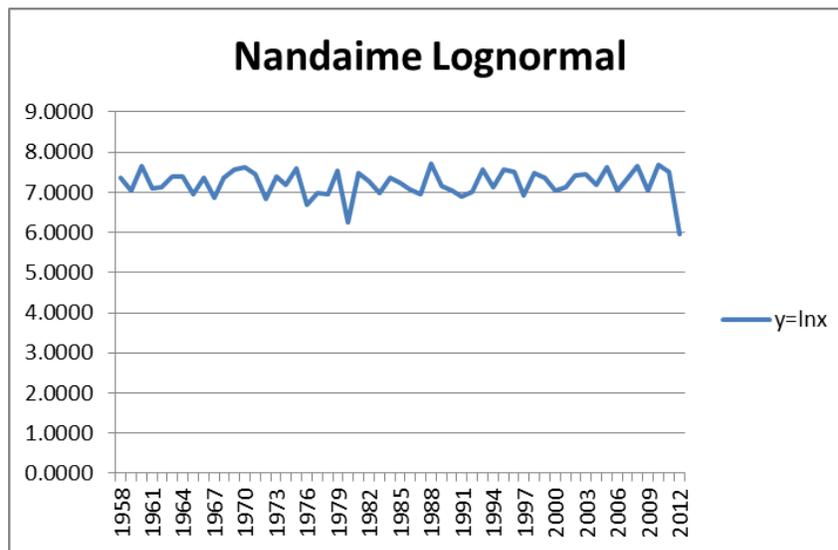
Al realizar los ajustes por las distribuciones de Probabilidad antes expuesta, a como se observa en la tabla de Resumen, todas se ajustan bien a estas, a excepción de la Estación San Carlos que no se logra el ajuste por medio de la distribución de Gumbel.





Grafica 10 Grafica de precipitación de Datos originales de Nandaime.

Fuente: elaboración propia



Grafica 11. Grafica de Datos ajustados a Logaritmo, Distribución LogNormal.

Fuente: elaboración propia



11 .Modelo del pronóstico seleccionado para la hoya en estudio.

En el desarrollo de este acápite se recurrió a la realización de la Modelación hidrológica estocástica de nuestra propuesta de pronóstico para la hoya 69 de Nicaragua.

Se generaron los datos de precipitación para eventos futuros utilizando el método de ARMA (Modelo Auto regresivo de medias móviles), calculando los parámetros para este, generando datos por estación de igual cantidad que los originales.

11.1 Modelo Auto regresivo de medias móviles – ARMA

➤ Estación Nandaime

A continuación la tabla de Datos iniciales para la realización de los respectivos cálculos para la generación de Datos de la Estación Nandaime.

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Nandaime						
Año	N	Suma x_i		Promedio \bar{x}_i	$(x_i - \bar{x})$	$((x_i - \bar{x}))^2$
1958	1	1592,1	-	1451,86	= 140,24	19667,26
1959	2	1132,8	-	1451,86	= -319,06	101799,28
1960	3	2106,9	-	1451,86	= 655,04	429077,40
1961	4	1225,1	-	1451,86	= -226,76	51420,10
1962	5	1258,4	-	1451,86	= -193,46	37426,77
1963	6	1606,8	-	1451,86	= 154,94	24006,40
1964	7	1616,2	-	1451,86	= 164,34	27007,64
1965	8	1051,9	-	1451,86	= -399,96	159968,00
1966	9	1575	-	1451,86	= 123,14	15163,46
1967	10	971,6	-	1451,86	= -480,26	230649,67
1968	11	1582,1	-	1451,86	= 130,24	16962,46
1969	12	1959	-	1451,86	= 507,14	257190,98
1970	13	2060,9	-	1451,86	= 609,04	370929,72
1971	14	1718,3	-	1451,86	= 266,44	70990,27
1972	15	927,8	-	1451,86	= -524,06	274638,88
1973	16	1619,8	-	1451,86	= 167,94	28203,84
1974	17	1307,8	-	1451,86	= -144,06	20753,28
1975	18	2004,5	-	1451,86	= 552,64	305410,97
1976	19	816	-	1451,86	= -635,86	404317,94

Tabla 15. Modelo de Autoregresión de Nandaime



Fuente: elaboración propia

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Nandaime							
1977	20	1076,4	-	1451,86	=	-375,46	140970,21
1978	21	1052	-	1451,86	=	-399,86	159888,02
1979	22	1855,8	-	1451,86	=	403,94	163167,52
1980	23	517,7	-	1451,86	=	-934,16	872654,91
1981	24	1768,2	-	1451,86	=	316,34	100071,00
1982	25	1440,7	-	1451,86	=	-11,16	124,55
1983	26	1071	-	1451,86	=	-380,86	145054,34
1984	27	1572,5	-	1451,86	=	120,64	14554,01
1985	28	1419,1	-	1451,86	=	-32,76	1073,22
1986	29	1166,2	-	1451,86	=	-285,66	81601,64
1987	30	1058,1	-	1451,86	=	-393,76	155046,94
1988	31	2271,5	-	1451,86	=	819,64	671809,73
1989	32	1279,5	-	1451,86	=	-172,36	29707,97
1990	33	1155,7	-	1451,86	=	-296,16	87710,75
1991	34	991,8	-	1451,86	=	-460,06	211655,20
1992	35	1095,3	-	1451,86	=	-356,56	127135,03
1993	36	1910,4	-	1451,86	=	458,54	210258,93
1994	37	1256,9	-	1451,86	=	-194,96	38009,40
1995	38	1961,7	-	1451,86	=	509,84	259936,83
1996	39	1835,2	-	1451,86	=	383,34	146949,56
1997	40	1031,1	-	1451,86	=	-420,76	177038,98
1998	41	1796,4	-	1451,86	=	344,54	118707,81
1999	42	1588,2	-	1451,86	=	136,34	18588,60
2000	43	1152,4	-	1451,86	=	-299,46	89676,29
2001	44	1242,4	-	1451,86	=	-209,46	43873,49
2002	45	1671,7	-	1451,86	=	219,84	48329,63
2003	46	1724	-	1451,86	=	272,14	74060,18
2004	47	1321,9	-	1451,86	=	-129,96	16889,60
2005	48	2043	-	1451,86	=	591,14	349446,50
2006	49	1148	-	1451,86	=	-303,86	92330,90
2007	50	1570,7	-	1451,86	=	118,84	14122,95
2008	51	2107,6	-	1451,86	=	655,74	429994,95
2009	52	1152,2	-	1451,86	=	-299,66	89796,12
2010	53	2205,2	-	1451,86	=	753,34	567521,16
2011	54	1823,7	-	1451,86	=	371,84	138264,99
2012	55	385,1	-	1451,86	=	-1066,76	1137976,90
	Σ	79852,3					9869583,09

Continuación. Tabla 18. Modelo de Autoregresión Nandaime.

Fuente: elaboración propia



Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Nandaime						
Año	N	Suma Acumula(x _i)	Promedio de suma acumulada (X _{i+k})	(X _{i+k} - \bar{X})	(X _{i+k} - \bar{X}) ²	
1958	1	1592,1 -	40346,48 =	-38754,38	1501901969	
1959	2	2724,9 -	40346,48 =	-37621,58	1415383282	
1960	3	4831,8 -	40346,48 =	-35514,68	1261292496	
1961	4	6056,9 -	40346,48 =	-34289,58	1175775297	
1962	5	7315,3 -	40346,48 =	-33031,18	1091058852	
1963	6	8922,1 -	40346,48 =	-31424,38	987491658,4	
1964	7	10538,3 -	40346,48 =	-29808,18	888527594,9	
1965	8	11590,2 -	40346,48 =	-28756,28	826923639,4	
1966	9	13165,2 -	40346,48 =	-27181,28	738821982,4	
1967	10	14136,8 -	40346,48 =	-26209,68	686947325,7	
1968	11	15718,9 -	40346,48 =	-24627,58	606517696,7	
1969	12	17677,9 -	40346,48 =	-22668,58	513864519,2	
1970	13	19738,8 -	40346,48 =	-20607,68	424676475	
1971	14	21457,1 -	40346,48 =	-18889,38	356808676,8	
1972	15	22384,9 -	40346,48 =	-17961,58	322618356,1	
1973	16	24004,7 -	40346,48 =	-16341,78	267053773,6	
1974	17	25312,5 -	40346,48 =	-15033,98	226020554,6	
1975	18	27317 -	40346,48 =	-13029,48	169767349,1	
1976	19	28133 -	40346,48 =	-12213,48	149169093,7	

Continuación. Tabla 18. Modelo de Autoregresión Nandaime.

Fuente: elaboración propia



Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Nandaime							
1977	20	29209,40	-	40346,48	=	-11137,08	124034550,93
1978	21	30261,40	-	40346,48	=	-10085,08	101708838,61
1979	22	32117,20	-	40346,48	=	-8229,28	67721049,32
1980	23	32634,90	-	40346,48	=	-7711,58	59468466,10
1981	24	34403,10	-	40346,48	=	-5943,38	35323765,82
1982	25	35843,80	-	40346,48	=	-4502,68	20274127,18
1983	26	36914,80	-	40346,48	=	-3431,68	11776427,62
1984	27	38487,30	-	40346,48	=	-1859,18	3456550,27
1985	28	39906,40	-	40346,48	=	-440,08	193670,41
1986	29	41072,60	-	40346,48	=	726,12	527250,25
1987	30	42130,70	-	40346,48	=	1784,22	3183441,01
1988	31	44402,20	-	40346,48	=	4055,72	16448864,72
1989	32	45681,70	-	40346,48	=	5335,22	28464572,45
1990	33	46837,40	-	40346,48	=	6490,92	42132042,45
1991	34	47829,20	-	40346,48	=	7482,72	55991098,60
1992	35	48924,50	-	40346,48	=	8578,02	73582427,12
1993	36	50834,90	-	40346,48	=	10488,42	110006954,10
1994	37	52091,80	-	40346,48	=	11745,32	137952541,90
1995	38	54053,50	-	40346,48	=	13707,02	187882397,28
1996	39	55888,70	-	40346,48	=	15542,22	241560602,53
1997	40	56919,80	-	40346,48	=	16573,32	274674935,82
1998	41	58716,20	-	40346,48	=	18369,72	337446612,88
1999	42	60304,40	-	40346,48	=	19957,92	398318570,73
2000	43	61456,80	-	40346,48	=	21110,32	445645610,50
2001	44	62699,20	-	40346,48	=	22352,72	499644091,40
2002	45	64370,90	-	40346,48	=	24024,42	577172756,34
2003	46	66094,90	-	40346,48	=	25748,42	662981132,50
2004	47	67416,80	-	40346,48	=	27070,32	732802224,90
2005	48	69459,80	-	40346,48	=	29113,32	847585401,42
2006	49	70607,80	-	40346,48	=	30261,32	915747488,14
2007	50	72178,50	-	40346,48	=	31832,02	1013277497,28
2008	51	74286,10	-	40346,48	=	33939,62	1151897805,74
2009	52	75438,30	-	40346,48	=	35091,82	1231435830,91
2010	53	77643,50	-	40346,48	=	37297,02	1391067700,88
2011	54	79467,20	-	40346,48	=	39120,72	1530430733,32
2012	55	79852,30	-	40346,48	=	39505,82	1560709813,87
	Σ	2219056,40					28503148436,05

Continuación. Tabla 18. Modelo de Autoregresión Nandaime.

Fuente: elaboración propia



\bar{Q} = Media σ = Es la desviación estándar o típica σx^2 = Varianza de la serie original.	Suma	Suma Acumulada
	1451.86	40346.48
Coefficiente de Variación	427.5161485	22974.6835
	182770.0573	527836082.1
γ_k = covarianza $\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma x^2} = \frac{\gamma_k}{\sigma x_i \cdot \sigma x_{i+k}}$	0.233909293	0.004352617
	533411.8987	
	0.054307603	

Tabla 16. Parámetros para la aplicación del Método

Fuente: elaboración propia

Una vez que se realizan los cálculos planteados en la tabla 15, y se obtienen los parámetros de la tabla 16, se recurre a la aplicación de la ecuación:

$$Q_i = \bar{Q} + \rho(Q_{i-1} - \bar{Q}) + t_i \sigma \sqrt{(1 - \rho^2)}$$

para la generación de los datos de precipitación para eventos futuros.

A continuación los datos de generación sintética de una serie temporal de datos, para 55 años –Estación Nandaime

N	Años	ti	Qi
1	2013	0,9238	1788,3
2	2014	0,9176	1861,84
3	2015	0,4668	1673,41
4	2016	0,2798	1583,34
5	2017	0,6482	1735,7
6	2018	0,9824	1886,64
7	2019	0,8697	1846,73
8	2020	0,6472	1749,57
9	2021	0,8128	1814,99
10	2022	0,0204	1480,31
11	2023	0,1772	1529,03
12	2024	0,9723	1871,1
13	2025	0,9468	1878,81
14	2026	0,8236	1826,63
15	2027	0,7264	1782,29
16	2028	0,4655	1668,53
17	2029	0,078	1496,91
18	2030	0,8293	1808,32

Tabla 17. Datos generados para 55 años estación Nandaime.



N	Años	ti	Qi
19	2031	0,7331	1784,16
20	2032	0,7661	1796,95
21	2033	0,6501	1748,13
22	2034	0,022	1477,34
23	2035	0,6922	1748,75
24	2036	0,2266	1564,71
25	2037	0,3375	1602,07
26	2038	0,3959	1629,02
27	2039	0,7174	1767,72
28	2040	0,7564	1791,91
29	2041	0,5096	1687,88
30	2042	0,6611	1746,88
31	2043	0,8919	1848,62
32	2044	0,8871	1852,11
33	2045	0,1955	1557,06
34	2046	0,1811	1534,9
35	2047	0,5772	1702,78
36	2048	0,1514	1530,14
37	2049	0,8811	1832,24
38	2050	0,7484	1792
39	2051	0,3051	1600,57
40	2052	0,8568	1825,7
41	2053	0,9634	1883,41
42	2054	0,0565	1499,42
43	2055	0,0905	1493,1
44	2056	0,1699	1526,61
45	2057	0,7704	1784,8
46	2058	0,2489	1576,18
47	2059	0,0689	1488,03
48	2060	0,8531	1818
49	2061	0,6011	1728,34
50	2062	0,1894	1547,72
51	2063	0,8742	1830,24
52	2064	0,2613	1583,95
53	2065	0,2791	1578,17
54	2066	0,1919	1540,63
55	2067	0,5528	1692,66

Continuación Tabla 18.

Fuente: elaboración propia



De esta manera se obtienen los datos generados para las 5 estaciones en estudio, siempre considerando que las probabilidades de ocurrencia estén $N(0,1)$, con varianza 0 y media 1.

11.2 Datos de Precipitación Generados para la hoya 69 de Nicaragua

A continuación la tabla de Datos generados para toda la hoya.

DATOS DE PRECIPITACION GENERADOS PARA LA HOYA 69						
ID	AÑOS	Nandaime	Rivas	Masaya	Masatepe	San Carlos
1	2013	1788,3036	1940,8234	1311,8306	1519,3721	2131,8855
2	2014	1861,8432	1635,7122	1413,9476	1654,7554	2286,7354
3	2015	1673,4129	1623,9967	1502,6012	1820,1032	2034,2952
4	2016	1583,3447	1839,9678	1611,1952	1557,4333	2072,1604
5	2017	1735,6991	1515,3065	1575,1989	1651,4880	1897,1284
6	2018	1886,6408	1888,3867	1597,4034	1730,9939	1890,8674
7	2019	1846,7276	1549,3680	1439,7575	1570,2420	2058,5007
8	2020	1749,5741	1576,6616	1473,9312	1770,3831	2069,1200
9	2021	1814,9889	1818,4677	1708,6067	1835,8386	2022,9010
10	2022	1480,3065	1538,4518	1711,3346	1749,8588	2098,6774
11	2023	1529,0346	1744,6125	1642,0304	1852,5663	2106,7026
12	2024	1871,1045	1862,3398	1711,5131	1651,8728	2284,2752
13	2025	1878,8057	1467,1063	1686,0206	1840,2623	1962,6922
14	2026	1826,6343	1570,0222	1717,8829	1639,6578	2101,1453
15	2027	1782,2850	1883,6346	1530,5095	1834,7120	2028,9031
16	2028	1668,5336	1606,3291	1653,4151	1806,4266	1911,2953
17	2029	1496,9071	1667,7600	1530,2145	1551,9031	1923,2843
18	2030	1808,3239	1841,4819	1610,3344	1576,6766	2093,5785
19	2031	1784,1589	1780,0864	1454,8649	1705,8182	2051,6768
20	2032	1796,9549	1492,8475	1599,5118	1639,0437	2113,8530
21	2033	1748,1286	1740,5849	1693,1340	1632,9470	2174,6822
22	2034	1477,3369	1616,3952	1493,0923	1903,1336	1950,9058
23	2035	1748,7488	1807,8829	1520,7909	1861,0833	1996,2034
24	2036	1564,7083	1584,9579	1496,5327	1641,4770	2167,7894

Tabla 18. Resumen de Datos generados para toda la hoya

Fuente: elaboración propia



DATOS DE PRECIPITACION GENERADOS PARA LA HOYA 69						
ID	AÑOS	Nandaime	Rivas	Masaya	Masatepe	San Carlos
25	2037	1602,0745	1520,9474	1554,9299	1633,1670	2266,1061
26	2038	1629,0189	1846,9491	1563,0338	1512,1081	2283,1727
27	2039	1767,7152	1861,5375	1542,8570	1505,8283	2000,2836
28	2040	1791,9118	1830,1516	1615,3339	1893,9272	1981,4596
29	2041	1687,8793	1633,0543	1495,6059	1957,8559	1963,8677
30	2042	1746,8784	1598,9916	1504,1118	1841,2663	2147,8248
31	2043	1848,6249	1698,6500	1628,7171		2230,9053
32	2044	1852,1071	1740,1364	1756,2711		2211,3672
33	2045	1557,0557	1736,1789	1797,1740		2284,6606
34	2046	1534,9001	1792,9434	1532,0086		2103,5552
35	2047	1702,7826	1838,0731	1594,7642		1883,2155
36	2048	1530,1355	1565,0590	1660,9779		1932,4016
37	2049	1832,2441	1860,1213			2127,9674
38	2050	1791,9994	1508,3348			1999,5649
39	2051	1600,5666	1627,1877			1992,0855
40	2052	1825,6987	1704,1531			2232,8716
41	2053	1883,4083	1778,8821			1971,3566
42	2054	1499,4239	1684,9552			1961,0435
43	2055	1493,0955	1479,3028			1932,6643
44	2056	1526,6147	1827,9081			2205,4262
45	2057	1784,8033	1710,1526			2169,9045
46	2058	1576,1817				
47	2059	1488,0315				
48	2060	1818,0039				
49	2061	1728,3415				
50	2062	1547,7229				
51	2063	1830,2435				
52	2064	1583,9507				
53	2065	1578,1676				
54	2066	1540,6265				
55	2067	1692,6569				

Continuación: Tabla 25. Resumen de Datos generados para toda la Cuenca

Fuente: elaboración propia



11.3 Ajuste de Curvas para Datos Generados por Función Sinusoide

Procedemos a ajustar los datos generados por medio de la función sinusoide, para analizar el comportamiento de estos por las gráficas correspondientes.

Tabla de Periodos y de frecuencias.

TR	$f=1/T$	$w_0=2\pi f$
5	0,2	1,2566
10	0,1	0,6283
15	0,07	0,4189
20	0,05	0,3142

Tabla 19. Periodos de retorno de cada 5 años.

Fuente: elaboración propia

11.4 Ajuste de datos para la estación modelo Nandaime

NANDAIME-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			ycos(wot)	ysen (wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)
1958	1	1592,10	491,99	1514,18	1288,04	935,81	1454,46	647,57	1514,18	491,99
1959	2	1132,80	-916,45	665,84	350,05	1077,36	757,99	841,83	916,45	665,84
1960	3	2106,90	-1704,52	-1238,40	-651,07	2003,78	651,07	2003,78	1238,40	1704,52
1961	4	1225,10	378,58	-1165,14	-991,13	720,10	-128,06	1218,39	378,58	1165,14
1962	5	1258,40	1258,40	0,00	-1258,40	0,00	-629,20	1089,81	0,00	1258,40
1963	6	1606,80	496,53	1528,16	-1299,93	-944,45	-1299,93	944,45	-496,53	1528,16
1964	7	1616,20	-1307,53	949,98	-499,43	-1537,10	-1580,88	336,03	-949,98	1307,53
1965	8	1051,90	-851,00	-618,29	325,05	-1000,42	-1028,91	-218,70	-851,00	618,29
1966	9	1575,00	486,70	-1497,91	1274,20	-925,76	-1274,20	-925,76	-1497,91	486,70
1967	10	971,60	971,60	0,00	971,60	0,00	-485,80	-841,43	-971,60	0,00
1968	11	1582,10	488,90	1504,67	1279,95	929,94	-165,37	-1573,43	-1504,67	-488,90
1969	12	1959,00	-1584,86	1151,47	605,36	1863,12	605,36	-1863,12	-1584,86	-1151,47
1970	13	2060,90	-1667,30	-1211,37	-636,85	1960,03	1379,01	-1531,55	-1211,37	-1667,30
1971	14	1718,30	530,98	-1634,20	-1390,13	1009,99	1569,75	-698,90	-530,98	-1634,20
1972	15	927,80	927,80	0,00	-927,80	0,00	927,80	0,00	0,00	-927,80
1973	16	1619,80	500,55	1540,52	-1310,45	-952,09	1479,76	658,83	500,55	-1540,52
1974	17	1307,80	-1058,03	768,71	-404,13	-1243,79	875,09	971,88	768,71	-1058,03
1975	18	2004,50	-1621,67	-1178,22	619,42	-1906,39	619,42	1906,39	1621,67	-1178,22
1976	19	816,00	252,16	-776,06	660,16	-479,63	-85,30	811,53	776,06	-252,16

Tabla 20. Ajustes de curva para Estación Nandaime.

Fuente: elaboración propia



NANDAIME-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)
1977	20	1076,40	1076,40	0,00	1076,40	0,00	-538,20	932,19	1076,40	0,00
1978	21	1052,00	325,09	1000,51	851,09	618,35	-851,09	618,35	1000,51	325,09
1979	22	1855,80	-1501,37	1090,81	573,47	1764,97	-1815,25	385,84	1501,37	1090,81
1980	23	517,70	-418,83	-304,30	-159,98	492,36	-506,39	-107,64	304,30	418,83
1981	24	1768,20	546,40	-1681,66	-1430,50	1039,32	-1430,50	-1039,32	546,40	1681,66
1982	25	1440,70	1440,70	0,00	-1440,70	0,00	-720,35	-1247,68	0,00	1440,70
1983	26	1071,00	330,96	1018,58	-866,46	-629,52	-111,95	-1065,13	-330,96	1018,58
1984	27	1572,50	-1272,18	924,29	-485,93	-1495,54	485,93	-1495,54	-924,29	1272,18
1985	28	1419,10	-1148,08	-834,13	438,53	-1349,64	949,56	-1054,60	-1148,08	834,13
1986	29	1166,20	360,38	-1109,12	943,48	-685,48	1065,38	-474,34	-1109,12	360,38
1987	30	1058,10	1058,10	0,00	1058,10	0,00	1058,10	0,00	-1058,10	0,00
1988	31	2271,50	701,93	2160,32	1837,68	1335,15	2075,12	923,90	-2160,32	-701,93
1989	32	1279,50	-1035,14	752,07	395,39	1216,88	856,15	950,85	-1035,14	-752,07
1990	33	1155,70	-934,98	-679,30	-357,13	1099,14	357,13	1099,14	-679,30	-934,98
1991	34	991,80	306,48	-943,26	-802,38	582,97	-103,67	986,37	-306,48	-943,26
1992	35	1095,30	1095,30	0,00	-1095,30	0,00	-547,65	948,56	0,00	-1095,30
1993	36	1910,40	590,35	1816,90	-1545,55	-1122,90	-1545,55	1122,90	590,35	-1816,90
1994	37	1256,90	-1016,85	738,79	-388,40	-1195,38	-1229,43	261,32	738,79	-1016,85
1995	38	1961,70	-1587,05	-1153,06	606,20	-1865,69	-1918,83	-407,86	1587,05	-1153,06
1996	39	1835,20	567,11	-1745,38	1484,71	-1078,70	-1484,71	-1078,70	1745,38	-567,11
1997	40	1031,10	1031,10	0,00	1031,10	0,00	-515,55	-892,96	1031,10	0,00
1998	41	1796,40	555,12	1708,48	1453,32	1055,90	-187,77	-1786,56	1708,48	555,12
1999	42	1588,20	-1284,88	933,52	490,78	1510,47	490,78	-1510,47	1284,88	933,52
2000	43	1152,40	-932,31	-677,36	-356,11	1096,00	771,11	-856,40	677,36	932,31
2001	44	1242,40	383,92	-1181,59	-1005,12	730,26	1134,99	-505,33	383,92	1181,59
2002	45	1671,70	1671,70	0,00	-1671,70	0,00	1671,70	0,00	0,00	1671,70
2003	46	1724,00	532,75	1639,62	-1394,75	-1013,34	1574,95	701,21	-532,75	1639,62
2004	47	1321,90	-1069,44	776,99	-408,49	-1257,20	884,52	982,36	-776,99	1069,44
2005	48	2043,00	-1652,82	-1200,85	631,32	-1943,01	631,32	1943,01	-1652,82	1200,85
2006	49	1148,00	354,75	-1091,81	928,75	-674,78	-120,00	1141,71	-1091,81	354,75
2007	50	1570,70	1570,70	0,00	1570,70	0,00	-785,35	1360,27	-1570,70	0,00
2008	51	2107,60	651,28	2004,45	1705,08	1238,82	-1705,08	1238,82	-2004,45	-651,28
2009	52	1152,20	-932,15	677,25	356,05	1095,81	-1127,02	239,56	-932,15	-677,25
2010	53	2205,20	-1784,04	-1296,18	-681,44	2097,27	-2157,01	-458,49	-1296,18	-1784,04
2011	54	1823,70	563,55	-1734,44	-1475,40	1071,94	-1475,40	-1071,94	-563,55	-1734,44
2012	55	385,10	385,10	0,00	-385,10	0,00	-192,55	-333,51	0,00	-385,10
2013	56	1788,30	552,62	1700,78	-1446,77	-1051,14	-186,93	-1778,51	552,62	-1700,78

Continuación tabla 21.



NANDAIME-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)
2014	57	1861,84	-1506,26	1094,36	-575,34	-1770,72	575,34	-1770,72	1094,36	-1506,26
2015	58	1673,41	-1353,82	-983,61	517,11	-1591,51	1119,73	-1243,59	1353,82	-983,61
2016	59	1583,34	489,28	-1505,85	1280,95	-930,67	1446,46	-644,00	1505,85	-489,28
2017	60	1735,70	1735,70	0,00	1735,70	0,00	1735,70	0,00	1735,70	0,00
2018	61	1886,64	583,00	1794,30	1526,32	1108,94	1723,53	767,37	1794,30	583,00
2019	62	1846,73	-1494,03	1085,48	570,67	1756,34	1235,70	1372,39	1494,03	1085,48
2020	63	1749,57	-1415,44	-1028,37	-540,65	1663,94	540,65	1663,94	1028,37	1415,44
2021	64	1814,99	560,86	-1726,16	-1468,36	1066,82	-189,72	1805,05	560,86	1726,16
2022	65	1480,31	1480,31	0,00	-1480,31	0,00	-740,15	1281,98	0,00	1480,31
2023	66	1529,03	472,50	1454,20	-1237,01	-898,74	-1237,01	898,74	-472,50	1454,20
2024	67	1871,10	-1513,76	1099,81	-578,20	-1779,53	-1830,22	389,02	-1099,81	1513,76
2025	68	1878,81	-1519,99	-1104,33	580,58	-1786,85	-1837,75	-390,63	-1519,99	1104,33
2026	69	1826,63	564,46	-1737,23	1477,78	-1073,67	-1477,78	-1073,67	-1737,23	564,46
2027	70	1782,29	1782,29	0,00	1782,29	0,00	-891,14	-1543,50	-1782,29	0,00
2028	71	1668,53	515,61	1586,87	1349,87	980,74	-174,41	-1659,39	-1586,87	-515,61
2029	72	1496,91	-1211,02	879,86	462,57	1423,64	462,57	-1423,64	-1211,02	-879,86
2030	73	1808,32	-1462,96	-1062,91	-558,80	1719,82	1210,00	-1343,85	-1062,91	-1462,96
2031	74	1784,16	551,34	-1696,84	-1443,41	1048,70	1629,91	-725,68	-551,34	-1696,84
2032	75	1796,95	1796,95	0,00	-1796,95	0,00	1796,95	0,00	0,00	-1796,95
2033	76	1748,13	540,20	1662,57	-1414,27	-1027,52	1596,99	711,03	540,20	-1662,57
2034	77	1477,34	-1195,19	868,36	-456,52	-1405,03	988,53	1097,88	868,36	-1195,19
2035	78	1748,75	-1414,77	-1027,89	540,39	-1663,16	540,39	1663,16	1414,77	-1027,89
2036	79	1564,71	483,52	-1488,13	1265,88	-919,71	-163,56	1556,14	1488,13	-483,52
2037	80	1602,07	1602,07	0,00	1602,07	0,00	-801,04	1387,44	1602,07	0,00
2038	81	1629,02	503,39	1549,29	1317,90	957,51	-1317,90	957,51	1549,29	503,39
2039	82	1767,72	-1430,11	1039,04	546,25	1681,20	-1729,09	367,53	1430,11	1039,04
2040	83	1791,91	-1449,69	-1053,26	-553,73	1704,21	-1752,75	-372,56	1053,26	1449,69
2041	84	1687,88	521,58	-1605,27	-1365,52	992,11	-1365,52	-992,11	521,58	1605,27
2042	85	1746,88	1746,88	0,00	-1746,88	0,00	-873,44	-1512,84	0,00	1746,88
2043	86	1848,62	571,26	1758,15	-1495,57	-1086,59	-193,23	-1838,50	-571,26	1758,15
2044	87	1852,11	-1498,39	1088,64	-572,33	-1761,46	572,33	-1761,46	-1088,64	1498,39
2045	88	1557,06	-1259,68	-915,21	481,16	-1480,85	1041,87	-1157,12	-1259,68	915,21
2046	89	1534,90	474,31	-1459,78	1241,76	-902,19	1402,20	-624,30	-1459,78	474,31
2047	90	1702,78	1702,78	0,00	1702,78	0,00	1702,78	0,00	-1702,78	0,00
2048	91	1530,14	472,84	1455,25	1237,91	899,39	1397,85	622,36	-1455,25	-472,84
2049	92	1832,24	-1482,32	1076,97	566,19	1742,57	1226,01	1361,62	-1482,32	-1076,97
2050	93	1792,00	-1449,76	-1053,31	-553,76	1704,29	553,76	1704,29	-1053,31	-1449,76

Continuación: Tabla 21. Ajustes de curva para Estación Nandaime.



NANDAIME-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)
2051	94	1600,57	494,60	-1522,23	-1294,89	940,79	-167,30	1591,80	-494,60	-1522,23
2052	95	1825,70	1825,70	0,00	-1825,70	0,00	-912,85	1581,10	0,00	-1825,70
2053	96	1883,41	582,01	1791,23	-1523,71	-1107,04	-1523,71	1107,04	582,01	-1791,23
2054	97	1499,42	-1213,06	881,34	-463,35	-1426,04	-1466,66	311,75	881,34	-1213,06
2055	98	1493,10	-1207,94	-877,62	461,39	-1420,02	-1460,47	-310,43	1207,94	-877,62
2056	99	1526,61	471,75	-1451,90	1235,06	-897,32	-1235,06	-897,32	1451,90	-471,75
2057	100	1784,80	1784,80	0,00	1784,80	0,00	-892,40	-1545,68	1784,80	0,00
2058	101	1576,18	487,07	1499,04	1275,16	926,46	-164,76	-1567,55	1499,04	487,07
2059	102	1488,03	-1203,84	874,64	459,83	1415,20	459,83	-1415,20	1203,84	874,64
2060	103	1818,00	-1470,80	-1068,60	-561,79	1729,02	1216,48	-1351,04	1068,60	1470,80
2061	104	1728,34	534,09	-1643,75	-1398,26	1015,89	1578,92	-702,98	534,09	1643,75
2062	105	1547,72	1547,72	0,00	-1547,72	0,00	1547,72	0,00	0,00	1547,72
2063	106	1830,24	565,58	1740,67	-1480,70	-1075,79	1672,01	744,43	-565,58	1740,67
2064	107	1583,95	-1281,44	931,02	-489,47	-1506,43	1059,87	1177,10	-931,02	1281,44
2065	108	1578,17	-1276,76	-927,62	487,68	-1500,93	487,68	1500,93	-1276,76	927,62
2066	109	1540,63	476,08	-1465,22	1246,39	-905,56	-161,04	1532,19	-1465,22	476,08
2067	110	1692,66	1692,66	0,00	1692,66	0,00	-846,33	1465,88	-1692,66	0,00
	Σ	173127,67	-4543,40	2420,84	45,35	754,05	3509,07	5200,90	-2602,78	9360,42

Continuación: Tabla 21. Ajustes de curva para Estación Nandaime.



Parámetros				
$A_0 = \sum y/N$	1573.888			
$A_1 = (2/N) \sum y \cos(wot)$	-82.607	0.824630406	63.801186	-47.3233
$B_1 = (2/N) \sum y \sin(wot)$	44.015	13.70991374	94.561801	170.189
$\theta = \arctan(-B_1/A_1)$	0.490	-1.51072023	-0.97725	1.29959
$C_1 = \sqrt{A_1^2 + B_1^2}$	93.602	13.735	114.072	176.646
	2.060	15.305	115.643	178.217

Tabla 21. Parámetros

Ajuste por mínimos cuadrados
$y = A_0 - A_1 \cos(wot) + B_1 \sin(wot)$
$y = 1573,888 - 82,607 \cos(wot) + 44.015 \sin(wot)$
$y = 1573,888 + 93,602 \cos(wot + 0,490)$
$y = 1573,888 + 93,602 \sin(wot + 2,060)$

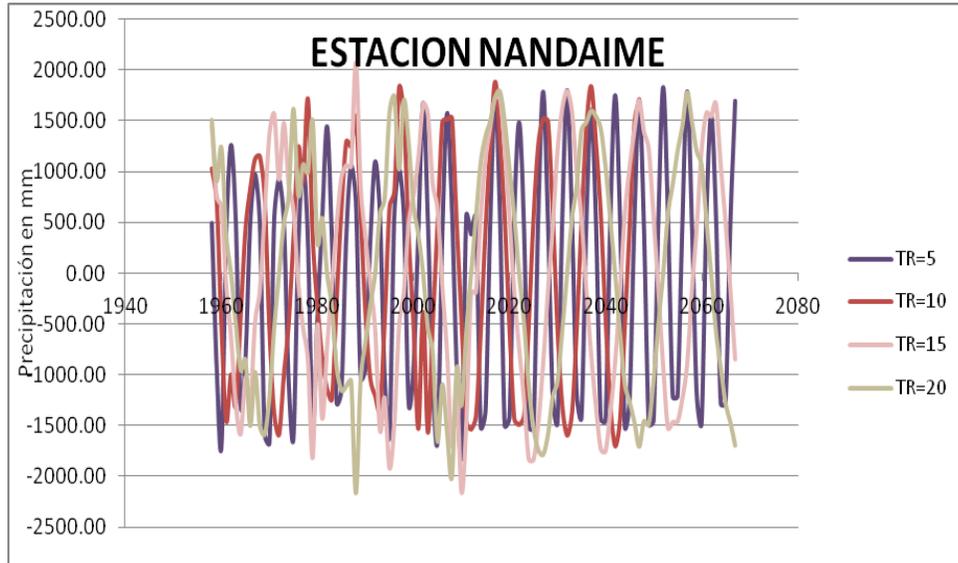
Tabla 22. Ajuste por mínimo cuadrado

Fuente: elaboración propia



11.5 Gráficas de Ajuste de Datos de Estación Nandaime

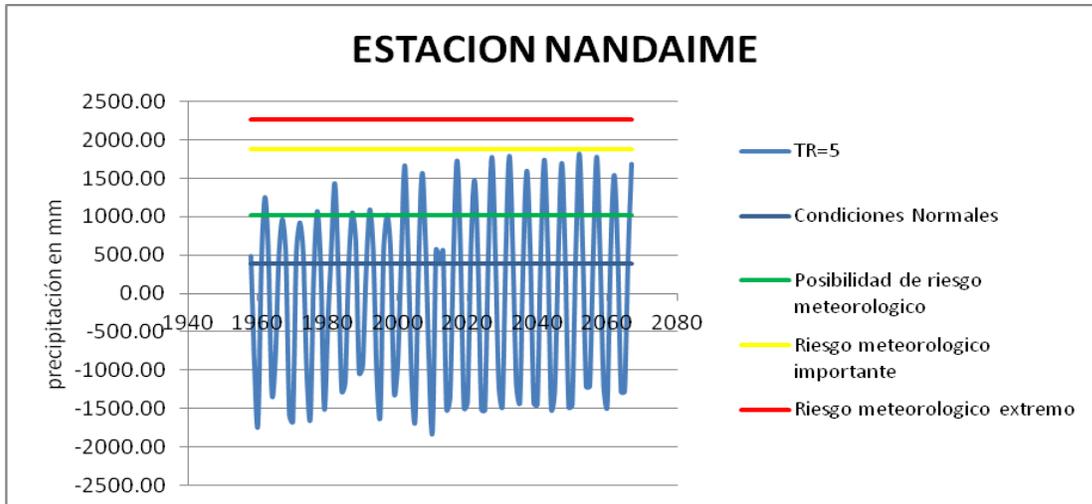
Las gráficas ajustadas serán trabajadas por la Función coseno por ser un estudio estocástico, aunque se logra el ajuste por mínimos cuadrados a una senoide, resulta una función periódica, en este caso no es óptima para la realización para el ajuste de datos para el análisis de pronóstico.



Grafica 12. Estación Nandaime para 4 periodos.

Fuente: elaboración propia

A partir de los rangos establecidos en la tabla 10 de rangos para alerta de precipitaciones para Nandaime se procede a graficar los periodos independientes.

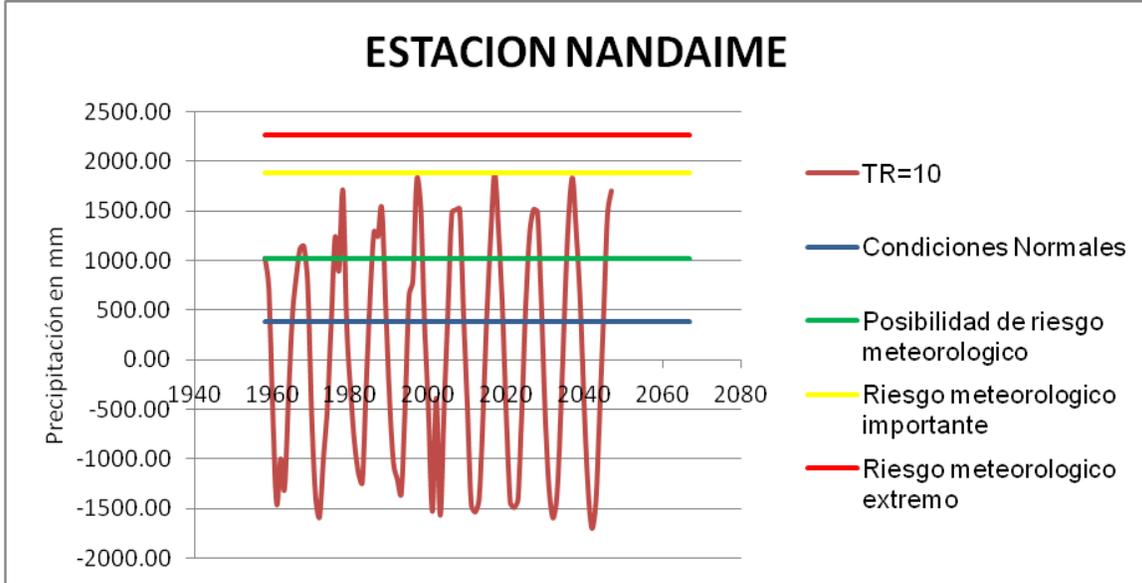


Grafica 13. Para TR=5

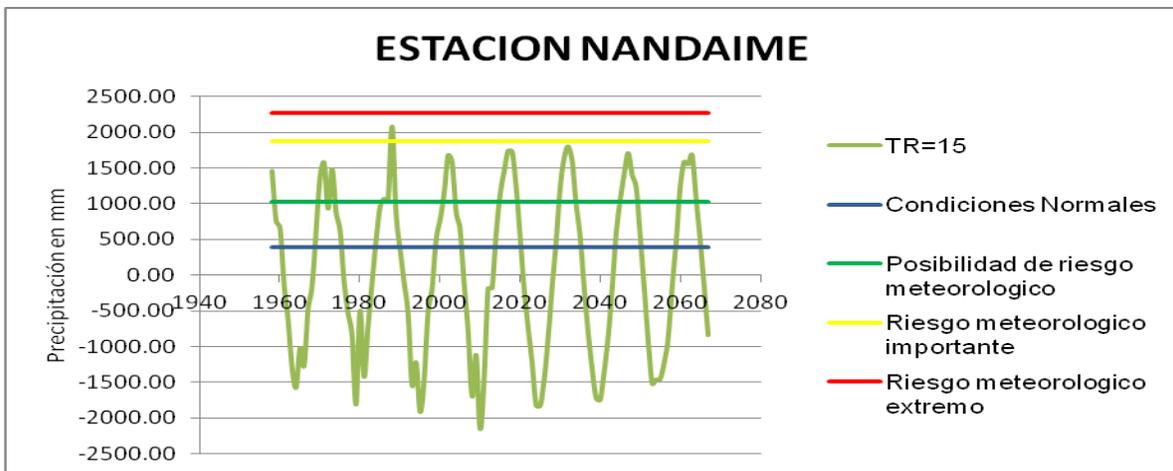
Fuente: elaboración propia



Al realizar el ajuste en periodos para TR= 5 se puede observar el comportamiento de los datos históricos y generados, manteniéndose en alerta verde las precipitaciones mayores para los datos generados, con tendencia a precipitaciones mayores a 1000mm alcanzando hasta casi los 2000 mm, considerándose como un riesgo meteorológico importante, presentando mayores precipitación en los siguientes años: 2018, 2053, 2025, 2024, 2014, 2044, 2043, 2019, 2049, 2063, 2026, 2052, 2060, 2021, 2030.



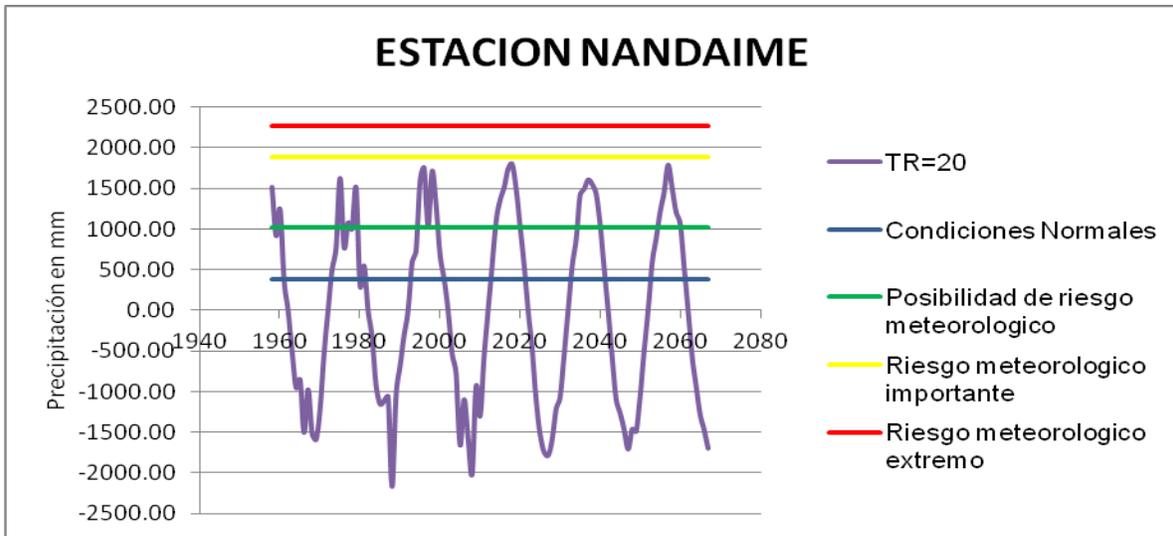
Grafica 14. Para TR=10



Grafica 15. Para TR=15

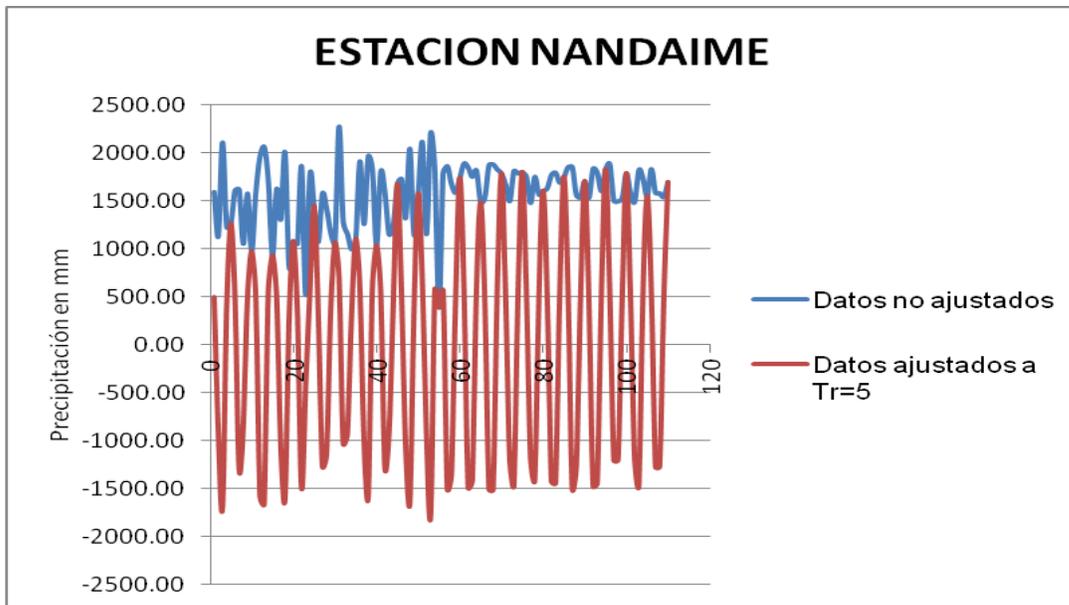
Fuente: elaboración propia





Grafica 16. Para TR=20

Fuente: elaboración propia

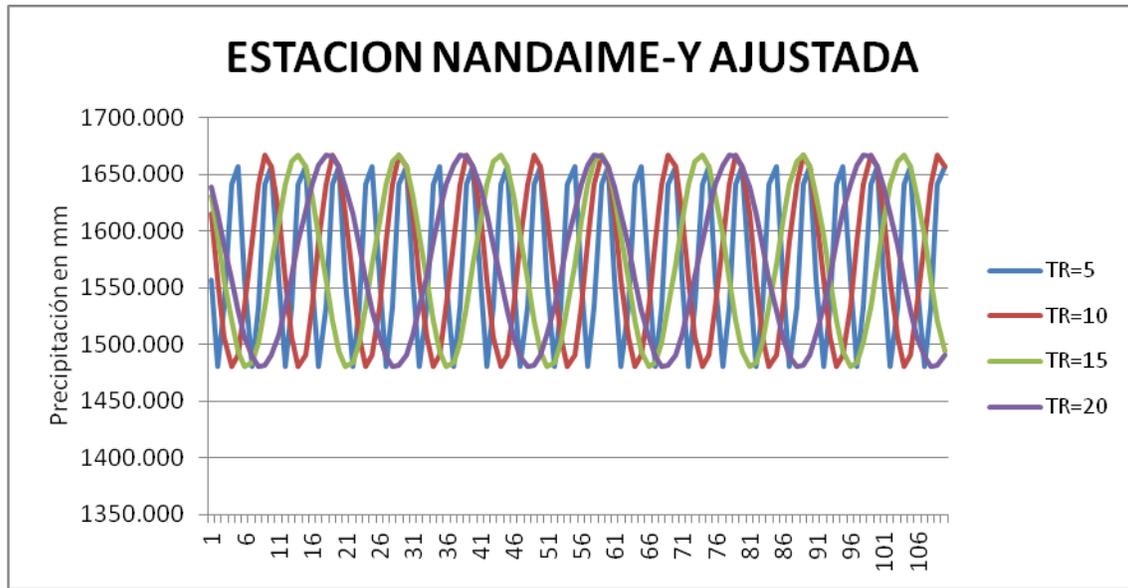


Grafica 17. Comparación Datos Ajustados-No ajustados

Fuente: elaboración propia



Función Periódica: Datos Ajustados a una senoide por mínimos cuadrados



Grafica 18. Datos ajustados a una senoide para TR =5, 10, 15, 20 en Nandaime

Fuente: elaboración propia

11.6 Ajuste de curvas para la hoya 69 de Nicaragua

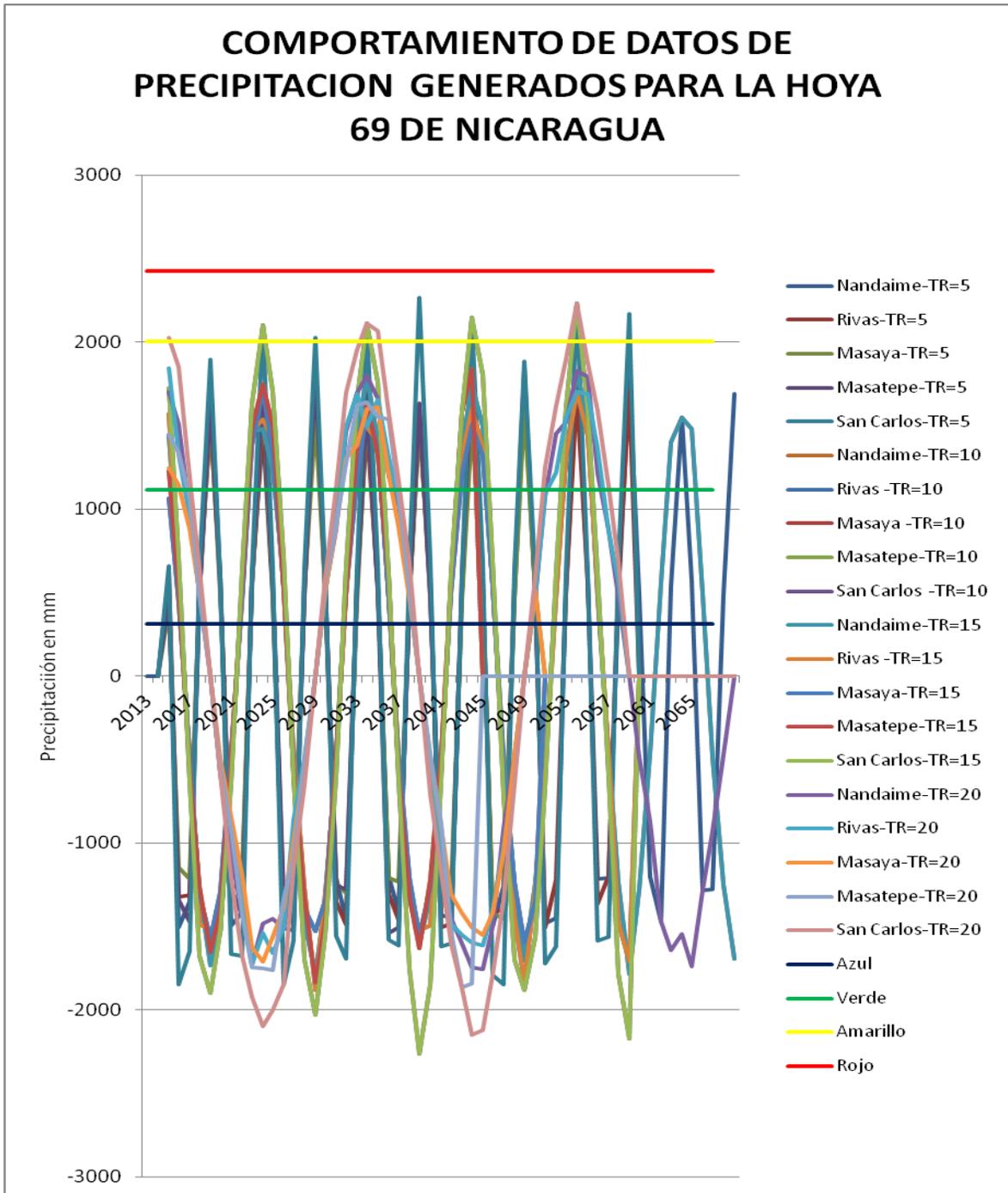
Ajuste de Curvas para las 5 estaciones en conjunto para analizar el comportamiento de la hoya 69 de Nicaragua.

Rangos de Colores de Alertas para datos generados-Hoya 69	
Condiciones Normales	312,5
Posibilidad de riesgo meteorológico	1085,7
Riesgo meteorológico importante	1973,94
Riesgo meteorológico extremo	2425,5

Tabla 23. Rangos generados a partir de Datos históricos en las 5 estaciones

Fuente: elaboración propia





Grafica 19. Comportamiento de datos de precipitación generados para la hoya 69 de Nicaragua. Ver tablas de ajustes de Datos para la hoya en Anexos.

Fuente: elaboración propia



Resultados

“Sólo hay felicidad donde hay virtud y esfuerzo serio, pues la vida no es un juego.”
(Aristóteles, 384 AC-322 AC. Filósofo griego.).



El primer aspecto importante de mencionar, es que el presente estudio posee como base la información obtenida y procesada para cinco estaciones meteorológicas de la cuenca 69 de Nicaragua, tales como: Estación Nandaime, Masaya, Masatepe, Rivas y San Carlos, tomando como estación modelo para el análisis en el desarrollo de dicho estudio la estación Nandaime por presentar mayor cantidad de datos históricos que las demás, las cuales se encuentran en anexos, realizando un análisis en conjunto de dichas estaciones para obtener el pronóstico de interés en la hoya.

Un segundo aspecto importante de discutir, es la forma en la que se ha obtenido la información estadística considerada válida por este estudio. En este marco, se ha preferido trabajar solamente con información real, es decir, no se han completado registros estadísticos, lo cual asegura la fidelidad de dicha información.

En la caracterización de la hoya se obtuvo que el área total de la hoya en estudio es de 29321.1151Km^2 y su perímetro es de 1308.6649Km . Tiene un índice de Gravellius menor que 1, es decir dicha cuenca no es redonda, la misma está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma, el cual es muy bajo.

De acuerdo al rectángulo equivalente de la Cuenca 69, tiene un largo mayor de 605.94km y un largo menor de 48.39km . Conociendo los incrementos de altura, se logra determinar el índice de pendiente, el cual es de 0.0323 y el índice de pendiente relativo es de 0.0481 . Además, presenta una altura media de 152.60km ; cuya pendiente media es de 0.0068 , se puede decir que es un terreno plano.

El sistema de drenaje, la hoya cuenta con un orden de 4 corrientes, es pobremente drenada debido a su baja densidad de drenaje, con una extensión de escorrentía superficial de 0.24km , es una cuenca cuyo alineamiento no es recto, con una sinuosidad de corriente de agua de 1.51 .



En el análisis de los datos de precipitación de las estaciones en estudio, se determinó la estimación de la precipitación media de dicha cuenca, así mismo se efectuó el cálculo del método aritmético y el método de Thiessen, sin embargo los valores más acertado y debido a que trabajamos con cinco estaciones y a la ubicación de éstas, se trabajó la precipitación media por el segundo método antes mencionado. Se obtuvo un resultado de precipitación de 1558.52mm para toda la hoya, siendo utilizada posteriormente en cálculos, y tomándose como parámetro estadístico.

En la gráfica 7, se observa la precipitación media para toda la hoya 69 de Nicaragua, de acuerdo a los datos de las cinco estaciones en estudio, la mayoría de precipitaciones en dicha hoya están por encima de la precipitación media, observándose eventos de magnitud considerable, los cuales son los años donde han ocurridos eventos de ciclones, tales como huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales.

En la tabla 11. se presentó los niveles de alertas para la estación Nandaime, utilizando los parámetros estadísticos tales como media y desviación estándar para encontrar los rangos en los niveles, de la misma manera se realiza en los otras estaciones, para ver el comportamiento de las precipitaciones de los datos históricos.

En la tabla 12. Se presentaron las probabilidades para este año de acuerdo a rangos de niveles de alerta, teniendo un 89% de probabilidad de una posibilidad de riesgo meteorológico, un 29% que exista un riesgo meteorológico importante y un 82% de que exista un riesgo meteorológico extremo, para la estación Nandaime, de la misma manera se realizó el análisis para las demás estaciones en estudios.

En la tabla 13. Se presentó el ajuste de datos históricos de precipitación para la estación de Nandaime, siguiendo la misma metodología se realiza el mismo análisis para todas las estaciones. Presentando un resumen de los ajustes de distribución de probabilidad de las cinco estaciones en la tabla 14. Obteniendo



un buen ajuste de los datos, a excepción de la Estación de San Carlos que no se ajustó a la Distribución de Gumbel.

En las gráficas 11 y 12, respectivamente se presentó el comportamiento de las precipitaciones para la estación Nandaime, con los datos históricos originales y los datos transformados a logaritmo por la función de distribución de probabilidad lognormal.

En la tabla 16. Se presentaron los respectivos cálculos y parámetros, del modelo seleccionado para la hoya 69 de Nicaragua, el cual es el método de Modelos auto regresivos de medias móviles (Arma), para la generación de series de datos para la estación Nandaime, siguiendo el mismo procedimiento para todas las estaciones en estudio.

En la tabla 18. Se presentan los datos de series de precipitación generados por medio del modelo seleccionado, para la estación Nandaime, generando para la misma cantidad de años que los datos históricos, del 2013 al 2067 en esta estación, siguiendo la misma metodología para todas las estaciones en estudio.

En la tabla 19. Se presentó los datos de series de precipitación generados para la hoya 69 de Nicaragua, es decir con las cinco estaciones analizadas en el presente estudio.

En la tabla 21. Se presenta el ajuste de datos por medio de una función senoide a la estación Nandaime, para periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años, logrando obtener una función para ajustar cualquier valor de precipitación de la estación, siguiendo la misma metodología para todas las estaciones en estudio.

Por tratarse de un modelo estocástico y no periódico, aunque se logra el ajuste por mínimos cuadrados a una función senoide, para el análisis de las series de datos obtenidos, se graficó el ajuste las series por medio de la función coseno, para los periodos de retornos planteados en la tabla 20. Analizando los rangos de alerta por cada estación de acuerdo a los datos históricos de cada una, por medio de parámetros estadísticos.

En la gráfica 13, se observan las precipitaciones para los cuatro periodos de retornos de la estación Nandaime, las máximas precipitaciones estarán entre los rangos de verde a amarillo, es decir con precipitaciones comprendidas entre 1085,7 mm a 1973,94 mm.

En la gráfica 36, se observa el comportamiento de las precipitaciones generadas en la estación de Masatepe, también las precipitaciones se prevén en su mayoría en alerta verde comprendidos arriba de 1000mm para eventos máximos en esta, con un año en alerta amarilla, mayor que 1911 mm, para el 2041.

En la gráfica 43, se observa el comportamiento de las precipitaciones en la estación de Masaya, las precipitaciones estarían en el rango de alerta verde para los eventos máximos en la estación, presentando eventos en alerta amarilla. Los rangos estarían entre 1000mm y 1700 mm, los años donde se presenta alerta amarilla son: 2021,2022, 2024, 2026, 2044,2045.

En la gráfica 50, se observa el comportamiento de las precipitaciones en la estación de Rivas, las máximas precipitaciones se encuentran entre los rangos verdes a amarillo, comprendidos entre 1056,22 mm y 1892,70 mm. El año con mayor precipitación es el 2013, con un color de alerta amarillo.

En la gráfica 57, se observa el comportamiento de las precipitaciones en la estación de San Carlos, es donde se presentan las mayores precipitaciones de las cinco estaciones en análisis, con eventos por encima de 2000mm, siendo en su mayoría considerados en el rango de alerta amarilla, con mucha tendencia a pasar a un nivel rojo o extremo.

En la gráfica 19. Se observa el comportamiento de las precipitaciones para los periodos antes expuesto, por medio del ajuste de función senoide, para la estación Nandaime, teniendo el comportamiento de una función periódica. De igual manera se obtienen datos y gráficas para todas las estaciones en estudio.



En la tabla 24, se presentan los rangos para colores de alertas de toda la Hoya 69, tomando para esto los datos históricos de las cinco estaciones en estudio, obteniéndolos por medio de parámetros estadísticos.

En la gráfica 19. Se observa en la gráfica el comportamiento de las precipitaciones generadas para toda la hoya, presentándose más acumulaciones en algunos puntos de la gráfica los cuales se pueden considerar como los periodos donde habrá más precipitación, presentando los resultados similares para toda los 4 periodos en estudio de la Hoya, como en los periodos del 2028 al 2031, 2032 al 2037, teniendo valores picos en alerta amarilla, es decir riesgos meteorológicos de importancia, en periodos de 2040 al 2045, del 2046 al 2050, 2050 al 2058, en alerta verde, 2061 al 2066 en alerta amarilla, al igual que el año 2067, entre rangos de 1000mm y 2000mm, de precipitación.



Conclusiones

“Para ser exitoso no tienes que hacer cosas extraordinarias, haz cosas ordinarias extraordinariamente bien” (Anónimo).



Se realizó la caracterización de la cuenca 69 de Nicaragua, la cual tiene un área de 29321.1151Km^2 y su perímetro es de 1308.6649Km , con un índice de Gravellius menor que 1, es decir esta cuenca no es redonda, por lo cual está menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño pero con mayor factor de forma, el cual es muy bajo.

El cálculo de la precipitación media se realizó por el método aritmético y de Thiessen, para el presente estudio se utilizó el método de Thiessen, por el número de estaciones en estudios, resultó ser más conveniente. De acuerdo a datos históricos por estación se calcularon los niveles de riesgos de alerta, por medio de parámetros estadísticos.

Se presentó probabilidades de ocurrencia de precipitaciones para este año, de acuerdo a los niveles de alerta de las estaciones, obteniendo mayor porcentaje en alerta verde, posibilidad de riesgo meteorológico y riesgo meteorológico extremo, alerta roja.

Se realizó un ajuste a los datos históricos de precipitación a distintas funciones de distribución de Probabilidad, las cuales fueron: Normal, Log normal, Pearson Tipo III y Gumbel, obteniendo un buen ajuste de los datos, a excepción de la Estación de San Carlos que no se ajustó a la Distribución de Gumbel.

Se ha presentado la bondad de la aplicación de un modelo estocástico para la generación sintética de precipitaciones anuales, siguiendo un proceso estocástico, tal cual lo son todos los eventos naturales. Obteniendo datos de precipitación generados para las cinco estaciones en estudio de la hoya 69 de Nicaragua, generando igual cantidad de años que los datos históricos.

Se realizó el análisis de ajuste de sinusoides por mínimos cuadrados, llegando a obtener una función para ajustar cualquier valor de precipitación por estación, pero por tratarse de un modelo estocástico no lo podemos asumir periódico, por lo cual evaluamos el comportamiento de los datos generados por el ajuste de la función coseno del ajuste en estudio. Analizando las cinco estaciones



para periodos de retornos de 5, 10,15 y 20 años, respectivamente, tomando como referencias para los rangos de alertas los datos históricos generados por estación.

Al realizar el análisis de Pronostico con los datos generados en las cinco estaciones para toda la cuenca, se presentan resultados que en esta, las precipitaciones en su mayoría estarán en Alerta verde, posibilidad de riesgo meteorológico, en un rango mayor de los 1000 mm, y presentando precipitaciones mayores a los 2000 mm, es decir en alerta amarilla, riesgo meteorológico de importancia, para los cuales se esperaran precipitaciones fuertes en toda la hoya 69 de Nicaragua en los próximos años.



Recomendaciones

“La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.” (Aristóteles, 384 AC-322 AC. Filósofo griego)



Las recomendaciones que pueden hacerse para el presente estudio y para futuras investigaciones son:

- Se recomienda tomar las medidas necesarias para prevenir los daños y pérdidas ya sea en la infraestructura, producción, y en últimas consecuencias pérdidas de vidas humanas, que se pueda estar preparados para tales eventos de precipitación que se pronostican en la hoya 69 de Nicaragua.
- Se recomienda considerar estas perspectivas como una referencia del comportamiento climático en los próximos años, que utilizando la estadística en análisis estocástico estima las mayores probabilidades de ocurrencias con los valores expuestos. No obstante, este análisis no considera eventos extremos puntuales y de corta duración (Caída de Granizo, Impactos de Ciclones, Lluvias atemporadas) que puedan ocurrir para los años de pronóstico.
- Se recomienda emplear un método para completar los datos faltantes de precipitaciones en las estaciones, para analizar el comportamiento de estas.
- Se recomienda profundizar dicho estudio integrando más datos históricos de distintas estaciones meteorológicas, tales como: Santa Rosa del Peñón, Managua y Granada, ubicadas en toda el área de la hoya 69 de Nicaragua, que no fueron posible obtener en este.
- Finalmente, sería recomendable, utilizar el presente estudio como modelo para el análisis estocástico de todas las cuencas de Nicaragua, con el fin de poder contar con una herramienta de pronóstico para estas.



Bibliografía

APUNTES DE HIDROLOGÍA: CURSO DE GRADO DE INGENIERÍA CIVIL. Capítulo N°9: MODELOS HIDROLÓGICOS. (1989). Traducción: Dra. Luisa E. Lagrost Correcciones y adaptaciones: Ings. Carlos A. Depettris y Alejandro R. Ruberto. Corresponde a la traducción del capítulo n°13 del libro "Engineering Hydrology", Víctor M. PONCE, Editorial Prentice Hall.

ARGUELLO HERRERA OTONIEL, (s.f.). Hidrología Estocástica. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la construcción. Departamento de hidráulica.

AYALA, L. y FERRER, P. 1973. Análisis de frecuencia de datos hidrológicos mediante computación. Santiago. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Obras Civiles. 128 p.

BOBÉE, B. y ROBITAILLE, R. 1977. The use of the Pearson type 3 and log Pearson type 3 distributions revisited. Water Resources Research 13 (2): 427-443.

BROWN, E. y VARGAS, X. 1986. Criterios de selección de modelos probabilísticos en hidrología. In: Anais do XII Congreso Latino-Americano de Hidráulica. Sao Paulo, Brasil. 31 agosto - 4 septiembre. Departamento de Aguas e Energía Eléctrica. V 2, pp: 180-190.

CHOW, V.; MAIDMENT, D. y MAYS, L. 1994. Hidrología aplicada. Traducido por Saldarriaga, J. Bogotá. McGraw-Hill. 584 p.

CHOW, V. 1964. Statistical and probability analysis of hydrologic data; part I: frequency analysis. In: _____. Handbook of applied hydrology; a compendium of water resources technology. New York. McGraw-Hill. pp: 8.1-8.42.

EDGAR ROMERO RODRIGUEZ, Febrero 2007. Unisangel, Métodos Numéricos.

FRANCISCO PABLO GARCÍA GUTIÉRREZ. Santa Cruz, Bolivia. 2010. Modelación hidrológica estocástica: Desarrollo de un modelo de generación sintética de series temporales.

KITE, G. 1976. Reply to comment on 'Confidence limits for design events'. Water Resources Research 12 (4): 826.

MARÍA ALEJANDRA AGUILERA NAVARRO, 2007. Estimación de funciones de distribución de probabilidad, para caudales máximos, en la región del Maule. Memoria para optar al título de Ingeniero Forestal. Facultad de Ciencias Forestales Escuela de Ingeniería Forestal.



MONTSERRAT JARD. Barcelona, 1985. Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen. Revista de Geografía, vol. XIX., pp. 41-68.

OBERTO LIVIA R. Barquisimeto, 2003. Problemario de hidrología aplicada a la ingeniería civil. Decanato de Ingeniería Civil. Departamento de Hidráulica y Sanitaria.

YAMIL ARMANDO CERQUERA ROJAS. Neiva-Huila-Colombia. Ajuste de curvas con funciones sinusoidales. Facultad de Ingeniería. Universidad de Surcolombiana.



Anexos

“Las virtudes más grandes son aquellas que más utilidad reportan a otras personas.” (Aristóteles, 384 AC-322 AC. Filósofo griego).



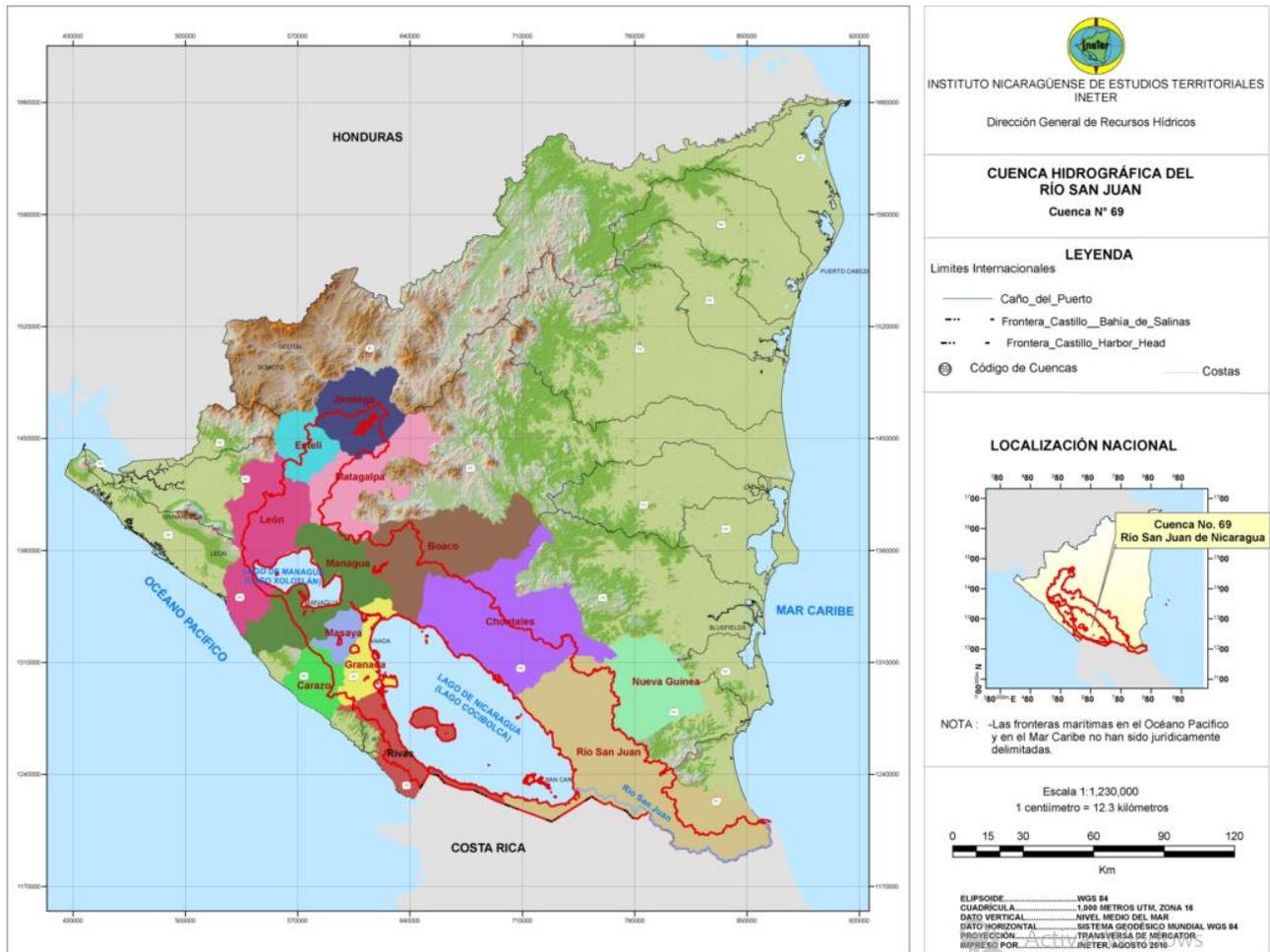
Ilustración 6. Hoyas de Nicaragua



Fuente: Recursos Hídricos - INETER



Ilustración 7. Mapa de la hoya 69 por departamento



Fuente: MARENA. 2010. Estudio de Ecosistemas y Biodiversidad de Nicaragua y su representatividad en el SINAP. 1ra. Edición. Managua Nicaragua.



Datos históricos de precipitación obtenidos en INETER.

Tabla 24. Precipitación Masatepe

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1983							140	137.7	292.4	263.1	114.7	36.6	984.5
1984	10	1.5	13.9	0	53.3	322.1	295.2	189	411.2	120.7	21.4	17	1,455.30
1985	7.2	4.6	1.3	16	122.5	145.4	102.3	138.8	109	416.7	119.9	42.7	1,226.40
1986	2.8	31.1	0	0	431.7	292.6	74.6	175.7	162.3	105.4	38.6	34.7	1,349.50
1987	3.4	0.2	14.1	0	71.9	84.9	238.5	295.8	140.6	215.2	14.3	10.7	1,089.60
1988	12.1	6.4	0	4	195.9	516.3	144.8	319.7	283.8	390.5	17.2	8	1,898.70
1989	22.6	19.4	1.5	0	47.7	197.3	318.3	248.8	397.7	77.3	105.9	41.4	1,477.90
1990	12.4	4.5	0	1.1	198.2	133.1	140.1	69.3	120.9	309.5	231.3	21.1	1,241.50
1991	13.8	1.5	0	2.6	403.1	256.3	71.9	112.9	147.1	129.9	56.8	21.7	1,217.60
1992	3.2	0.3	1.4	28.6	124.5	317.5	145.7	67.2	171	178.6	28.6	11.9	1,078.50
1993	17.9	1.4	0.5	2.9	527.7	265.8	202.8	214.5	404.1	92.5	56.2	5.6	1,791.90
1994	3.9	11.2	3.4	43.9	133.3	207.1	74.1	69.1	190.1	161.7	145.8	13.3	1,056.90
1995	1	0	30.6	91	47.5	293.2	253.9	417.8	233.6	281.4	40.6	20.5	1,711.10
1996	42	2.6	8.8	18.8	336	216.1	341.2	250	232.2	431.8	175.2	4.3	2,059.00
1997	21.6	2.1	8.7	13.4	49.3	494.2	68.2	71.2	125.5	202.8	148.5	4.7	1,210.20
1998	1.5	0	0	0.2	104.9	110.6	159.7	148.9	447.8	973.9	67.2	34.6	2,049.30
1999	24.3	8.1	3.9	17.8	203.6	190.5	215.5	186.8	439.1	220.5	113	4	1,627.10
2000	44.8	3.2	0.3	1.7	67.1	199.6	91	97	351.2	186.6	67.4	1.9	1,111.80
2001	6.9	8.7	0	0	286.9	198	120.4	132.2	261.2	274.4	95.1	4	1,387.80
2002	9.4	3.2	0.4	0.3	469.7	355.5	147.6	185.8	305	187.1	24.3	2.3	1,690.60
2003	0.5	1.6	38.9	5.9	168.8	396.6	236.4	122.8	180.7	240.2	106.2	16.8	1,515.40
2004	10.1	2.4	16.3	5.6	245.7	122.6	133.5	76.4	292.3	358.3	69.2	5.4	1,337.80
2005	0	0.6	30.1	58.1	436.7	397	155.7	212.9	314.6	490.6	52.7	6.4	2,155.40
2006	19.4	9.3	6.7	0.1	127.8	165	162.4	63.8	121	269.7	71.2	13.5	1,029.90
2007	1.9	5.8	0.8	38.6	335.8	79.2	137.4	258.2	286.8	475.2	101	54.5	1,775.20
2008	12.3	0.1	2.1	123.3	374.9	105	212.2	260.9	323.9	586.7	47.9	14	2,063.30
2009	2.5	0.8	0	1.4	156.8	166	117.9	92.2	152.7	260.7	81	8.8	1,040.80
2010	1.8	0	3.6	56.3	303.7	373.5	351.7	301.8	689.3	154.1	42.8	2.6	2,281.20
2011	12.6	0.8	0.4	5.7	141	191.2	385.1	205.4	344.2	526.4	52.3	36.3	1,901.40
2012	23.6	9.7	0.5	9.7	100	156.2	62.1						361.8



Suma	345.5	141.1	188.2	547	6,266.00	6,948.40	5,300.20	5,122.60	7,931.30	8,581.50	2,306.30	499.3	44,177.40
Media	11.9	4.9	6.5	18.9	216.1	239.6	176.7	176.6	273.5	295.9	79.5	17.2	1,472.60
Max	44.8	31.1	38.9	123.3	527.7	516.3	385.1	417.8	689.3	973.9	231.3	54.5	2,281.20
Min	0.5	0.6	0.5	1.1	47.5	79.2	62.1	63.8	109	77.3	14.3	1.9	361.8

[Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos – INETER]

Tabla 25. Precipitación de Rivas

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1968	0	0	0	0	0	206.2	150.1	76.6	250	554.5	31	3.2	1,271.60
1969	0	0	0	5.3	185	384.8	111.7	331.4	407.2	772.7	77.7	21.2	2,297.00
1970	4.6	6.3	57.4	34.3	171.7	145.7	382.2	265.8	341.6	174.8	92.2	37.6	1,714.20
1971	26.1	11	2.7	0.4	104	322.1	108.6	266.9	559.3	292.2	27	83	1,803.30
1972	19.5	3.4	0	0	190	257.7	62.5	133	154	36.9	123	20.5	1,000.50
1973	0.1	1.1	0	13.2	64.3	269.1	156	337	343	358.8	68.5	6.5	1,617.60
1974	39.2	1.2	0	0.6	54.8	296.6	87.7	159.1	535.3	146.4	20.5	17.4	1,358.80
1975	4.8	0.8	0	2.3	29.8	83.7	139.2	216.7	506	157.2	224.1	9.6	1,374.20
1976	2.3	0.5	3	0	167.1	278.6	60.5	40.6	117.9	287	35.9	32.3	1,025.70
1977	1.2	0.7	0	4	181.4	230.8	102.8	199.1	193.9	65.6	138.4	6.5	1,124.40
1978	0.7	0	0	10.2	226.2	197.8	240.7	158.9	171.2	243.1	52.6	116.4	1,417.80
1979	3.2	0	3.7	93.4	195.7	409.6	246.2	211.3	595.7	410.6	202.7	38	2,410.10
1980	1.4	24.7	1.7	1.8	306.3	177.9	132.6	282.5	223.3	471.2	200.9	6.8	1,831.10
1981	0.2	3.5	10.4	31.2	160.1	362.2	126.9	298	195.3	395.7	80.3	58.1	1,721.90
1982	1.8	6.6	2.1	20.5	627.5	284.9	167.6	39	228.8	115.2	92.2	4.3	1,590.50
1983	5	0	0.5	0	23.5	289.5	194.3	174	163.8	272.9	92.9	20.6	1,237.00
1984	3.2	7	11.3	0	229.3	181.1	282.7	212.2	457.6	114.9	94.8	6.7	1,600.80
1985	5	8	0.5	19	70.1	116.8	133.7	148.3	126.4	375.7	83.4	49.3	1,136.20
1986	5	2.9	0.8	0	198.4	380.1	116.7	194.5	207.3	346.5	52.6	25.4	1,530.20
1987	26	0	0	0	22.7	64.9	260.6	113.9	86.2	305.8	15.1	10	905.2
1988	4	0	0.1	0.4	179.4	565.9	164.3	419.6	310.6	367.4	41.9	63.7	2,117.30
1989	17.6	3.5	0.4	0	52.7	145.1	149.2	180.5	263.8	129.6	166.4	54.6	1,163.40
1990	3.7	3.2	24.2	0	254.7	68.7	107.4	111.9	196.8	134.5	101	34.1	1,040.20
1991	0	0	0	0	191.7	228	97.7	131.2	231.9	133.9	12.5	12.5	1,039.40
1992	4.1	0	0.6	0	45.8	275.1	175.3	146.5	316.1	124.3	31.2	24.5	1,143.50
1993	19.5	1	0	14.9	464	313.4	144.2	195.7	280.8	73	13.3	13.6	1,533.40

[Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos - INETER]



Continuación Tabla 26. Precipitación de Rivas

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1994	19.7	18.7	0	3.3	53.2	71.7	128.5	103.1	241.7	102.6	90.8	18.6	851.9
1995	0.7	0.7	11.2	41.1	96.7	353.8	187	468.8	348.1	396.8	102.6	53.7	2,061.20
1996	43.3	2.9	0	0	318.6	242.7	188.9	145.3	152.2	287.7	207.8	12.5	1,601.90
1997	20.7	3.6	0.7	7.1	42.6	305.6	85.3	121	237	256.2	166.6	0.2	1,246.60
1998	0	0.4	0	1.4	90.2	131.4	212	194.4	215.7	948.7	52.4	44.9	1,891.50
1999	33.5	14.1	0.5	34.3	60.3	216.8	87	206.2	659.8	344.1	132.8	26	1,815.40
2000	35	4.7	0.3	0	152.3	144	100.7	133.1	467.4	126.9	140	12.7	1,317.10
2001	2.2	2.5	0	0.3	215.1	219.2	173.2	135.6	199.8	216.8	101.4	23.5	1,289.60
2002	8.7	3.6	1.1	0	355.6	58.3	134.7	118.9	400.4	67.8	53.5	6	1,208.60
2003	1.5	0	5.7	5.3	118.4	491.3	235.5	66.2	262.5	250.4	211.1	24.3	1,672.20
2004	9.9	0.9	2	7	356.9	203.1	185.5	232.3	120.2	281.5	103.7	9.5	1,512.50
2005	3.4	0.2	0.8	8.9	383.3	349.7	197.8	193.4	312.9	499.2	114	23.2	2,086.80
2006	21.3	4.3	0	0.1	106.9	279.3	123.6	87.3	154.7	148.3	60.8	6.9	993.5
2007	0.4	4.4	0	8.2	138.9	224.6	178.4	284.6	242.2	638.8	53	56.8	1,830.30
2008	2	11.1	0.6	0.8	270.1	272.2	165.9	250.4	332.7	529.9	49.5	22.4	1,907.60
2009	6.2	2.7	0.3	3.9	196.5	226	84.1	61	92	347.7	138.6	3	1,162.00
2010	0.8	6.6	0	11	154.2	241.4	195.3	583.3	350.5	53.1	85.7	2.7	1,684.60
2011	7.6	1.9	0	2.1	222	204	348.2	93.3	312.8	620.6	56.5	23.8	1,892.80
2012	9.1	14.5	0	7.5	178.6	120.6	56.4						386.7

Suma	424.2	183.2	142.6	393.8	7,906.60	10,892.00	7,169.40	8,522.40	12,566.40	12,977.50	4,092.90	1,147.10	66,418.10
Media	9.4	4.1	3.2	8.8	175.7	242	159.3	193.7	285.6	294.9	93	26.1	1,476.00
Max	43.3	24.7	57.4	93.4	627.5	565.9	382.2	583.3	659.8	948.7	224.1	116.4	2,410.10
Min	0.7	0.5	0.5	0.6	22.7	58.3	56.4	39	86.2	36.9	12.5	2.7	386.7

Tabla 26. Precipitación de Nandaime



Modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la hoya 69 de Nicaragua.

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1958					257.5	427.4	111.8	66	397.6	290.6	34.7	6.5	1,592.10
1959	3.2	0	0	0	103.3	197.6	87.2	141.8	147.9	359.3	78.4	14.1	1,132.80
1960	28.9	8.4	0	6.4	178.4	475.5	120.5	332.7	338.2	532	70.6	15.3	2,106.90
1961	8.8	0	0	1.3	36.8	175.3	175.7	108.2	351.9	227.4	100.8	38.9	1,225.10
1962	7.1	3.5	0	3.3	58.4	395.1	132.2	162.3	182.6	273.1	38.3	2.5	1,258.40
1963	11.4	0	1.3	82.5	57.8	240.3	131.8	81.7	576.9	282.7	136	4.4	1,606.80
1964	0	0	0	95.3	86.8	272.1	340.9	229.5	201.4	339.4	38.1	12.7	1,616.20
1965	6.8	3.5	0	0	165.1	279.5	117.9	51.4	227.1	129.9	28.9	41.8	1,051.90
1966	0	8.4	15.2	5.1	191.5	354.3	224.2	142.7	300.7	256.5	67.5	8.9	1,575.00
1967	5.5	10.9	6.6	49	16.5	218.2	88.7	62.6	148	226.8	125.1	13.7	971.6
1968	10.1	0	0	0	306.2	257.6	124.2	78.3	278.4	430.5	91	5.8	1,582.10
1969	14	1.5	16.2	21.3	115.4	397.5	109.5	154.2	413.8	657.1	41.3	17.2	1,959.00
1970	15.6	0.4	34.8		381.7	142.1	294.5	319.2	443.6	287.8	113.9	27.3	2,060.90
1971	23.7	7.5	0.1	44.6	278.6	255.9	99.4	163.8	330.4	394.4	87	32.9	1,718.30
1972	14	1.7	0	0	238.2	163.5	86.6	36.5	124	49.9	168	45.4	927.8
1973	0	0.4	9.9			148.8	190	256.1	407.1	559.9	42.4	5.2	1,619.80
1974	15	1.7	4	3.9		284.6	77.6	89.1	581.7	215.4	16.9	17.9	1,307.80
1975	4.3	0.3	0	0	370.5	140.9	88.1	271.1	600.7	331.8	193.1	3.7	2,004.50
1976	0.7	0.1	3.2	6.4	84.2	187.9	80.8	70.4	62.2	286.2	30	3.9	816
1977	0	0	0	0	246.1	254.4	63.9	103.2	304.7	64.8	36.3	3	1,076.40
1978	3.2	0.2	3.7	24.3	115.5	67.8	154.9	145.7	294	176.2	33.7	32.8	1,052.00
1979	0.3	0	5.7	70	90.5	258.7	186.7	192.5	412.3	471.1	136.8	31.2	1,855.80
1980	10.4			0	251.8	255.5							517.7
1981	0.3	1.8	2.2	0.8	326.5	466.4	114.9	281.6	125.4	396.5	47.2	4.6	1,768.20
1982	10.6	3.2	4.5	61.8	633.9	274.4	72.7	38.9	201	122.1	14.8	2.8	1,440.70
1983	4.2	0	2.9	44.4	63.1	172	124	165.5	198.1	232.9	49.5	14.4	1,071.00



Continuación Tabla 27. Precipitación de Nandaime

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1984	13.7	0.4	14.6	16.8	224.9	253.8	240	216.4	373.9	185.4	29.2	3.4	1,572.50
1985	1.9	0.5	0.1	58.4	164.5	153.9	144.7	150.8	186.2	437.2	82.6	38.3	1,419.10
1986	1.5	1.1	0	0	317.5	173.9	92	109.4	175.9	233.3	53.6	8	1,166.20
1987	3.6	0	4.7	0	101.5	152	200.6	150.5	116	308.7	10.5	10	1,058.10
1988	3.7	0	0.1	0	306.8	529	120.5	393.1	287.2	510.6	84.1	36.4	2,271.50
1989	14.5	3.9	0.7	0	44.5	188.8	175.6	160.8	389.3	157.8	121	22.6	1,279.50
1990	1.4	2.9	0.3	0.4	179.2	125.1	167	41.8	163.5	331	124.3	18.8	1,155.70
1991	2.6	0.7	0.2	0	303.2	192.2	98.7	39.5	143.2	139.8	68.4	3.3	991.8
1992	0.5	0	0	0	101.2	320.8	195.8	101.5	197.4	134.5	29.7	13.9	1,095.30
1993	10.1	0	0	27.3	701.3	202.5	127.3	220.8	446.1	128.7	44.1	2.2	1,910.40
1994	8.2	8.6	0	33.6	162.1	257.1	37	51.5	302.5	268.1	121.7	6.5	1,256.90
1995	0.1	1.6	81.3	65.5	119.5	183.6	333.8	461.3	293.7	336.1	48.5	36.7	1,961.70
1996	15.2	0.7	3.6	0.4	360.9	118.6	285.4	256	310.1	308.1	174.1	2.1	1,835.20
1997	4.4	0	0.9	28.9	15	299.9	50.7	73.7	203.9	211.6	142.1	0	1,031.10
1998	0	0	0	0.6	144.8	180.1	128.2	195.7	288.3	775	66.7	17	1,796.40
1999	13.1	1.7	2.1	6	189	169.3	162	299.3	399.5	236.4	106.6	3.2	1,588.20
2000	19.6	1.1	0.6	0.1	155.9	148	39.2	154.2	379.1	190.8	59.1	4.7	1,152.40
2001	2.6	5.2	0	0	171.9	144.9	67.5	115.1	202.4	407.8	121.1	3.9	1,242.40
2002	10	0.9	0.7	1.9	634.2	286.3	135.9	158.5	277.2	149.9	15.2	1	1,671.70
2003	0	0	34.5	40.3	250.2	509.9	258.8	117.5	164.8	268.7	73.9	5.4	1,724.00
2004	3.5	0.7	0.9	4.4	243.8	128.4	185.5	50.5	190.4	390	117.8	6	1,321.90
2005	0.1	0	14.2	135.6	236.6	438.8	207.3	180.5	304.7	460.9	56.6	7.7	2,043.00
2006	10.3	1.9	3.2	0	158.3	109.1	120.4	110.5	194.9	363.5	65.5	10.4	1,148.00
2007	1	2.3	12	42.4	296.2	78.3	98.9	287.1	254.4	420.3	45.1	32.7	1,570.70
2008	6.9	0	0	75.5	384.9	117.9	259.9	286.3	416	511.5	34.9	13.8	2,107.60
2009	0	0.5	0	0.2	242.1	256.5	118.7	75.2	123.2	217.2	107.7	10.9	1,152.20
2010	0	0	6.4	95.1	270.5	209.5	375.1	369.5	563.1	246.7	69.3	0	2,205.20
2011	0	0	0.4	12.1	117.4	182.6	478.9	185.2	371.3	430.7	40.7	4.4	1,823.70
2012	12.5	0.7	0	15.9	142.2	149	64.8						385.1
Suma	359.1	88.9	291.8	1,181.80	11,394.40	13,023.10	8,368.90	8,757.20	15,367.90	16,354.60	3,934.40	730.2	79,852.30
Media	6.7	1.7	5.5	22.7	215	236.8	155	165.2	290	308.6	74.2	13.8	1,451.90
Max	28.9	10.9	81.3	135.6	701.3	529	478.9	461.3	600.7	775	193.1	45.4	2,271.50
Min	0.5	0.5	0.6	0.6	15	67.8	37	36.5	62.2	49.9	10.5	1	385.1

[Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos - INETER]



Tabla 27. Precipitación de Masaya

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1977									193.2	167.9	59.5	3.1	423.7
1978	0.2	0	0.5	10.7	167.4	155.4	212.1	162.1	166.2	216.8	9.1	13	1,113.50
1979	11	0	3.1	14.1	117	251.1		279	337.4	363	86.2	32.2	1,494.10
1980	8.7	1	3.6	0	175.5	179.5	143.5	196.4	261.1	165.2	253.9		1,388.40
1981	0.5	1.5	27.9	4.7	326.9	266.4	111.9	293	275.5	371	24.7	6.6	1,710.60
1982	32	10.1	1	34.1	535.8	232.2	135	87.7	300.8	142.8	15.7	3.8	1,531.00
1983	1.5	3.3	6	8.1	21.7	182.9	231.5	187.1	206.5	269.6	75	11	1,204.20
1984	4.3	1.5	3.7	3.8	40.8	280.4	275.8	170.6	427	113.7	12.6	9.9	1,344.10
1985	5.9	3.7	0.2	7.9	151.8	112.1	130.8	156	100.6	380.9	76.1	16.3	1,142.30
1986	1	10.5	0	0	164.2	170.8	92.2	129.1	106.9	165.5	59.4	12.9	912.5
1987	1.6	0	1.5	0	132.6	188.3	359.5	223.5	229.4	265.1	24.3	31.3	1,457.10
1988	7.9	4.2	0	0.6	131.3	411.7	165.2	416	316.1	433.7	50.6	25.5	1,962.80
1989	10.8	10.7	1.6	0	138.8	126.4	188	171.6	316.9	123.5	112.9	58.9	1,260.10
1990	6	3.9	1.5	10.9	266.4	136.5	180.1	115.6	176	175.6	92.4	33.2	1,198.10
1991	1.2	0	0	0	223.4	379.2	64.6	134.1	214.4	119.3	71.9	21.7	1,229.80
1992	1.4	0	0.8	0.1	84.6	251.6	155.6	49.7	202.7	134.3	8	15.2	904
1993	49.8	0	0	26	364.1	184.2	68.3	260	306.7	103	52.8	2.5	1,417.40
1994	1.4	7.2	5.6	75.7	94.8	99.5	54.3	100.5	126.4	376.8	187.7	2.3	1,132.20
1995	1.4	0	29.3	125.5	58.3	347.8	106.8	330.4	255.3	314.2	44.7	22.8	1,636.50
1996	35	0	24.2	0.7	230.4	212.8	245.9	155.4	344.1	303.7	201	3	1,756.20
1997	19.3	1.2	10.3	55.1	71.4	267.8	52.4	88.2	171.8	297.9	77.5	4.9	1,117.80
1998	0	0.1	0	0	97	91.9	149	180.5	372.8	611.4	101.3	10	1,614.00
1999	15.7	14.5	2.5	11.9	131.5	193.3	219.6	167.7	374.8	200.3	66.2	10.4	1,408.40
2000	27.5	2.3	1.8	15.8	80.7	228.8	82.3	118.4	487.4	97.1			1,142.10
2001	2.3	5.9	0	0.3	174.2	142.2	139	242.9	328.5	216.3	63.7	4.2	1,319.50
2002	5.3	1.3	1.6	6.7	375.8	213.5	130.8	59.8	178	128.3	51.7	0.9	1,153.70
2003	0.2	0.9	38.3	3.2	319.1	501	168.6	118.8	143.9	270.7	82.6	10.6	1,657.90
2004	9.7	1.8	6.5	6.8	235.2	125.3	194.4	109.1	215.1	218.4	44.4	4.1	1,170.80
2005	0	0.4	28.7	53.4	318.1	394.6	206.5	187	315.7	260.8	39.5	7.1	1,811.80
2006	19.7	3	4.6	13.2	241.4	129	124.7	67.4	137.7	171.4	80.4	4.2	996.7
2007	0.5	1.7	0	4.3	200.1	113.6	85.7	393	218.6	314.4	113.9	29.2	1,475.00
2008	6.4	0.3	0.5	6.2	363.9	118.5	290.9	388.6	332.8	406.6	34.4	11.1	1,960.20
2009	1.1	0.4	0	1.9	265.8	266.1	136.5	161	144.9	287.2	23.8	14.3	1,303.00
2010	1.5	0.1	0	35.2	231.3	324	321.1	539.5	398.3	110.6	49.8	3.6	2,015.00
2011	2.6	0	0	2	83.3	216.4	391.3	150.9	467.8	317.7	60.7	30.8	1,723.50
2012	8.6	3.9	0.7	9.5	319.5	142.4	85.6	338.8					909
Suma	302	95.4	206	548.4	6,934.10	7637.2	5,699.50	6,929.40	9,151.30	8614.7	2,408.40	470.6	48,997.00
Media	8.6	2.7	5.9	15.7	198.1	218.2	167.6	198	261.5	246.1	70.8	14.3	1,361.00
Max	49.8	14.5	38.3	125.5	535.8	501	391.3	539.5	487.4	611.4	253.9	58.9	2,015.00
Min	0.5	0.9	0.5	0.6	21.7	91.9	52.4	49.7	100.6	97.1	8	0.9	423.7

[Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos - INETER]



Tabla 28. Precipitación de San Carlos

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
1962						162.9	347.6	178.3	282	360.1	147.2	95.6	1,573.70
1963	103.9	125.2	10.7	10.7	132.4	332.7	274	391.1	287	310.9	176.8	107.8	2,263.20
1964	103	37.4	49.5	46.8	48.7	203.5	266.8	171.3	266.4	375.6	138.2	90.7	1,797.90
1965	174.6			1.8	149.9	254.9	486.8	337.2	168.1	228.7	126.6	99	2,027.60
1966	100.7	8.7	18.2	22.8	213.5	485.1	137.1	187.8	31	382.8	57.9	23.4	1,669.00
1967	179.2	14.1	42.8	72.2	175.6	315.6	147.2	158.9	88.3	166.5	170.9	80.6	1,611.90
1968	7.9	0	29.9	61.8	181.5	152	280.5	158.5	60	33.4	11.2	15.8	992.5
1969	21.5	0	0	88.9	80.6	224.4	232.3	345.7	341.8	352.7	107.8	18.8	1,814.50
1970	16.6	8.6	2	38.3	30.1	295.4	161.9	212.1	43.1	129.6	262.8	29.2	1,229.70
1971	39.9	4.3	41.3	2.8	90.4	146.8	144	173.6	250.2	225.1	6.7	142.8	1,267.90
1972	232.4	26.4	7.9	30.6	140.2	149.8	439	257.3	367.3	315.3	227.3	168.8	2,362.30
1973	23.5	24.2	6.6	29.3	190	325.8	415.7	272.1	274.5	230	242.7	71.6	2,106.00
1974	126	38.3	43.9	37.7	178.1	241.1	251	159.7	199	278.1	89.7	99.5	1,742.10
1975	96.6	25.7	5.5	37.7	54.4	209.2	239.9	468.1	484.9	254.1	367.2	118.5	2,361.80
1976	41.7	44.8	6.5	41.9	123.6	386.4	275.9	176	219.5	270	310.3	97.1	1,993.70
1977	1.3	4	3.3	54	206.5	222.9	243.3	254.3	271.1	121.8	85.3	61.2	1,529.00
1978	30.3	11.8	42.1	29.7	221.7	284.7	169.1	274.7	448.5	367.9	122.5	105.2	2,108.20
1979	22.6	37.9	26.1	125.5	90.4	358.4	377.4	347.7	419.9	174.7	146.3	186	2,312.90
1980	24.2	17	14.8	43.2	146.8	260.4	337.9	197.5	200.5	373.9	313.2	72.1	2,001.50
1981	9.5	95.6	29.3	123.4	197.7	387.8	341	306.9	177.7	217.9	149.4	105.1	2,141.30
1982	82.1	45.8	6.6	20.2	94.9	161.1	251.1	176.3	195.2	206.3	109.2	89.6	1,438.40
1983	31.4	9.6	8.3	0	180.6	152.7	264	364.3	227.8	227.6	162.7	133.6	1,762.60
1984	74.4	38.8	2.1	2.4	84.9	244.2	306.8	460.7	297.6	260.8	82.3	131.4	1,986.40
1985	56.8	26.6	41.2	5.2	219.7	198.1	450.8	241.2	148.5	217.6	132.5	163.1	1,901.30
1986	77.9	43.2	17.1	13.6	156.4	288.5	251.8	292.7	395.1	271.6	146.4	146.4	2,100.70
1987	13.6	10	1.3	3.7	110	302	435.2	315.4	252.6	274.1	116.4	133.5	1,967.80
1988	91	24.8	10.5	29.8	156.4	210.4	258.6	410.5	311.9	357.1	137	221.2	2,219.20
1989													
1991													
1995	0	0	0	23	45.9	95	145.1	100.8	70	151.8	68.2	52.1	751.9
1996	53.9	11.9	15.8	33.4	531.1	256.1	257.5	254.7	297.4	231.6	112.4	83.8	2,139.60
1997	93.1	80.8	16.2	30.7	60.1	305.1	225.8	177.1	254.2	283.6	185.4	25.5	1,737.60
1998	24.3	0.9	22.3	0.5	77.3	182	292.7	343.6	333	283.6	170.3	272.5	2,003.00
1999	137.4	55.1	13.9	109.2	220.5	290	326.9	194.2	231.8	238.2	74	57.3	1,948.50
2000	114.6	41.8	7			249	199.4	252.2	237.7	232	253.4	90.3	1,677.40
2001	88.9	28.8	22.4	16.9	92.3	312.6	244.1	336.2	171.5	211	111.4	169.6	1,805.70
2002	83.7	29	45.5	15.5	201.2	355.3	362.6	236.7	267.5	234.6	243.7	39.8	2,115.10

[Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos - INETER]



Continuación Tabla 29. Precipitación de San Carlos

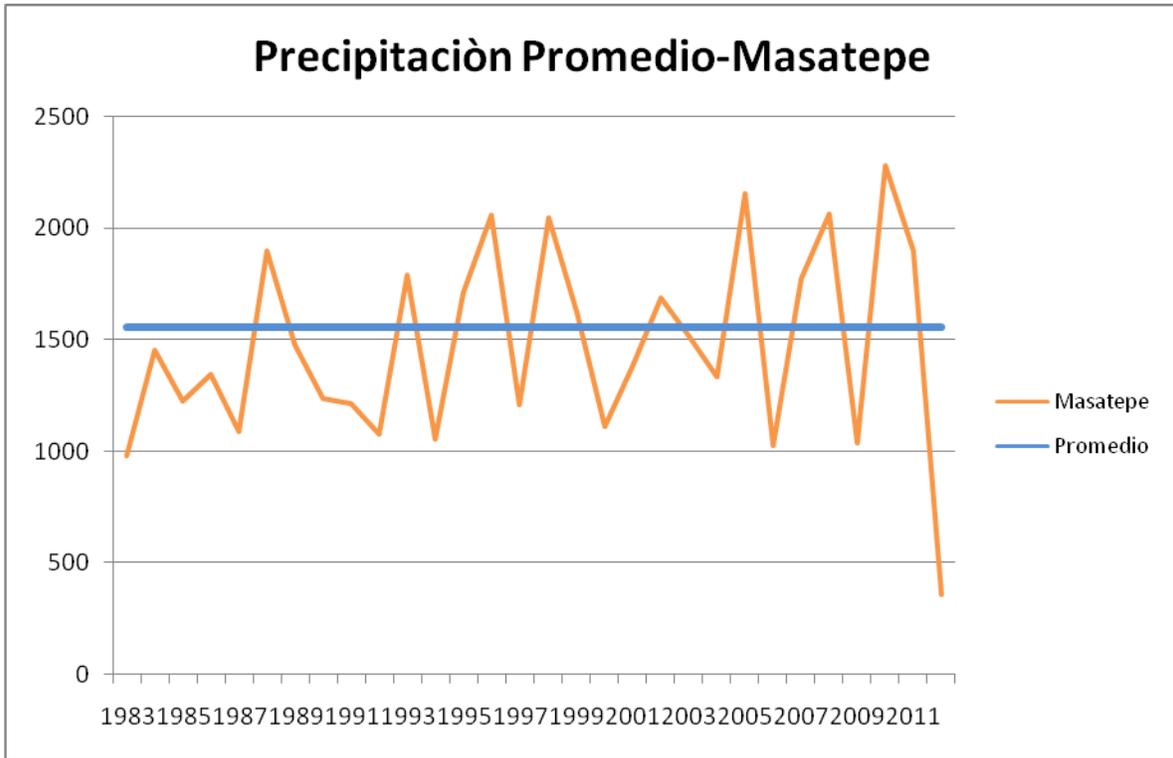
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2003	29.5	9.9	6.8	14.2	296.9	341.8	351	378.9	285.5	244.9	162.8	81.3	2,203.50
2004	161.9	53.6	36.1	6.2	434.5	337	315.9	250.6	170.9	256.3	273.6	128.9	2,425.50
2005	45.8	30.3	15.5	11.1	261.6	284.3	232.5	394.5	284.2	203.4	153.5	72.6	1,989.30
2006	78.4	40.7	16.6	29.1	105.2	275.1	435.5	233.5	177.6	235.2	128	113.9	1,868.80
2007	101.8	13.1	57.5	90.5	117.8	257.3	249.7	315.8	266.2	147.5	216.9	153.8	1,987.90
2008	73.7	39.4	15.7	13.6	310.8	352.4	264.8	271.6	265.3	267.6	15	199.1	2,089.00
2009	57.8	53.6	29.1	74	112.6	254.5	256.9	283.2	226.9	508.9	178	77.4	2,112.90
2010	17.6	11.7	18.6	243.4	200.6	270.3	276.9	274.1	230.3	218.5	188.9	31.2	1,982.10
2011	46.3	94	54.7	35.8	128.6	533.9	316.2	86.5	169.4	201.3	158.2	106.5	1,931.40
2012	131.6	35.3	54	91.6									312.5

Suma	3,122.90	1,352.70	915.2	1,812.70	6,852.00	11,908.50	12,540.20	11,674.10	10,648.90	11,134.20	6,840.20	4,563.20	83,364.80
Media	71	31.5	21.3	42.2	163.1	270.6	285	265.3	242	253.1	155.5	103.7	1,852.60
Max	232.4	125.2	57.5	243.4	531.1	533.9	486.8	468.1	484.9	508.9	367.2	272.5	2,425.50
Min	1.3	0.9	1.3	0.5	30.1	95	137.1	86.5	31	33.4	6.7	15.8	312.5

[Fuente: Dirección General de Recursos Hídricos - INETER]

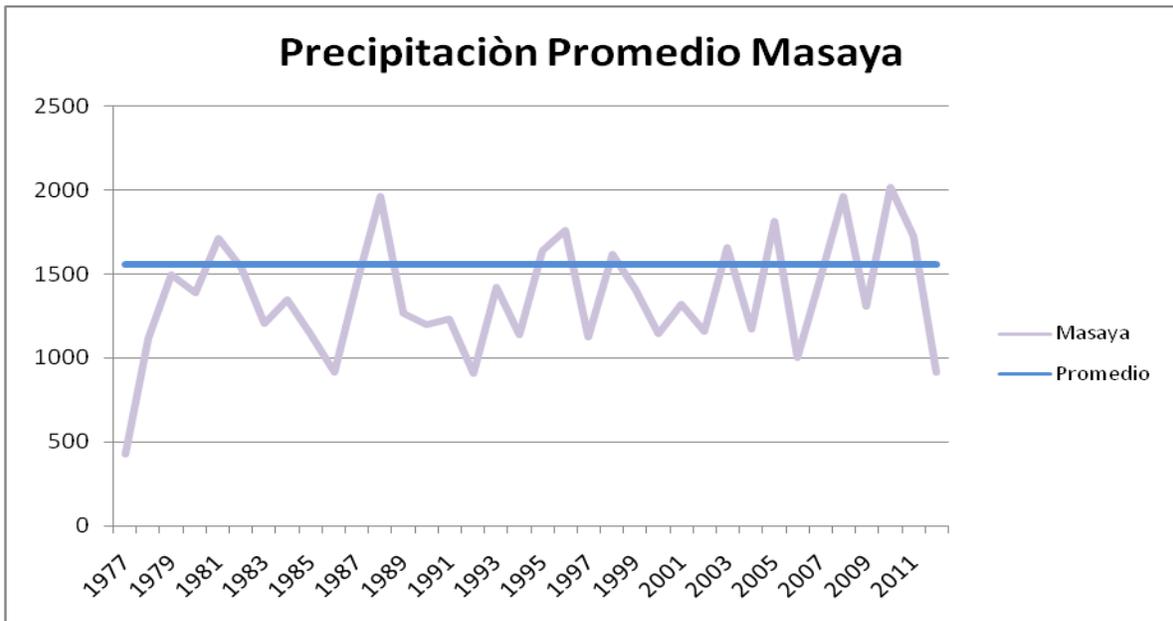


Grafica 20. Precipitación Promedio por estación- Masatepe



[Fuente: Elaboración propia]

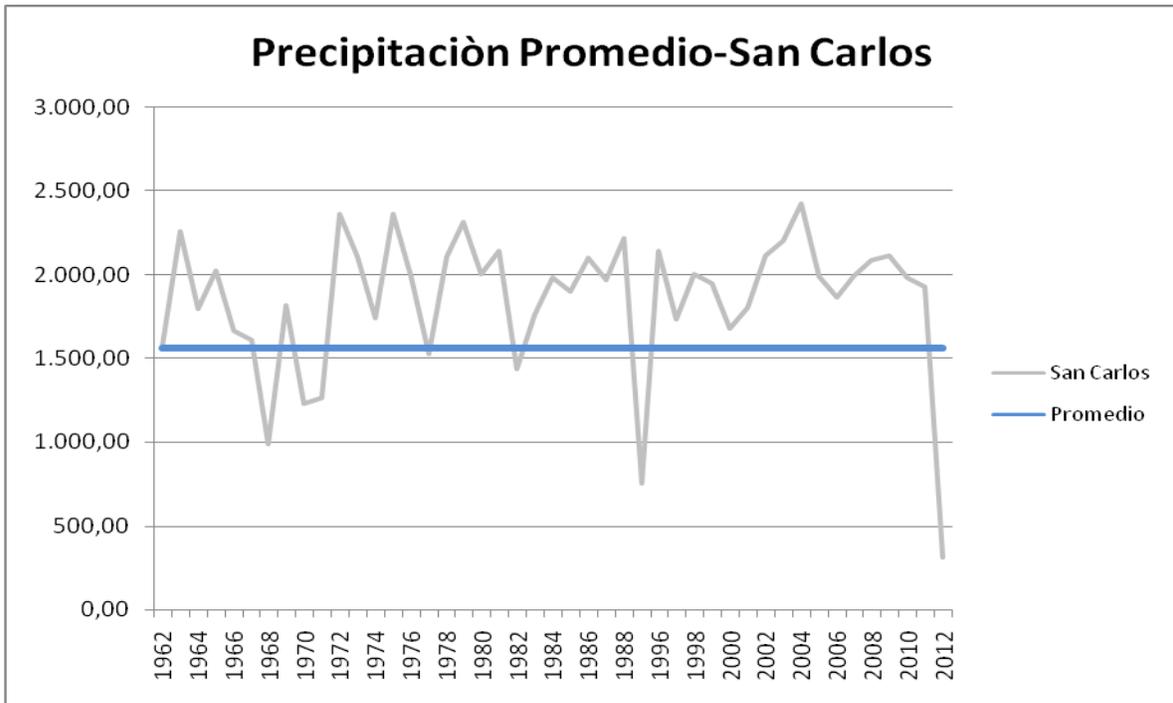
Grafica 21. Precipitación promedio- Estación Masaya



[Fuente: Elaboración propia]

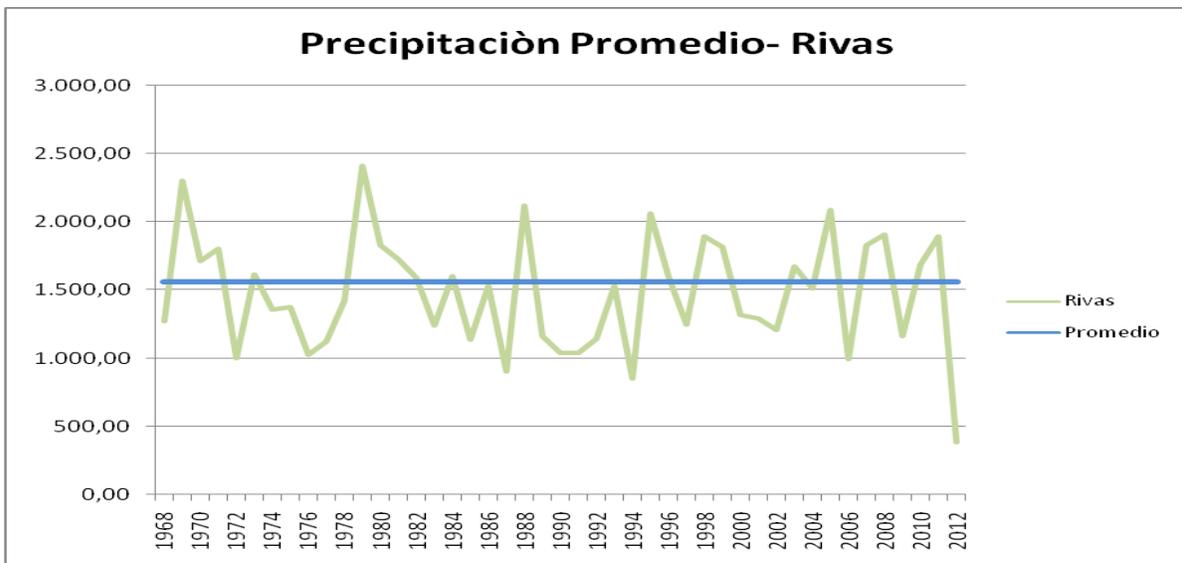


Grafica 22. Precipitación promedio- Estación San Carlos.



[Fuente: Elaboración propia]

Grafica 23. Precipitación promedio- Estación Rivas.



[Fuente: Elaboración propia]

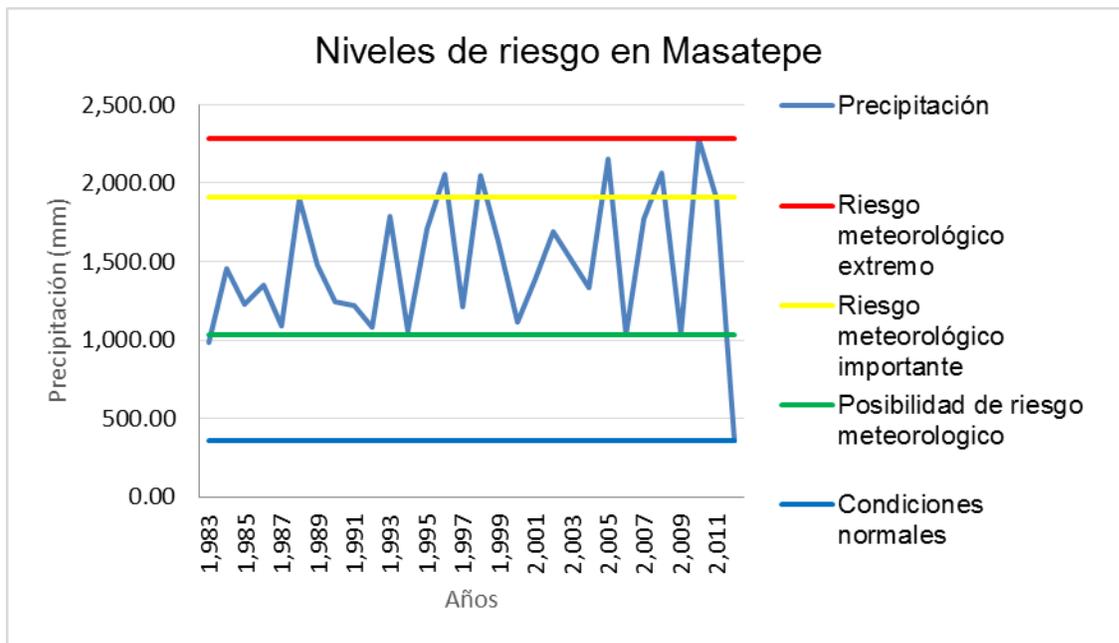


Tabla 29. Rangos de Colores de Alerta - Masatepe

Rangos de Colores de Alertas-Masatepe	
Condiciones Normales	361,8
Posibilidad de riesgo meteorológico	1.034
Riesgo meteorológico importante	2.281
Riesgo meteorológico extremo	2263,2

[Fuente: Elaboración propia]

Grafica 24. Precipitación con niveles de riesgo en Masatepe.



[Fuente: Elaboración propia]

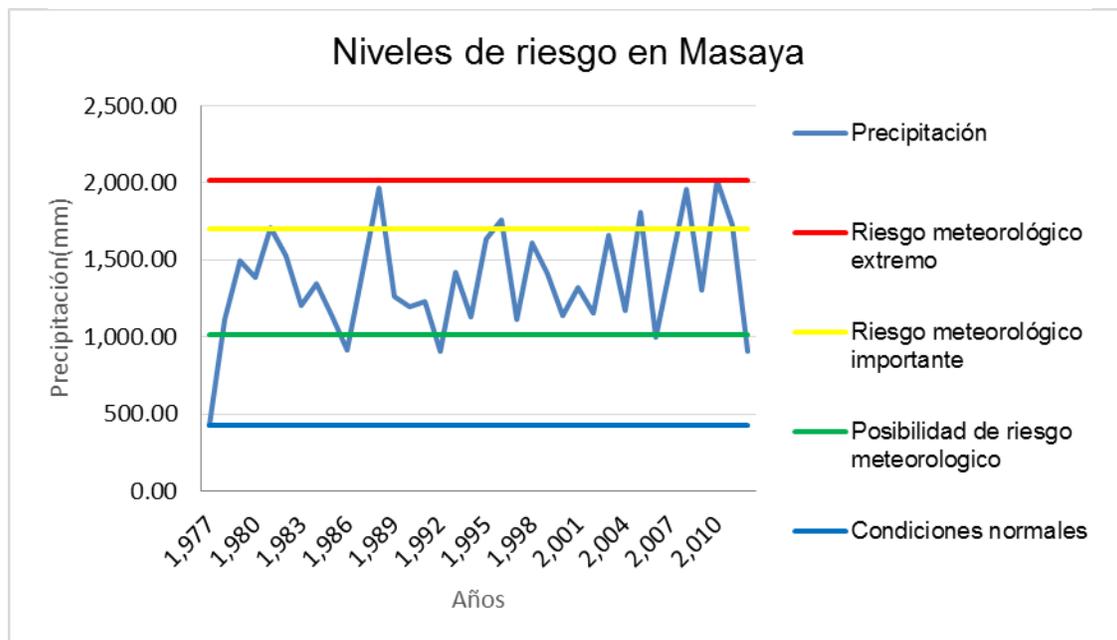


Tabla 30. Rangos de Colores de Alerta - Masaya

Rangos de Colores de Alertas-Masaya	
Condiciones Normales	423,7
Posibilidad de riesgo meteorológico	1.018
Riesgo meteorológico importante	2.015
Riesgo meteorológico extremo	2632,5

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 31. Precipitación con niveles de riesgo en Masaya.



[Fuente: Elaboración propia]

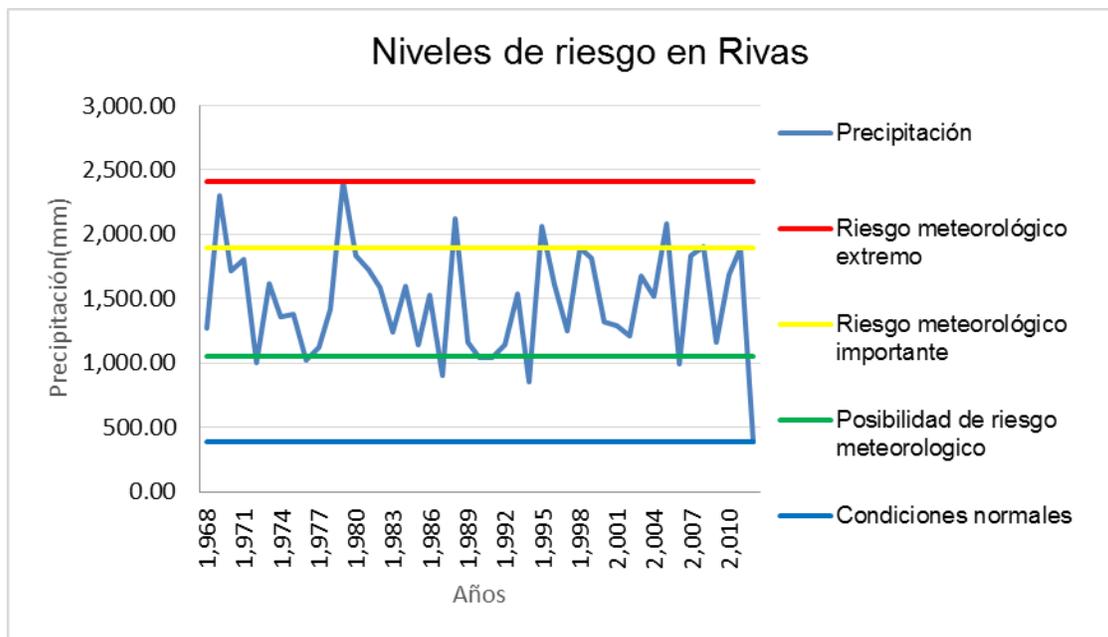


Tabla 32. Rangos de Colores de Alerta - Rivas

Rangos de Colores de Alertas-Rivas	
Condiciones normales	386,7
Posibilidad de riesgo meteorológico	1.056
Riesgo meteorológico importante	1.896
Riesgo meteorológico extremo	2410,1

[Fuente: Elaboración propia]

Grafica 25. Precipitación con niveles de riesgo en Rivas.



[Fuente: Elaboración propia]

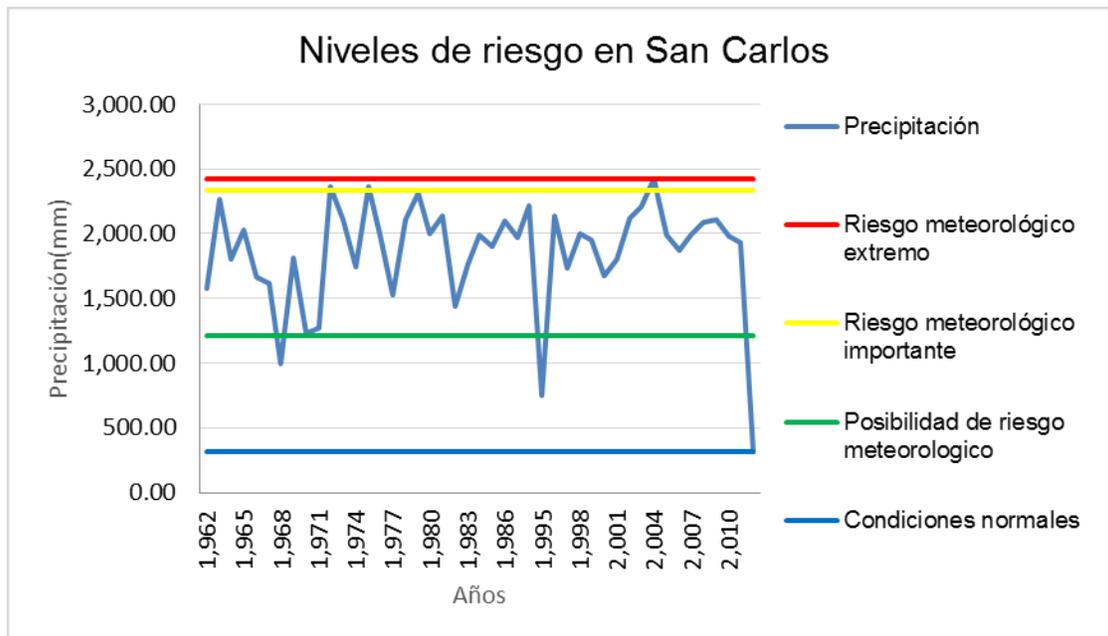


Tabla 33. Rangos de Colores de Alerta – San Carlos

Rangos de Colores de Alertas-San Carlos	
Condiciones Normales	312,5
Posibilidad de riesgo meteorológico	1.215
Riesgo meteorológico importante	2.333
Riesgo meteorológico extremo	2425,5

[Fuente: Elaboración propia]

Grafica 26. Precipitación con niveles de riesgo en San Carlos.



[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 34. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año-MASATEPE

P (361.8mm ≤ R ≤1033.82 mm)	P (1033.82 mm <R ≤1911.34mm)	P (1911.34 mm <R ≤ 2281.2mm)
<p>Sea A evento $R \geq 361.8\text{mm}$ y $R \leq 1033.82\text{ mm}$</p> <p>$P(A) = (361.8\text{mm} \leq R \leq 1033.82\text{ mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R \geq 361.8\text{mm}) - (R \leq 1033.82\text{ mm})$</p> <p>$n=30$</p> <p>$n(A)=3$</p> <p>$P(A) = 1 - n(A)/n$</p> <p>$P(A) = 1 - (3/30)$</p> <p>$P(A) = 0.9000$</p> <p>P(A)=90%</p>	<p>Sea B evento $R > 1033.82\text{ mm}$ y $R \leq 1879.38\text{mm}$</p> <p>$P(B) = P(1033.82\text{ mm} < R \leq 1911.34\text{mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R > 1033.82\text{ mm}) - (R \leq 1911.34\text{mm})$</p> <p>$n=30$</p> <p>$n(B)=22$</p> <p>$P(B) = 1 - n(B)/n$</p> <p>$P(B) = 1 - (22/30)$</p> <p>$P(B) = 0.2667$</p> <p>P(B)=27%</p>	<p>Sea C evento $R > 1911.34\text{ mm}$ y $R \leq 2281.2\text{mm}$</p> <p>$P(C) = (1911.34\text{ mm} < R \leq 2281.2\text{mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R > 1911.34\text{ mm}) - (R \leq 2281.2\text{mm})$</p> <p>$n=30$</p> <p>$n(C)=5$</p> <p>$P(C) = 1 - n(B)/n$</p> <p>$P(C) = 1 - (5/30)$</p> <p>$P(C) = 0.8333$</p> <p>P(C)=83%</p>

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 35. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año-MASAYA

P (423.7mm ≤ R ≤1017.84 mm)	P (1017.84 mm <R ≤1704.21mm)	P (1704.21 mm <R ≤ 2015.0mm)
<p>Sea A evento $R \geq 423.7\text{mm}$ y $R \leq 1017.84\text{ mm}$</p> <p>$P(A) = (423.7\text{mm} \leq R \leq 1017.84\text{ mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R \geq 423.7\text{mm}) - (R \leq 1017.84\text{ mm})$</p> <p>$n=36$</p> <p>$n(A)=5$</p> <p>$P(A) = 1 - n(A)/n$</p> <p>$P(A) = 1 - (5/36)$</p> <p>$P(A) = 0.8611$</p> <p>$P(A) = 86\%$</p>	<p>Sea B evento $R > 1017.84\text{ mm}$ y $R \leq 1704.21\text{mm}$</p> <p>$P(B) = (1017.84\text{ mm} < R \leq 1704.21\text{mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R > 1017.84\text{ mm}) - (R \leq 1704.21\text{mm})$</p> <p>$n=36$</p> <p>$n(B)=24$</p> <p>$P(B) = 1 - n(B)/n$</p> <p>$P(B) = 1 - (24/36)$</p> <p>$P(B) = 0.3333$</p> <p>$P(B) = 33\%$</p>	<p>Sea C evento $R > 1704.21\text{ mm}$ y $R \leq 2015.0\text{mm}$</p> <p>$P(C) = P(1704.21\text{ mm} < R \leq 2015.0\text{mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R > 1704.21\text{ mm}) - (R \leq 2015.0\text{mm})$</p> <p>$n=36$</p> <p>$n(C)=7$</p> <p>$P(C) = 1 - n(C)/n$</p> <p>$P(C) = 1 - (7/36)$</p> <p>$P(C) = 0.8056$</p> <p>$P(C) = 81\%$</p>

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 36. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año-RIVAS

P (386.7mm ≤ R ≤1056.22 mm)	P (1056.22 mm <R ≤1895.7mm)	P (1895.7 mm <R ≤ 2410.10mm)
Sea A evento $R \geq 386.7\text{mm}$ y $R \leq 1056.22\text{ mm}$	Sea B evento $R > 1056.22\text{ mm}$ y $R \leq 1895.7\text{mm}$	Sea C evento $R > 1895.7\text{ mm}$ y $R \leq 2410.10\text{mm}$
$P(A) = P(386.7\text{mm} \leq R \leq 1056.22\text{ mm})$	$P(B) = (1056.22\text{ mm} < R \leq 1895.7\text{mm})$	$P(C) = (1895.7\text{ mm} < R \leq 2410.10\text{mm})$
$P = 1 - P(R \geq 386.7\text{mm}) - (R \leq 1056.22\text{ mm})$	$P = 1 - P(R > 1056.22\text{ mm}) - (R \leq 1895.7\text{mm})$	$P = 1 - P(R > 1895.7\text{ mm}) - (R \leq 2410.10\text{mm})$
n=45	n=45	n=45
n(A)=8	n(B)=31	n(C)=6
$P(A) = 1 - n(A)/n$	$P(B) = 1 - n(B)/n$	$P(C) = 1 - n(C)/n$
$P(A) = 1 - (8/45)$	$P(B) = 1 - (31/45)$	$P(C) = 1 - (6/45)$
$P(A) = 0.8222$	$P(B) = 0.3111$	$P(C) = 0.8667$
P(A)=82%	P(B)= 31%	P(C)= 87%

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 37. Probabilidades de Ocurrencia de Rangos establecidos para este año-SAN CARLOS

P ($312.5\text{mm} \leq R \leq 1431.44$ mm)	P ($1431.44 \text{ mm} < R \leq 2273.66\text{mm}$)	P ($2273.66\text{mm} < R \leq 2425.50\text{mm}$)
<p>Sea A evento $R \geq 312.5\text{mm}$ y $R \leq 1431.44\text{mm}$</p> <p>$P(A) = (312.5\text{mm} \leq R \leq 1431.44 \text{ mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R \geq 312.5\text{mm}) - (R \leq 1431.44 \text{ mm})$</p> <p>$n=45$</p> <p>$n(A)=5$</p> <p>$P(A) = 1 - n(A)/n$</p> <p>$P(A) = 1 - (5/45)$</p> <p>$P(A) = 0.8889$</p> <p>P(A)= 89%</p>	<p>Sea B evento $R > 1431.44 \text{ mm}$ y $R \leq 2273.66\text{mm}$</p> <p>$P(B) = (1431.44 \text{ mm} < R \leq 2273.66\text{mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R > 1431.44 \text{ mm}) - (R \leq 2273.66\text{mm})$</p> <p>$n=45$</p> <p>$n(B)=36$</p> <p>$P(B) = 1 - n(B)/n$</p> <p>$P(B) = 1 - (36/45)$</p> <p>$P(B) = 0.2000$</p> <p>P(B)= 20%</p>	<p>Sea C evento $R > 2273.66\text{mm}$ y $R \leq 2425.50\text{mm}$</p> <p>$P(C) = (2273.66\text{mm} < R \leq 2425.50\text{mm})$</p> <p>$P = 1 - P(R > 2273.66\text{mm}) - (R \leq 2425.50\text{mm})$</p> <p>$n=45$</p> <p>$n(C)=4$</p> <p>$P(C) = 1 - n(C)/n$</p> <p>$P(C) = 1 - (4/45)$</p> <p>$P(C) = 0.9111$</p> <p>P(C)=91%</p>

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 38. Masatepe, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

N	X	TR	P(x≥Xm)	Pe(x≤Xm)	Lognormal						
					y=lnx	(lnx-α)	(lnx-α) ²	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
1	2281.2	31.00	0.0323	0.9677	7.7325	0.4909	0.2410	0.0001	(0.97)	(0.03)	0.18
2	2155.4	15.50	0.0645	0.9355	7.6757	0.4342	0.1885	0.0001	(0.94)		
3	2063.3	10.33	0.0968	0.9032	7.6321	0.3905	0.1525	0.0001	(0.90)		
4	2059	7.75	0.1290	0.8710	7.6300	0.3884	0.1509	0.0001	(0.87)		
5	2049.3	6.20	0.1613	0.8387	7.6253	0.3837	0.1472	0.0001	(0.84)		
6	1901.4	5.17	0.1935	0.8065	7.5503	0.3088	0.0953	0.0002	(0.81)		
7	1898.7	4.43	0.2258	0.7742	7.5489	0.3073	0.0945	0.0002	(0.77)		
8	1791.9	3.88	0.2581	0.7419	7.4910	0.2495	0.0622	0.0002	(0.74)		
9	1775.2	3.44	0.2903	0.7097	7.4817	0.2401	0.0576	0.0002	(0.71)		
10	1711.1	3.10	0.3226	0.6774	7.4449	0.2033	0.0413	0.0002	(0.68)		
11	1690.6	2.82	0.3548	0.6452	7.4328	0.1913	0.0366	0.0002	(0.64)		
12	1627.1	2.58	0.3871	0.6129	7.3946	0.1530	0.0234	0.0003	(0.61)		
13	1515.4	2.38	0.4194	0.5806	7.3234	0.0819	0.0067	0.0003	(0.58)		
14	1477.9	2.21	0.4516	0.5484	7.2984	0.0568	0.0032	0.0003	(0.55)		
15	1455.3	2.07	0.4839	0.5161	7.2830	0.0414	0.0017	0.0003	(0.52)		
16	1387.8	1.94	0.5161	0.4839	7.2355	(0.0061)	0.0000	0.0003	(0.48)		
17	1349.5	1.82	0.5484	0.4516	7.2075	(0.0341)	0.0012	0.0003	(0.45)		
18	1337.8	1.72	0.5806	0.4194	7.1988	(0.0428)	0.0018	0.0003	(0.42)		
19	1241.5	1.63	0.6129	0.3871	7.1241	(0.1175)	0.0138	0.0003	(0.39)		
20	1226.4	1.55	0.6452	0.3548	7.1118	(0.1297)	0.0168	0.0003	(0.35)		
21	1217.6	1.48	0.6774	0.3226	7.1046	(0.1369)	0.0188	0.0003	(0.32)		
22	1210.2	1.41	0.7097	0.2903	7.0985	(0.1430)	0.0205	0.0003	(0.29)		
23	1111.8	1.35	0.7419	0.2581	7.0137	(0.2278)	0.0519	0.0003	(0.26)		
24	1089.6	1.29	0.7742	0.2258	6.9936	(0.2480)	0.0615	0.0003	(0.23)		
25	1078.5	1.24	0.8065	0.1935	6.9833	(0.2582)	0.0667	0.0003	(0.19)		
26	1056.9	1.19	0.8387	0.1613	6.9631	(0.2785)	0.0776	0.0003	(0.16)		
27	1040.8	1.15	0.8710	0.1290	6.9477	(0.2938)	0.0863	0.0003	(0.13)		
28	1029.9	1.11	0.9032	0.0968	6.9372	(0.3044)	0.0926	0.0003	(0.10)		
29	984.5	1.07	0.9355	0.0645	6.8921	(0.3494)	0.1221	0.0003	(0.06)		
30	361.8	1.03	0.9677	0.0323	5.8911	(1.3505)	1.8238	0.0000	(0.03)		
Promedio	1472.58			Σlnx	217.25		3.76				
Maximo	2281.2		α=	7.24	Se acepta el ajuste						
Minimo	361.8		β=	0.354	No se acepta el ajuste						

Se acepta el ajuste



Continuación Tabla 39. Masatepe, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

PEARSON TIPO III							
$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$\Gamma(P)=(P-1)!$	$Pt(x \geq X_m)$	Δ desviación	Δ máx	Δ crítico $\alpha=0.05$
808.62	653866.304	528729371	1	-0.21881419	- 1.1866	-0.0323	0.18
682.82	466243.152	318360149	1	-0.21190209	- 1.1474		
590.72	348950.118	206131814	2	-0.10347756	- 1.0067		
586.42	343888.416	201663045	6	-0.03445441	- 0.9054		
576.72	332605.958	191820508	24	-0.00859214	- 0.8473		
428.82	183886.592	78854248.6	120	-0.00165405	- 0.8081		
426.12	181578.254	77374125.8	720	-0.00027548	- 0.7745		
319.32	101965.262	32559547.6	5040	-3.8277E-05	- 0.7420		
302.62	91578.8644	27713595.9	40320	-4.7639E-06	- 0.7097		
238.52	56891.7904	13569829.8	362880	-5.2053E-07	- 0.6774		
218.02	47532.7204	10363083.7	3628800	-5.1775E-08	- 0.6452		
154.52	23876.4304	3689386.03	39916800	-4.629E-09	- 0.6129		
42.82	1833.5524	78512.7138	479001600	-3.7456E-10	- 0.5806		
5.32	28.3024	150.568768	6227020800	-2.8528E-11	- 0.5484		
(17.28)	298.5984	-5159.78035	8.7178E+10	-2.0255E-12	- 0.5161		
(84.78)	7187.6484	-609368.831	1.3077E+12	-1.3264E-13	- 0.4839		
(123.08)	15148.6864	-1864500.32	2.0923E+13	-8.2056E-15	- 0.4516	Se acepta el ajuste	
(134.78)	18165.6484	-2448366.09	3.5569E+14	-4.8118E-16	- 0.4194		
(231.08)	53397.9664	-12339202.1	6.4024E+15	-2.6052E-17	- 0.3871		
(246.18)	60604.5924	-14919638.6	1.2165E+17	-1.3656E-18	- 0.3548		
(254.98)	65014.8004	-16577473.8	2.4329E+18	-6.8119E-20	- 0.3226		
(262.38)	68843.2644	-18063095.7	5.1091E+19	-3.2373E-21	- 0.2903		
(360.78)	130162.208	-46959921.5	1.124E+21	-1.433E-22	- 0.2581		
(382.98)	146673.68	-56173086.1	2.5852E+22	-6.193E-24	- 0.2258		
(394.08)	155299.046	-61200248.2	6.2045E+23	-2.5727E-25	- 0.1935		
(415.68)	172789.862	-71825290	1.5511E+25	-1.0231E-26	- 0.1613		
(431.78)	186433.968	-80498458.9	4.0329E+26	-3.9177E-28	- 0.1290		
(442.68)	195965.582	-86750044	1.0889E+28	-1.4467E-29	- 0.0968		
(488.08)	238222.086	-116271436	3.0489E+29	-5.1034E-31	- 0.0645		
(1,110.78)	1233832.21	-1370516140	8.8418E+30	-1.4804E-32	- 0.0323		
	5582765.57	-266114062					
S=	438.758655						
Y=	-0.10501939						
β=	362.677851						
α=	23.0390825						
δ=	-6883.18492						



Continuación Tabla 39. Masatepe, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

Gumbell				Normal				
Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	z=(x- \bar{X})/S	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
0,94855319	(0,02)	0,10	0,18	1,84297219	0,07300614	(0,89)	0,15	0,18
0,92654538	(0,01)			1,5562542	0,11884893	(0,82)		
0,90496203	0,00	Se acepta el ajuste		1,34634381	0,16117584	(0,74)	Se acepta el ajuste	
0,90381966	0,03			1,33654343	0,16330875	(0,71)		
0,90119481	0,06			1,31443561	0,1681651	(0,67)		
0,85188807	0,05			0,97734824	0,24745084	(0,56)		
0,85080672	0,08			0,97119452	0,24893887	(0,53)		
0,80189936	0,06			0,72778051	0,30612224	(0,44)		
0,79309137	0,08			0,68971859	0,31449271	(0,40)		
0,75609444	0,08			0,5436246	0,34414149	(0,33)		
0,74315152	0,10			0,49690188	0,35260943	(0,29)		
0,69949054	0,09			0,35217539	0,37495387	(0,24)		
0,60932327	0,03			0,09759352	0,39704694	(0,18)		
0,57533673	0,03			0,01212512	0,39891296	(0,15)		
0,55402103	0,04			-0,03938384	0,398633	(0,12)		
0,4870609	0,00			-0,19322696	0,39156378	(0,09)		
0,44727353	(0,00)			-0,28051868	0,38355053	(0,07)		
0,43492648	0,02			-0,30718482	0,38055682	(0,04)		
0,33178751	(0,06)			-0,52666767	0,3472786	(0,04)		
0,31567298	(0,04)			-0,56108295	0,34083882	(0,01)		
0,30632955	(0,02)			-0,58113953	0,33695695	0,01		
0,29850627	0,01			-0,5980053	0,33362299	0,04		
0,19951236	(0,06)			-0,82227438	0,28450453	0,03		
0,1790754	(0,05)			-0,87287167	0,2725615	0,05		
0,16920057	(0,02)			-0,89817032	0,26652333	0,07		
0,15069971	(0,01)			-0,94740011	0,25468647	0,09		
0,13756492	0,01			-0,98409455	0,24581905	0,12		
0,12900802	0,03			-1,00893736	0,2398082	0,14		
0,09647085	0,03			-1,1124111	0,21488167	0,15		
5,3747E-07	(0,03)			-2,53164237	0,01618703	(0,02)		
d=	0,00292314							
μ=	1275,11798							

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 39. Masaya, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

N	X	TR	P(x≥Xm)	Pe(x≤Xm)	Lognormal							
					y=lnx	(lnx-α)	(lnx-α) ²	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	
1	2015	37.00	0.0270	0.9730	7.6084	0.4290	0.1841	0.0001	(0.97)	(0.03)	0.18	
2	1962.8	18.50	0.0541	0.9459	7.5821	0.4028	0.1622	0.0001	(0.95)			
3	1960.2	12.33	0.0811	0.9189	7.5808	0.4015	0.1612	0.0001	(0.92)			
4	1811.8	9.25	0.1081	0.8919	7.5021	0.3227	0.1042	0.0002	(0.89)			
5	1756.2	7.40	0.1351	0.8649	7.4709	0.2916	0.0850	0.0002	(0.86)			
6	1723.5	6.17	0.1622	0.8378	7.4521	0.2728	0.0744	0.0002	(0.84)			
7	1710.6	5.29	0.1892	0.8108	7.4446	0.2652	0.0704	0.0002	(0.81)			
8	1657.9	4.63	0.2162	0.7838	7.4133	0.2340	0.0547	0.0002	(0.78)			
9	1636.5	4.11	0.2432	0.7568	7.4003	0.2210	0.0488	0.0003	(0.76)			
10	1614	3.70	0.2703	0.7297	7.3865	0.2071	0.0429	0.0003	(0.73)			
11	1531	3.36	0.2973	0.7027	7.3337	0.1543	0.0238	0.0003	(0.70)			
12	1494.1	3.08	0.3243	0.6757	7.3093	0.1299	0.0169	0.0003	(0.68)			
13	1475	2.85	0.3514	0.6486	7.2964	0.1171	0.0137	0.0003	(0.65)			
14	1457.1	2.64	0.3784	0.6216	7.2842	0.1049	0.0110	0.0004	(0.62)			
15	1417.4	2.47	0.4054	0.5946	7.2566	0.0772	0.0060	0.0004	(0.59)			
16	1408.4	2.31	0.4324	0.5676	7.2502	0.0709	0.0050	0.0004	(0.57)			
17	1388.4	2.18	0.4595	0.5405	7.2359	0.0566	0.0032	0.0004	(0.54)			
18	1344.1	2.06	0.4865	0.5135	7.2035	0.0241	0.0006	0.0004	(0.51)			
19	1319.5	1.95	0.5135	0.4865	7.1850	0.0057	0.0000	0.0004	(0.49)			
20	1303	1.85	0.5405	0.4595	7.1724	(0.0069)	0.0000	0.0004	(0.46)	Se acepta el ajuste		
21	1260.1	1.76	0.5676	0.4324	7.1389	(0.0404)	0.0016	0.0004	(0.43)			
22	1229.8	1.68	0.5946	0.4054	7.1146	(0.0647)	0.0042	0.0004	(0.40)			
23	1204.2	1.61	0.6216	0.3784	7.0936	(0.0858)	0.0074	0.0004	(0.38)			
24	1198.1	1.54	0.6486	0.3514	7.0885	(0.0909)	0.0083	0.0004	(0.35)			
25	1170.8	1.48	0.6757	0.3243	7.0654	(0.1139)	0.0130	0.0004	(0.32)			
26	1153.7	1.42	0.7027	0.2973	7.0507	(0.1286)	0.0165	0.0004	(0.30)			
27	1142.3	1.37	0.7297	0.2703	7.0408	(0.1386)	0.0192	0.0004	(0.27)			
28	1142.1	1.32	0.7568	0.2432	7.0406	(0.1387)	0.0192	0.0004	(0.24)			
29	1132.2	1.28	0.7838	0.2162	7.0319	(0.1474)	0.0217	0.0004	(0.22)			
30	1117.8	1.23	0.8108	0.1892	7.0191	(0.1602)	0.0257	0.0004	(0.19)			
31	1113.5	1.19	0.8378	0.1622	7.0153	(0.1641)	0.0269	0.0004	(0.16)			
32	996.7	1.16	0.8649	0.1351	6.9044	(0.2749)	0.0756	0.0004	(0.13)			
33	912.5	1.12	0.8919	0.1081	6.8162	(0.3632)	0.1319	0.0003	(0.11)			
34	909	1.09	0.9189	0.0811	6.8123	(0.3670)	0.1347	0.0003	(0.08)			
35	904	1.06	0.9459	0.0541	6.8068	(0.3725)	0.1388	0.0003	(0.05)			
36	423.7	1.03	0.9730	0.0270	6.0490	(1.1303)	1.2776	0.0000	(0.03)			
Promedio	1361.03			$\sum \ln x$	258.46		2.99					
Maximo	2015		$\alpha =$	7.18	Se acepta el ajuste							
Minimo	423.7		$\beta =$	0.288	No se acepta el ajuste							



Continuación tabla 40.

PEARSON TIPO III							
$\text{Xi}-\bar{X}$	$(\text{Xi}-\bar{X})^2$	$(\text{Xi}-\bar{X})^3$	$\Gamma(P)=(P-1)!$	$Pt(x \geq X_m)$	Δ desviación	$\Delta_{\text{máx}}$	$\Delta_{\text{crítico}} \alpha=0.05$
653.97	427679.6674	279690623	1	-0.31689379	- 1.2899	- 0.0270	0.18
601.77	362129.8074	217919659	1	-0.30902907	- 1.2550		
599.17	359007.3519	215107233	2	-0.15432086	- 1.0732		
450.77	203195.5963	91594930.5	6	-0.04786741	- 0.9398		
395.17	156161.0852	61710523.1	24	-0.01164599	- 0.8765		
362.47	131386.1119	47623815.9	120	-0.00229214	- 0.8401		
349.57	122200.7385	42717983.7	720	-0.00037961	- 0.8112		
296.87	88133.11633	26164274.1	5040	-5.284E-05	- 0.7838		
275.47	75884.94522	20904194.5	40320	-6.5356E-06	- 0.7568		
252.97	63994.94522	16188943.5	362880	-7.1813E-07	- 0.7297		
169.97	28890.55633	4910592.06	3628800	-6.8911E-08	- 0.7027		
133.07	17708.21633	2356471.7	39916800	-6.1502E-09	- 0.6757		
113.97	12989.66744	1480461.26	479001600	-5.0764E-10	- 0.6486		
96.07	9229.871883	886734.303	6227020800	-3.87E-11	- 0.6216		
56.37	3177.827438	179141.195	8.7178E+10	-2.7097E-12	- 0.5946		
47.37	2244.127438	106309.304	1.3077E+12	-1.7983E-13	- 0.5676		
27.37	749.2385494	20508.3241	2.0923E+13	-1.1126E-14	- 0.5405		
(16.93)	286.5496605	-4850.64898	3.5569E+14	-6.3999E-16	- 0.5135		
(41.53)	1724.556327	-71616.9919	6.4024E+15	-3.5114E-17	- 0.4865		
(58.03)	3367.222994	-195392.468	1.2165E+17	-1.8327E-18	- 0.4595		
(100.93)	10186.41633	-1028092.36	2.4329E+18	-8.9652E-20	- 0.4324		
(131.23)	17220.72966	-2259838.09	5.1091E+19	-4.2035E-21	- 0.4054		
(156.83)	24594.95188	-3857171.65	1.124E+21	-1.8858E-22	- 0.3784		
(162.93)	26545.46077	-4324992.93	2.5852E+22	-8.1734E-24	- 0.3514		
(190.23)	36186.60744	-6883697.92	6.2045E+23	-3.3581E-25	- 0.3243		
(207.33)	42984.80744	-8911944.6	1.5511E+25	-1.3315E-26	- 0.2973		
(218.73)	47841.84077	-10464339.5	4.0329E+26	-5.0909E-28	- 0.2703		
(218.93)	47929.37188	-10493070.9	1.0889E+28	-1.8853E-29	- 0.2432		
(228.83)	52362.15188	-11981914.9	3.0489E+29	-6.699E-31	- 0.2162		
(243.23)	59159.75188	-14389295	8.8418E+30	-2.2929E-32	- 0.1892		
(247.53)	61270.00077	-15166027.1	2.6525E+32	-7.6259E-34	- 0.1622		
(364.33)	132734.7297	-48358949.1	8.2228E+33	-2.3149E-35	- 0.1351		
(448.53)	201177.1674	-90233547.9	2.6313E+35	-6.9206E-37	- 0.1081		
(452.03)	204329.1119	-92362434.4	8.6833E+36	-2.0933E-38	- 0.0811		
(457.03)	208874.3897	-95461398.1	2.9523E+38	-6.1405E-40	- 0.0541		
(937.33)	878583.363	-823520591	1.0333E+40	-1.3519E-41	- 0.0270		
	4122122.052	-210406768					
S=	343.1835016						
Y=	-0.144603232						
β=	191.2951633						
α=	24.81272181						
δ=	2285.525892						

Se acepta el ajuste



Continuación tabla 40.

Gumbell				Normal						
Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	z=(x- \bar{X})/S	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05		
0,95242822	(0,02)	0,08	0,18	1,90560507	0,06491972	(0,91)	0,15	0,18		
0,942480729	(0,00)			1,75349986	0,08574998	(0,86)				
0,941935732	0,02			1,74592374	0,08689425	(0,83)				
0,901082494	0,01			1,31350202	0,16837152	(0,72)				
0,879664888	0,01			1,15148957	0,20558357	(0,66)				
0,865125614	0,03			1,05620527	0,22838481	(0,61)				
0,858957036	0,05			1,01861605	0,2374667	(0,57)				
0,830994271	0,05			0,86505389	0,27441941	(0,51)				
0,818283205	0,06			0,80269658	0,28906623	(0,47)				
0,804013243	0,07			0,73713399	0,30403216	(0,43)				
0,742692531	0,04			0,49528087	0,3528931	(0,35)				
0,710732698	0,04			0,38775822	0,37005015	(0,31)				
0,693001254	0,04			0,33210286	0,37753776	(0,27)				
0,675639898	0,05			0,27994417	0,38361229	(0,24)				
0,634570828	0,04			0,16426262	0,39359625	(0,20)				
0,624774852	0,06			0,13803759	0,39515953	(0,17)				
0,602379145	0,06			0,07975973	0,39767534	(0,14)				
0,549838336	0,04			-0,04932573	0,39845726	(0,12)				
0,519064311	0,03			-0,1210075	0,39603213	(0,09)				
0,497860663	0,04	Se acepta el ajuste		-0,16908673	0,3932799	(0,07)	Se acepta el ajuste			
0,440997998	0,01			-0,29409274	0,38205764	(0,05)				
0,399765449	(0,01)			-0,3823837	0,37081678	(0,03)				
0,364608628	(0,01)			-0,45697936	0,35938767	(0,02)				
0,356223995	0,00			-0,47475411	0,35642399	0,01				
0,318839949	(0,01)			-0,55430339	0,34212995	0,02				
0,295673358	(0,00)			-0,60413096	0,33239687	0,04				
0,280400877	0,01			-0,63734934	0,32561303	0,06				
0,280134411	0,04			-0,63793212	0,32549205	0,08				
0,267015777	0,05			-0,66677966	0,31942394	0,10				
0,248216108	0,06			-0,70873972	0,3103376	0,12				
0,242675704	0,08			-0,72126946	0,30756976	0,15				
0,111803532	(0,02)			-1,06161216	0,22708095	0,09				
0,049723623	(0,06)			-1,30696195	0,1698205	0,06				
0,047797092	(0,03)			-1,31716057	0,16756323	0,09				
0,04513284	(0,01)			-1,33173004	0,16436085	0,11				
7,95925E-09	(0,03)			-2,73127284	0,00957247	(0,02)				
d=	0,00373722									
μ=	1206,57907									

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 40.Rivas, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

N	X	TR	P(x≥Xm)	Pe(x≤Xm)	Lognormal						
					y=lnx	(lnx-α)	(lnx-α) ²	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
1	2410.1	46.00	0.0217	0.9783	7.7874	0.5365	0.2878	0.0001	(0.98)	Se acepta el ajuste	0.18
2	2297	23.00	0.0435	0.9565	7.7394	0.4884	0.2386	0.0001	(0.96)		
3	2117.3	15.33	0.0652	0.9348	7.6579	0.4070	0.1656	0.0001	(0.93)		
4	2086.8	11.50	0.0870	0.9130	7.6434	0.3925	0.1540	0.0001	(0.91)		
5	2061.2	9.20	0.1087	0.8913	7.6310	0.3801	0.1445	0.0001	(0.89)		
6	1907.6	7.67	0.1304	0.8696	7.5536	0.3027	0.0916	0.0002	(0.87)		
7	1892.8	6.57	0.1522	0.8478	7.5458	0.2949	0.0870	0.0002	(0.85)		
8	1891.5	5.75	0.1739	0.8261	7.5451	0.2942	0.0866	0.0002	(0.83)		
9	1831.1	5.11	0.1957	0.8043	7.5127	0.2618	0.0685	0.0002	(0.80)		
10	1830.3	4.60	0.2174	0.7826	7.5122	0.2613	0.0683	0.0002	(0.78)		
11	1815.4	4.18	0.2391	0.7609	7.5041	0.2531	0.0641	0.0002	(0.76)		
12	1803.3	3.83	0.2609	0.7391	7.4974	0.2465	0.0607	0.0002	(0.74)		
13	1721.9	3.54	0.2826	0.7174	7.4512	0.2003	0.0401	0.0002	(0.72)		
14	1714.2	3.29	0.3043	0.6957	7.4467	0.1958	0.0383	0.0002	(0.70)		
15	1684.6	3.07	0.3261	0.6739	7.4293	0.1784	0.0318	0.0003	(0.67)		
16	1672.2	2.88	0.3478	0.6522	7.4219	0.1710	0.0292	0.0003	(0.65)		
17	1617.6	2.71	0.3696	0.6304	7.3887	0.1378	0.0190	0.0003	(0.63)		
18	1601.9	2.56	0.3913	0.6087	7.3789	0.1280	0.0164	0.0003	(0.61)		
19	1600.8	2.42	0.4130	0.5870	7.3783	0.1273	0.0162	0.0003	(0.59)		
20	1590.5	2.30	0.4348	0.5652	7.3718	0.1209	0.0146	0.0003	(0.56)		
21	1533.4	2.19	0.4565	0.5435	7.3352	0.0843	0.0071	0.0003	(0.54)		
22	1530.2	2.09	0.4783	0.5217	7.3332	0.0822	0.0068	0.0003	(0.52)		
23	1512.5	2.00	0.5000	0.5000	7.3215	0.0706	0.0050	0.0003	(0.50)		
24	1417.8	1.92	0.5217	0.4783	7.2569	0.0059	0.0000	0.0003	(0.48)		
25	1374.2	1.84	0.5435	0.4565	7.2256	(0.0253)	0.0006	0.0004	(0.46)		
26	1358.8	1.77	0.5652	0.4348	7.2144	(0.0366)	0.0013	0.0004	(0.43)		
27	1317.1	1.70	0.5870	0.4130	7.1832	(0.0677)	0.0046	0.0004	(0.41)		
28	1289.6	1.64	0.6087	0.3913	7.1621	(0.0888)	0.0079	0.0004	(0.39)		
29	1271.6	1.59	0.6304	0.3696	7.1480	(0.1029)	0.0106	0.0004	(0.37)		
30	1246.6	1.53	0.6522	0.3478	7.1282	(0.1227)	0.0151	0.0004	(0.35)		
31	1237	1.48	0.6739	0.3261	7.1204	(0.1305)	0.0170	0.0004	(0.33)		
32	1208.6	1.44	0.6957	0.3043	7.0972	(0.1537)	0.0236	0.0004	(0.30)		
33	1163.4	1.39	0.7174	0.2826	7.0591	(0.1918)	0.0368	0.0004	(0.28)		
34	1162	1.35	0.7391	0.2609	7.0579	(0.1930)	0.0373	0.0004	(0.26)		
35	1143.5	1.31	0.7609	0.2391	7.0418	(0.2091)	0.0437	0.0003	(0.24)		
36	1136.2	1.28	0.7826	0.2174	7.0354	(0.2155)	0.0464	0.0003	(0.22)		
37	1124.4	1.24	0.8043	0.1957	7.0250	(0.2259)	0.0510	0.0003	(0.20)		
38	1040.2	1.21	0.8261	0.1739	6.9472	(0.3038)	0.0923	0.0003	(0.17)		
39	1039.4	1.18	0.8478	0.1522	6.9464	(0.3045)	0.0927	0.0003	(0.15)		
40	1025.7	1.15	0.8696	0.1304	6.9331	(0.3178)	0.1010	0.0003	(0.13)		
41	1000.5	1.12	0.8913	0.1087	6.9083	(0.3427)	0.1174	0.0003	(0.11)		
42	993.5	1.10	0.9130	0.0870	6.9012	(0.3497)	0.1223	0.0003	(0.09)		
43	905.2	1.07	0.9348	0.0652	6.8082	(0.4428)	0.1960	0.0002	(0.07)		
44	851.9	1.05	0.9565	0.0435	6.7475	(0.5035)	0.2535	0.0002	(0.04)		
45	386.7	1.02	0.9783	0.0217	5.9576	(1.2933)	1.6726	0.0000	(0.02)		
Promedio	1475.96			Σlnx	326.29		4.69				
Maximo	2410.1		α=	7.25	Se acepta el ajuste						
Minimo	386.7		β=	0.323	No se acepta el ajuste						



Continuación Tabla 41.

PEARSON TIPO III							
$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$\Gamma(P) = (P-1)!$	$Pt(x \geq X_m)$	Δ desviación	$\Delta_{m\acute{a}x}$	Δ crítico $\alpha=0.05$
934.14	872621.691	815152766	1	-0.84060758	- 1.8189	- 0.0217	0.18
821.04	674110.331	553473044	1	-0.83673552	- 1.7933		
641.34	411319.846	263796784	2	-0.41530566	- 1.3501		
610.84	373128.22	227922471	6	-0.13826254	- 1.0513		
585.24	342508.459	200450411	24	-0.03452943	- 0.9258		
431.64	186315.008	80421424.1	120	-0.00686257	- 0.8764		
416.84	173757.438	72429436.7	720	-0.00114307	- 0.8490		
415.54	172675.338	71753893.9	5040	-0.00016329	- 0.8263		
355.14	126125.998	44792667.2	40320	-2.036E-05	- 0.8044		
354.34	125558.41	44490646.2	362880	-2.2622E-06	- 0.7826		
339.44	115221.022	39110879.8	3628800	-2.2608E-07	- 0.7609		
327.34	107152.93	35075678.4	39916800	-2.0543E-08	- 0.7391		
245.94	60487.5767	14876449	479001600	-1.7062E-09	- 0.7174		
238.24	56759.3564	13522475.2	6227020800	-1.312E-10	- 0.6957		
208.64	43531.5769	9082524.94	8.7178E+10	-9.3602E-12	- 0.6739		
196.24	38511.0098	7557486.14	1.3077E+12	-6.2369E-13	- 0.6522		
141.64	20062.5191	2841699.79	2.0923E+13	-3.8893E-14	- 0.6304		
125.94	15861.4433	1997625.42	3.5569E+14	-2.2864E-15	- 0.6087		
124.84	15585.5804	1945738.5	6.4024E+15	-1.2702E-16	- 0.5870		
114.54	13119.9207	1502784.87	1.2165E+17	-6.6822E-18	- 0.5652		
57.44	3299.60889	189536.867	2.4329E+18	-3.3332E-19	- 0.5435		
54.24	2942.21867	159592.479	5.1091E+19	-1.5871E-20	- 0.5217		
36.54	1335.334	48796.0719	1.124E+21	-7.2086E-22	- 0.5000		
(58.16)	3382.32712	-196708.629	2.5852E+22	-3.122E-23	- 0.4783		
(101.76)	10354.6453	-1053665.7	6.2045E+23	-1.2985E-24	- 0.4565		
(117.16)	13725.9449	-1608101.2	1.5511E+25	-5.1907E-26	- 0.4348		
(158.86)	25235.7936	-4008902.09	4.0329E+26	-1.993E-27	- 0.4130		
(186.36)	34729.2213	-6472060.51	1.0889E+28	-7.373E-29	- 0.3913		
(204.36)	41762.1013	-8534410.22	3.0489E+29	-2.6313E-30	- 0.3696		
(229.36)	52604.9902	-12065363.7	8.8418E+30	-9.064E-32	- 0.3478		
(238.96)	57100.8196	-13644685	2.6525E+32	-3.0201E-33	- 0.3261		
(267.36)	71480.1813	-19110782.4	8.2228E+33	-9.731E-35	- 0.3043		
(312.56)	97692.3644	-30534508.3	2.6313E+35	-3.0353E-36	- 0.2826		
(313.96)	98569.4862	-30946656.9	8.6833E+36	-9.1972E-38	- 0.2609		
(332.46)	110528.174	-36745951.1	2.9523E+38	-2.703E-39	- 0.2391		
(339.76)	115435.348	-39220057.2	1.0333E+40	-7.7205E-41	- 0.2174		
(351.56)	123592.871	-43450035.1	3.7199E+41	-2.1435E-42	- 0.1957		
(435.76)	189884.841	-82743796.3	1.3764E+43	-5.7732E-44	- 0.1739		
(436.56)	190582.693	-83200357.1	5.2302E+44	-1.5192E-45	- 0.1522		
(450.26)	202732.066	-91281689.7	2.0398E+46	-3.8932E-47	- 0.1304		
(475.46)	226060.098	-107482032	8.1592E+47	-9.7229E-49	- 0.1087		
(482.46)	232765.507	-112299529	3.3453E+49	-2.3708E-50	- 0.0870		
(570.76)	325764.441	-185932588	1.405E+51	-5.6241E-52	- 0.0652		
(624.06)	389448.11	-243038122	6.0415E+52	-1.305E-53	- 0.0435		
(1,089.26)	1186482.51	-1292385298	2.6583E+54	-2.9092E-55	- 0.0217		
	7751905.37	56639510.9					
S=	419.737617						
Y=	0.01702054						
β=	13807.4471						
α=	3.57208018						
δ=	-47845.3504						

Se acepta el ajuste



Continuación Tabla 41. Rivas, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

Gumbell				Normal					
Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	z=(x- \bar{x})/S	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	
0,96818125	(0,01)	0,11	0,18	2,22553849	0,03352549	(0,9447)	0,12	0,18	
0,95534291	(0,00)			1,95608444	0,05889072	(0,8976)			
0,92393675	(0,01)			1,52795984	0,12414945	(0,8106)			
0,91682466	0,00			1,4552954	0,13836213	(0,7747)			
0,91036959	0,02			1,39430491	0,15092359	(0,7404)			
0,86058078	(0,01)			1,02836202	0,23510977	(0,6345)			
0,8546239	0,01			0,99310189	0,24363984	(0,6042)			
0,8540897	0,03			0,99000472	0,24438921	(0,5817)			
0,82721828	0,02			0,8461053	0,27890456	(0,5254)			
0,82683433	0,04			0,84419935	0,27935419	(0,5033)			
0,81954308	0,06			0,80870098	0,28767118	(0,4732)			
0,81342307	0,07			0,77987345	0,29433408	(0,4448)			
0,76734506	0,05			0,58594277	0,33601382	(0,3814)			
0,7625225	0,07			0,56759798	0,33958796	(0,3561)			
0,74320127	0,07			0,49707773	0,35257861	(0,3213)			
0,73473213	0,08			0,46753547	0,35763826	(0,2945)			
0,69474172	0,06			0,3374542	0,376862	(0,2536)			
0,6824176	0,07			0,30004988	0,38138211	(0,2273)			
0,68154023	0,09			0,2974292	0,38168081	(0,2053)			
0,67323655	0,11			0,27289006	0,38436102	(0,1809)			
0,62432808	0,08			0,13685269	0,39522389	(0,1483)			
0,62144488	0,10			0,12922888	0,39562496	(0,1261)			
0,60523118	0,11			0,08705968	0,39743327	(0,1026)			
0,51137381	0,03			-0,13855746	0,39513112	(0,0831)			
0,46476339	0,01			-0,24243188	0,3873893	(0,0691)			
0,44791831	0,01	Se acepta el ajuste		-0,27912146	0,38370052	(0,0511)			
0,40160525	(0,01)			-0,37846924	0,3713694	(0,0417)			
0,37073897	(0,02)			-0,44398636	0,36149738	(0,0298)			
0,35051185	(0,02)			-0,4868703	0,35435364	(0,0152)			
0,3225222	(0,03)			-0,54643131	0,34361545	(0,0042)			
0,3118389	(0,01)			-0,56930274	0,33925904	0,0132			
0,28057707	(0,02)			-0,63696406	0,32569297	0,0213			
0,23243721	(0,05)			-0,74465038	0,30234376	0,0197			
0,23098778	(0,03)			-0,7479858	0,30159208	0,0407			
0,21211789	(0,03)			-0,79206095	0,29152812	0,0524			
0,204827	(0,01)			-0,80945277	0,28749626	0,0701			
0,19324376	(0,00)			-0,83756557	0,28091685	0,0853			
0,11930045	(0,05)			-1,03816708	0,23273985	0,0588			
0,11868128	(0,03)			-1,04007304	0,23227936	0,0801			
0,10834572	(0,02)			-1,07271247	0,22440685	0,0940			
0,09068905	(0,02)			-1,13274998	0,21003107	0,1013			
0,08610287	(0,00)			-1,14942707	0,20607197	0,1191			
0,04028807	(0,02)			-1,35979658	0,15826857	0,0931			
0,02282787	(0,02)			-1,48678067	0,13209989	0,0886			
1,5806E-07	(0,02)			-2,59509211	0,01375724	(0,0080)			
d=	0,0030556								
μ=	1287,05612								

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 41. San Carlos, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

N	X	TR	P(x≥Xm)	Pe(x≤Xm)	Lognormal						
					y=lnx	(lnx-α)	(lnx-α) ²	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
1	2425.5	46.00	0.0217	0.9783	7.7938	0.3122		0.0001	(0.98)	(0.02)	0.18
2	2362.3	23.00	0.0435	0.9565	7.7674	0.2858	0.0817	0.0001	(0.96)		
3	2361.8	15.33	0.0652	0.9348	7.7672	0.2856	0.0816	0.0001	(0.93)		
4	2312.9	11.50	0.0870	0.9130	7.7463	0.2647	0.0701	0.0001	(0.91)		
5	2263.2	9.20	0.1087	0.8913	7.7245	0.2430	0.0590	0.0002	(0.89)		
6	2219.2	7.67	0.1304	0.8696	7.7049	0.2233	0.0499	0.0002	(0.87)		
7	2203.5	6.57	0.1522	0.8478	7.6978	0.2162	0.0468	0.0002	(0.85)		
8	2141.3	5.75	0.1739	0.8261	7.6692	0.1876	0.0352	0.0002	(0.83)		
9	2139.6	5.11	0.1957	0.8043	7.6684	0.1868	0.0349	0.0002	(0.80)		
10	2115.1	4.60	0.2174	0.7826	7.6569	0.1753	0.0307	0.0002	(0.78)		
11	2112.9	4.18	0.2391	0.7609	7.6558	0.1742	0.0304	0.0002	(0.76)		
12	2108.2	3.83	0.2609	0.7391	7.6536	0.1720	0.0296	0.0002	(0.74)		
13	2106	3.54	0.2826	0.7174	7.6525	0.1710	0.0292	0.0002	(0.72)		
14	2100.7	3.29	0.3043	0.6957	7.6500	0.1685	0.0284	0.0002	(0.70)		
15	2089	3.07	0.3261	0.6739	7.6444	0.1629	0.0265	0.0002	(0.67)		
16	2027.6	2.88	0.3478	0.6522	7.6146	0.1330	0.0177	0.0002	(0.65)		
17	2003	2.71	0.3696	0.6304	7.6024	0.1208	0.0146	0.0002	(0.63)		
18	2001.5	2.56	0.3913	0.6087	7.6017	0.1201	0.0144	0.0002	(0.61)		
19	1993.7	2.42	0.4130	0.5870	7.5977	0.1162	0.0135	0.0002	(0.59)		
20	1989.3	2.30	0.4348	0.5652	7.5955	0.1140	0.0130	0.0002	(0.56)		
21	1987.9	2.19	0.4565	0.5435	7.5948	0.1133	0.0128	0.0002	(0.54)		
22	1986.4	2.09	0.4783	0.5217	7.5941	0.1125	0.0127	0.0002	(0.52)		
23	1982.1	2.00	0.5000	0.5000	7.5919	0.1103	0.0122	0.0002	(0.50)		
24	1967.8	1.92	0.5217	0.4783	7.5847	0.1031	0.0106	0.0002	(0.48)	Se acepta el ajuste	
25	1948.5	1.84	0.5435	0.4565	7.5748	0.0932	0.0087	0.0002	(0.46)		
26	1931.4	1.77	0.5652	0.4348	7.5660	0.0844	0.0071	0.0002	(0.43)		
27	1901.3	1.70	0.5870	0.4130	7.5503	0.0687	0.0047	0.0002	(0.41)		
28	1868.8	1.64	0.6087	0.3913	7.5331	0.0515	0.0027	0.0002	(0.39)		
29	1814.5	1.59	0.6304	0.3696	7.5036	0.0220	0.0005	0.0003	(0.37)		
30	1805.7	1.53	0.6522	0.3478	7.4987	0.0171	0.0003	0.0003	(0.35)		
31	1797.9	1.48	0.6739	0.3261	7.4944	0.0128	0.0002	0.0003	(0.33)		
32	1762.6	1.44	0.6957	0.3043	7.4745	(0.0070)	0.0000	0.0003	(0.30)		
33	1742.1	1.39	0.7174	0.2826	7.4628	(0.0187)	0.0004	0.0003	(0.28)		
34	1737.6	1.35	0.7391	0.2609	7.4603	(0.0213)	0.0005	0.0003	(0.26)		
35	1677.4	1.31	0.7609	0.2391	7.4250	(0.0566)	0.0032	0.0003	(0.24)		
36	1669	1.28	0.7826	0.2174	7.4200	(0.0616)	0.0038	0.0003	(0.22)		
37	1611.9	1.24	0.8043	0.1957	7.3852	(0.0964)	0.0093	0.0003	(0.20)		
38	1573.7	1.21	0.8261	0.1739	7.3612	(0.1204)	0.0145	0.0003	(0.17)		
39	1529	1.18	0.8478	0.1522	7.3324	(0.1492)	0.0223	0.0003	(0.15)		
40	1438.4	1.15	0.8696	0.1304	7.2713	(0.2103)	0.0442	0.0003	(0.13)		
41	1267.9	1.12	0.8913	0.1087	7.1451	(0.3365)	0.1132	0.0002	(0.11)		
42	1229.7	1.10	0.9130	0.0870	7.1145	(0.3670)	0.1347	0.0002	(0.09)		
43	992.5	1.07	0.9348	0.0652	6.9002	(0.5813)	0.3380	0.0001	(0.07)		
44	751.9	1.05	0.9565	0.0435	6.6226	(0.8590)	0.7378	0.0000	(0.04)		
45	312.5	1.02	0.9783	0.0217	5.7446	(1.7370)	3.0170	0.0000	(0.02)		
Promedio	1852.55			Σlnx	336.67		5.22				
Maximo	2425.5		α=	7.48	Se acepta el ajuste						
Minimo	312.5		β=	0.341	No se acepta el ajuste						



Continuación Tabla 42. San Carlos, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

PEARSON TIPO III							
$X_i - \bar{X}$	$(X_i - \bar{X})^2$	$(X_i - \bar{X})^3$	$\Gamma(P) = (P-1)!$	$Pt(x \geq X_m)$	Δ desviación	Δ máx	Δ crítico $\alpha=0.05$
572.95	328270.429	188082178	1	0.00108367	- 0.9772	- 0.0217	0.18
509.75	259843.93	132455154	1	0.00107162	- 0.9555		
509.25	259334.431	132065771	2	0.00053575	- 0.9342		
460.35	211921.1	97557642.7	6	0.0001766	- 0.9129		
410.65	168632.51	69248752.8	24	4.3541E-05	- 0.8913		
366.65	134431.408	49289126.3	120	8.5821E-06	- 0.8696		
350.95	123165.123	43224662.9	720	1.4221E-06	- 0.8478		
288.75	83375.9208	24074704.5	5040	1.9792E-07	- 0.8261		
287.05	82397.0646	23651985.8	40320	2.472E-08	- 0.8043		
262.55	68931.9191	18097998.8	362880	2.7142E-09	- 0.7826		
260.35	67781.5439	17646849.7	3628800	2.7112E-10	- 0.7609		
255.65	65356.3544	16708279.4	39916800	2.4588E-11	- 0.7391		
253.45	64236.3393	16280628.8	479001600	2.0467E-12	- 0.7174		
248.15	61577.8711	15280480.3	6227020800	1.57E-13	- 0.6957		
236.45	55908.0771	13219402.7	8.7178E+10	1.1144E-14	- 0.6739		
175.05	30642.1135	5363867.92	1.3077E+12	7.1593E-16	- 0.6522		
150.45	22634.8682	3405390.77	2.0923E+13	4.3997E-17	- 0.6304		
148.95	22185.7715	3304546.01	3.5569E+14	2.5853E-18	- 0.6087		
141.15	19923.0088	2812110.56	6.4024E+15	1.4282E-19	- 0.5870		
136.75	18700.2586	2557239.59	1.2165E+17	7.4924E-21	- 0.5652		
135.35	18319.3217	2479499.84	2.4329E+18	3.7423E-22	- 0.5435		
133.85	17915.5251	2397973.12	5.1091E+19	1.78E-23	- 0.5217		
129.55	16782.9146	2174207.94	1.124E+21	8.0649E-25	- 0.5000		
115.25	13282.3064	1530771.05	2.5852E+22	3.4678E-26	- 0.4783		
95.95	9206.18928	883323.632	6.2045E+23	1.4224E-27	- 0.4565		
78.85	6217.14728	490215.155	1.5511E+25	5.6062E-29	- 0.4348		
48.75	2376.45417	115849.5	4.0329E+26	2.0969E-30	- 0.4130		
16.25	264.02639	4290.13548	1.0889E+28	7.513E-32	- 0.3913		
(38.05)	1447.88706	-55093.7113	3.0489E+29	2.518E-33	- 0.3696		
(46.85)	2195.02661	-102839.436	8.8418E+30	8.5847E-35	- 0.3478		
(54.65)	2986.74395	-163228.875	2.6525E+32	2.8321E-36	- 0.3261		
(89.95)	8091.20239	-727812.645	8.2228E+33	8.6868E-38	- 0.3043		
(110.45)	12199.4479	-1347442.58	2.6313E+35	2.6288E-39	- 0.2826		
(114.95)	13213.7579	-1518936.16	8.6833E+36	7.9074E-41	- 0.2609		
(175.15)	30677.9117	-5373270.32	2.9523E+38	2.0814E-42	- 0.2391		
(183.55)	33691.0104	-6184022.39	1.0333E+40	5.8434E-44	- 0.2174		
(240.65)	57912.9573	-13936817.5	3.7199E+41	1.4158E-45	- 0.1957		
(278.85)	77757.9422	-21682888.6	1.3764E+43	3.4196E-47	- 0.1739		
(323.55)	104685.322	-33871052.1	5.2302E+44	7.6549E-49	- 0.1522		
(414.15)	171521.143	-71035671.9	2.0398E+46	1.1817E-50	- 0.1304		
(584.65)	341816.922	-199843643	8.1592E+47	-1.5652E-52	- 0.1087		
(622.85)	387943.507	-241631044	3.3453E+49	-6.7002E-54	- 0.0870		
(860.05)	739687.914	-636169412	1.405E+51	-6.8102E-55	- 0.0652		
(1,100.65)	1211432.87	-1333364933	6.0415E+52	-3.2869E-56	- 0.0435		
(1,540.05)	2371757.42	-3652627657	2.6583E+54	-1.8442E-57	- 0.0217		
	7802632.91	-5335232863					
S=	421.108734						
Y=	-1.58766225						
β=	1.58687879						
α=	334.289219						
δ=	1322.07464						

Se acepta el ajuste



Continuación Tabla 42. San Carlos, Log normal- Pearson Tipo III- Gumbel- Normal

Gumbell				Normal				
Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05	z=(x- \bar{X})/S	Pt(x≥Xm)	Δdesviación	Δmáx	Δcrítico α=0.05
0,90659772	(0,07)	0,21	0,18	1,36057232	0,15810166	(0,82)	0,15	0,18
0,88792341	(0,07)			1,21049232	0,19174587	(0,76)		
0,88776257	(0,05)			1,20930498	0,19202153	(0,74)		
0,87095072	(0,04)			1,09318295	0,21948684	(0,69)		
0,85150457	(0,04)			0,97516118	0,24797975	(0,64)		
0,83210015	(0,04)			0,8706751	0,27308393	(0,60)		
0,82464291	(0,02)			0,83339257	0,28189796	(0,57)		
0,79213889	(0,03)			0,68568725	0,3153658	(0,51)		
0,79118129	(0,01)			0,68165029	0,3162374	(0,49)		
0,77695371	(0,01)			0,62347054	0,32847443	(0,45)		
0,77563657	0,01			0,61824623	0,32954158	(0,43)		
0,77280055	0,03			0,60708522	0,3318027	(0,41)		
0,77146266	0,05			0,60186092	0,33285217	(0,38)		
0,76821218	0,07			0,58927509	0,33535651	(0,36)		
0,76089868	0,09			0,5614913	0,34076071	(0,33)		
0,719323	0,07			0,41568572	0,36592172	(0,29)		
0,70112016	0,07			0,35726851	0,37427707	(0,26)		
0,69998115	0,09			0,35370648	0,3747513	(0,23)		
0,69400427	0,11			0,33518395	0,37714986	(0,21)		
0,69059264	0,13			0,32473534	0,37845237	(0,19)		
0,68950106	0,15			0,32141078	0,37885907	(0,16)		
0,68832827	0,17			0,31784876	0,37929066	(0,14)		
0,68494761	0,18	No se acepta el ajuste		0,30763762	0,38050385	(0,12)		
0,67350622	0,20			0,27367964	0,38427809	(0,09)		
0,65758044	0,20			0,22784825	0,38872002	(0,07)		
0,64300789	0,21			0,18724116	0,39200991	(0,04)		
0,61631622	0,20			0,11576319	0,39627808	(0,02)		
0,58604777	0,19			0,03858597	0,3986454	0,01		
0,53235097	0,16			-0,09035935	0,39731696	0,03		
0,52331172	0,18			-0,11125656	0,39648085	0,05		
0,51522783	0,19			-0,1297791	0,39559677	0,07		
0,47787043	0,17			-0,21360543	0,38994399	0,09		
0,45566884	0,17		-0,26228644	0,38545315	0,10			
0,45075314	0,19		-0,27297252	0,38435236	0,12			
0,38397231	0,14		-0,41592847	0,36588479	0,13			
0,37456538	0,16		-0,43587581	0,36278954	0,15			
0,31082897	0,12		-0,57147024	0,33883987	0,14			
0,26909627	0,10		-0,66218316	0,32040105	0,15			
0,22221003	0,07		-0,76833151	0,29697563	0,14			
0,13778084	0,01		-0,98347785	0,24596824	0,12			
0,03573784	(0,07)		-1,3883614	0,15217681	0,04			
0,02369246	(0,06)		-1,47907431	0,13361818	0,05			
0,00044939	(0,06)		-2,04234926	0,04956186	(0,02)			
1,0828E-07	(0,04)		-2,61369813	0,01310649	(0,03)			
2,7857E-27	(0,02)		-3,6571341	0,00049733	(0,02)			
d=	0,00304565							
μ=	1663,03239							

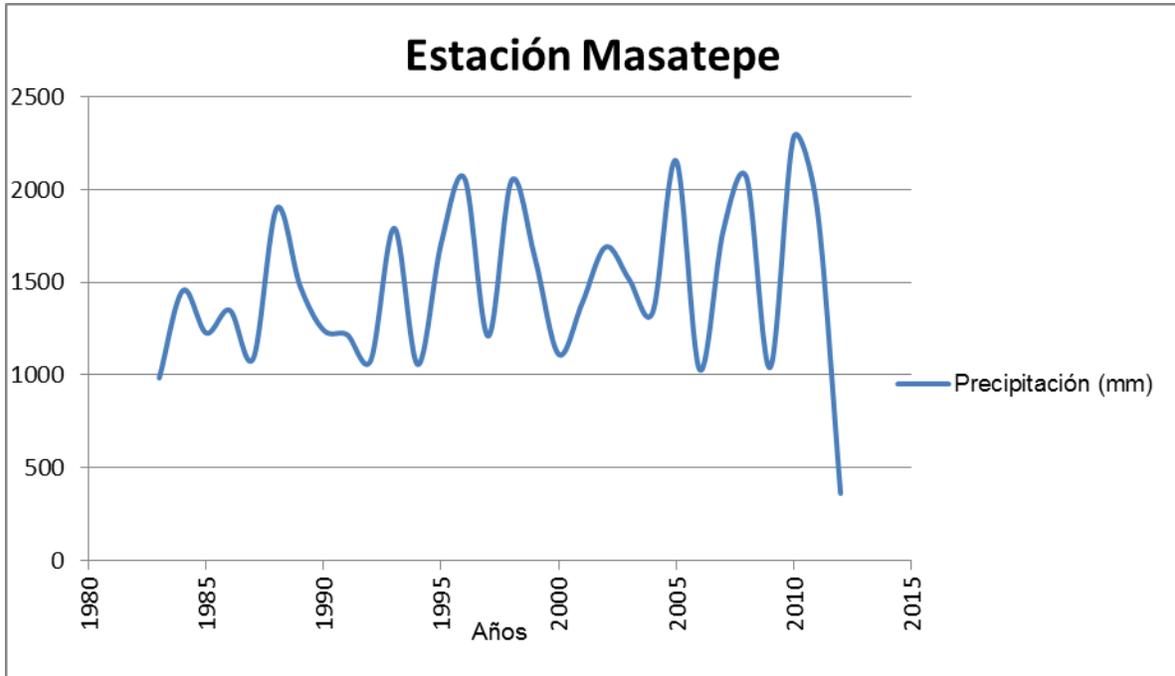
Se acepta el ajuste

[Fuente: Elaboración propia]



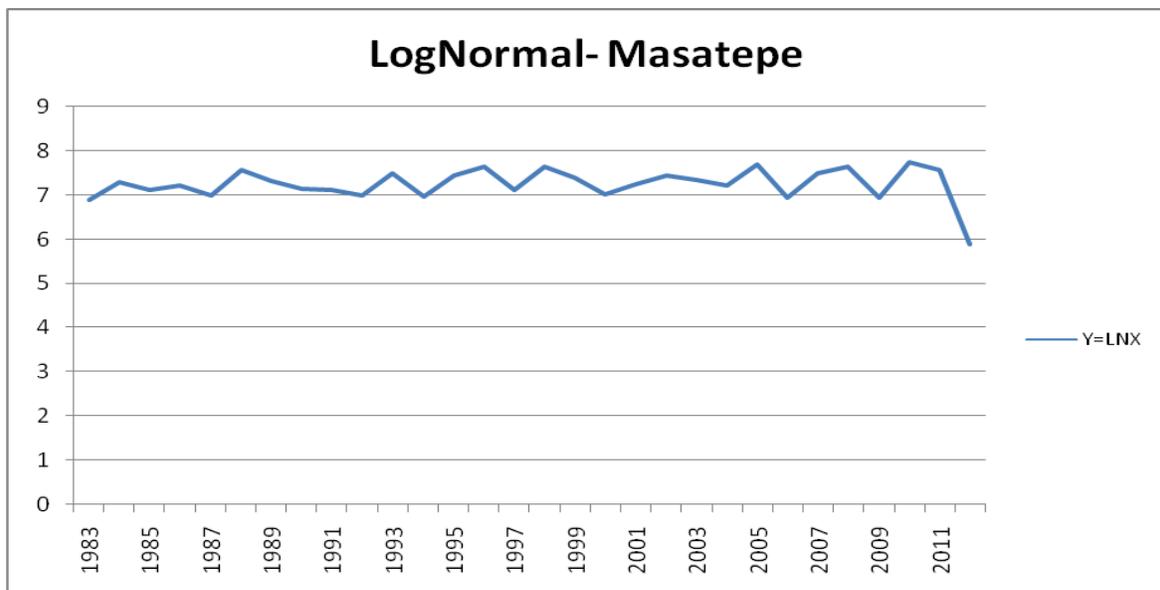
Graficas de Precipitaciones Datos históricos originales y Ajustados a LogNormal

Grafica 27. Datos históricos de Precipitación-Masatepe



[Fuente: Elaboración propia]

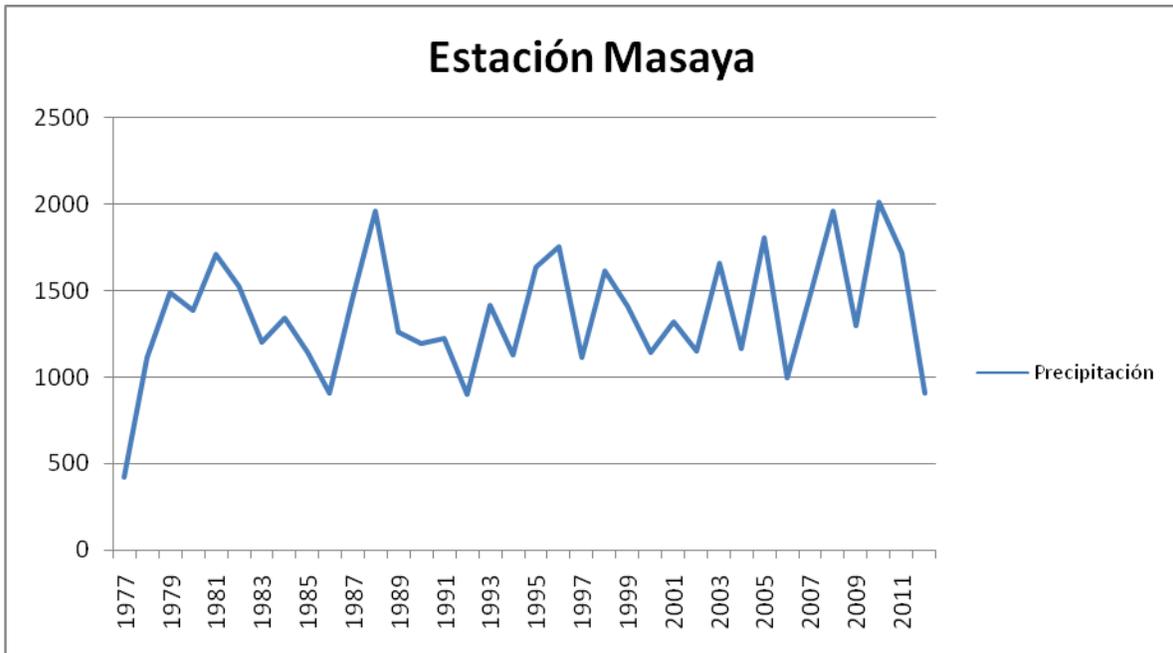
Grafica 28. Datos de precipitación ajustados al Lognormal.



[Fuente: Elaboración propia]

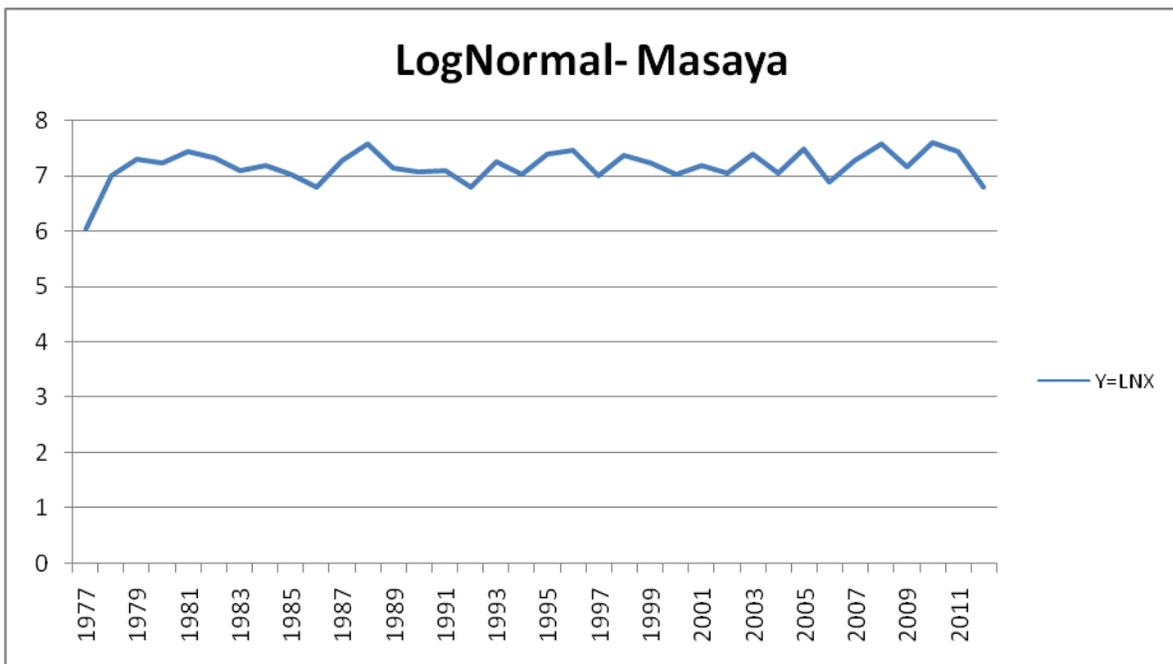


Grafica 29. Datos históricos de Precipitación-Masaya



[Fuente: Elaboración propia]

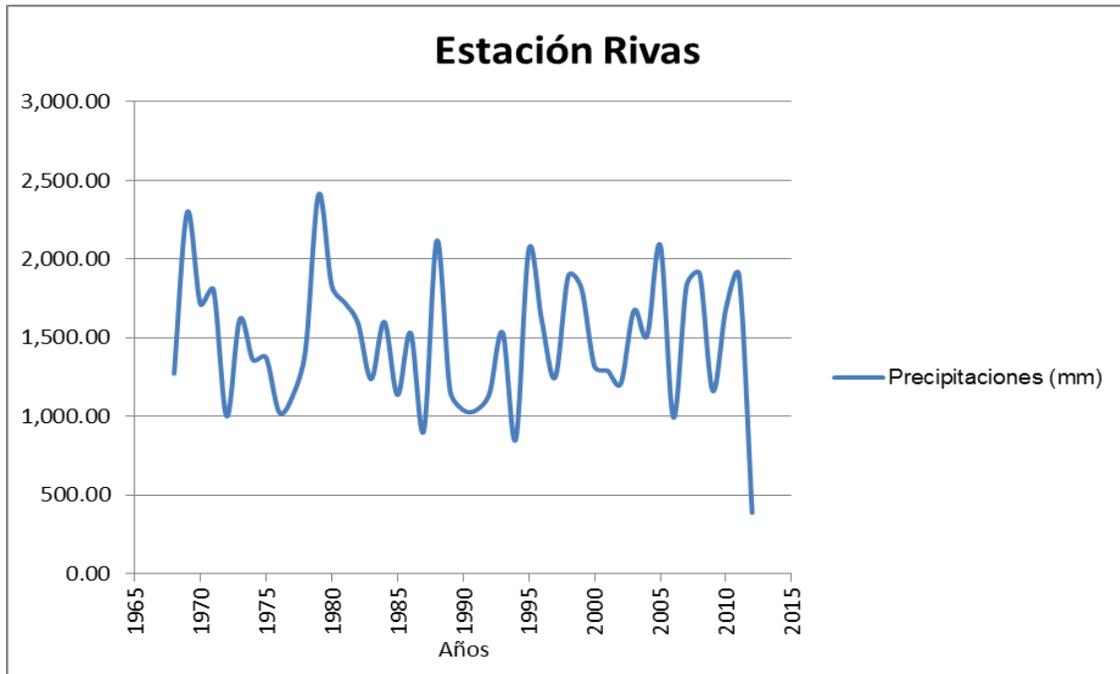
Grafica 30. Datos de precipitación ajustados al Lognormal.



[Fuente: Elaboración propia]

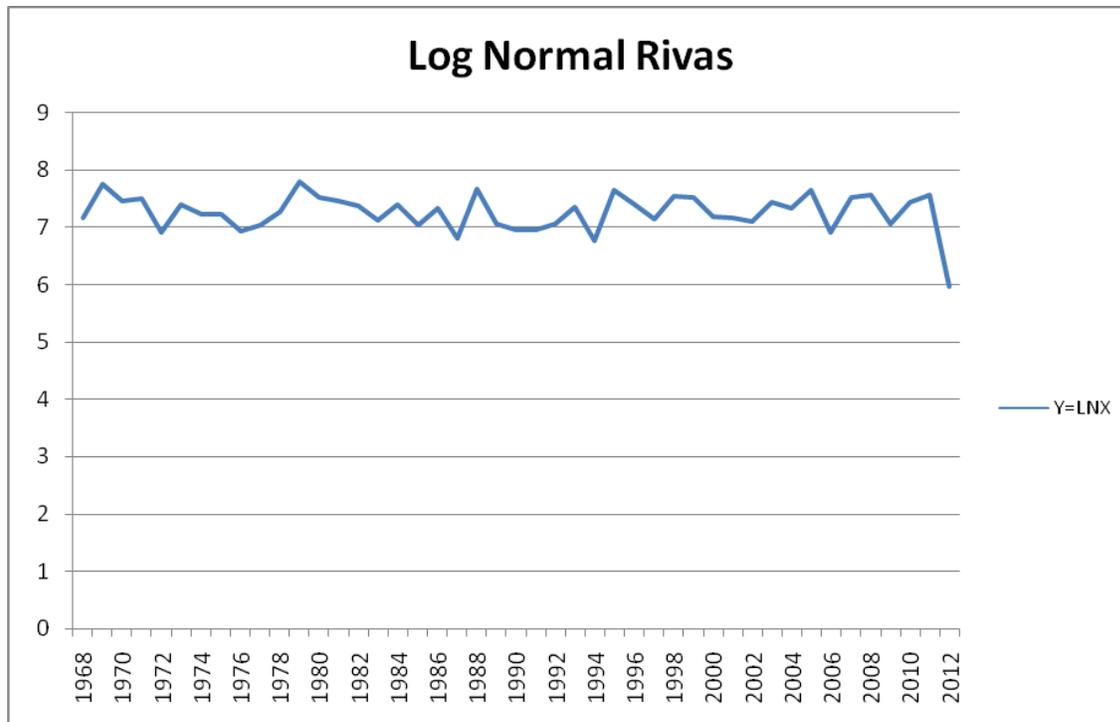


Grafica 31. Datos históricos de Precipitación-Rivas



[Fuente: Elaboración propia]

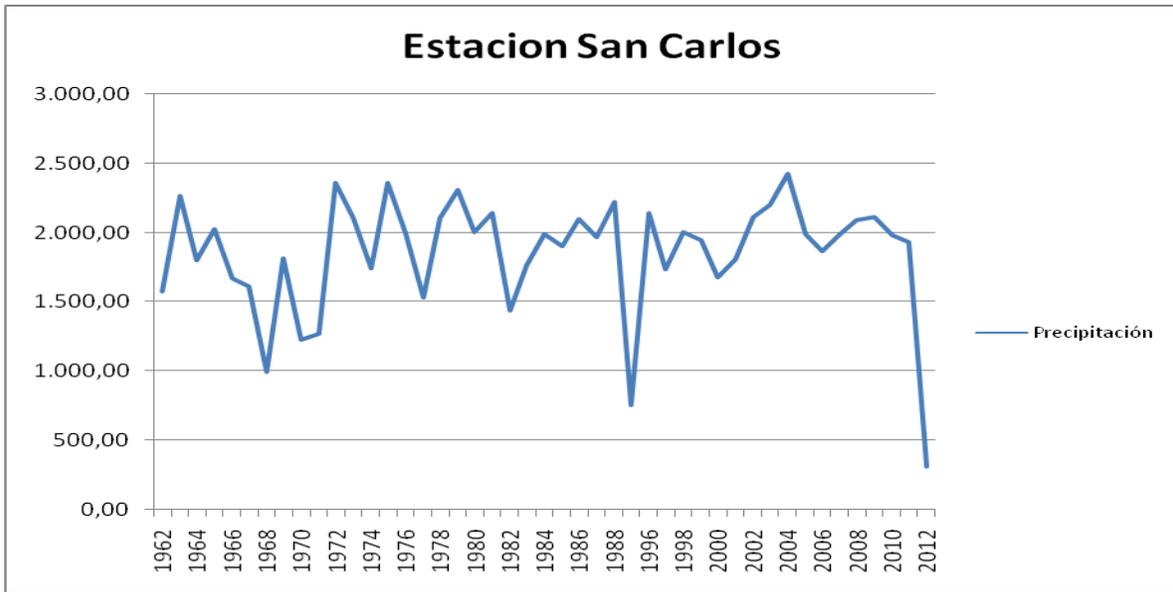
Grafica 32. Datos de precipitación ajustados al Lognormal



[Fuente: Elaboración propia]

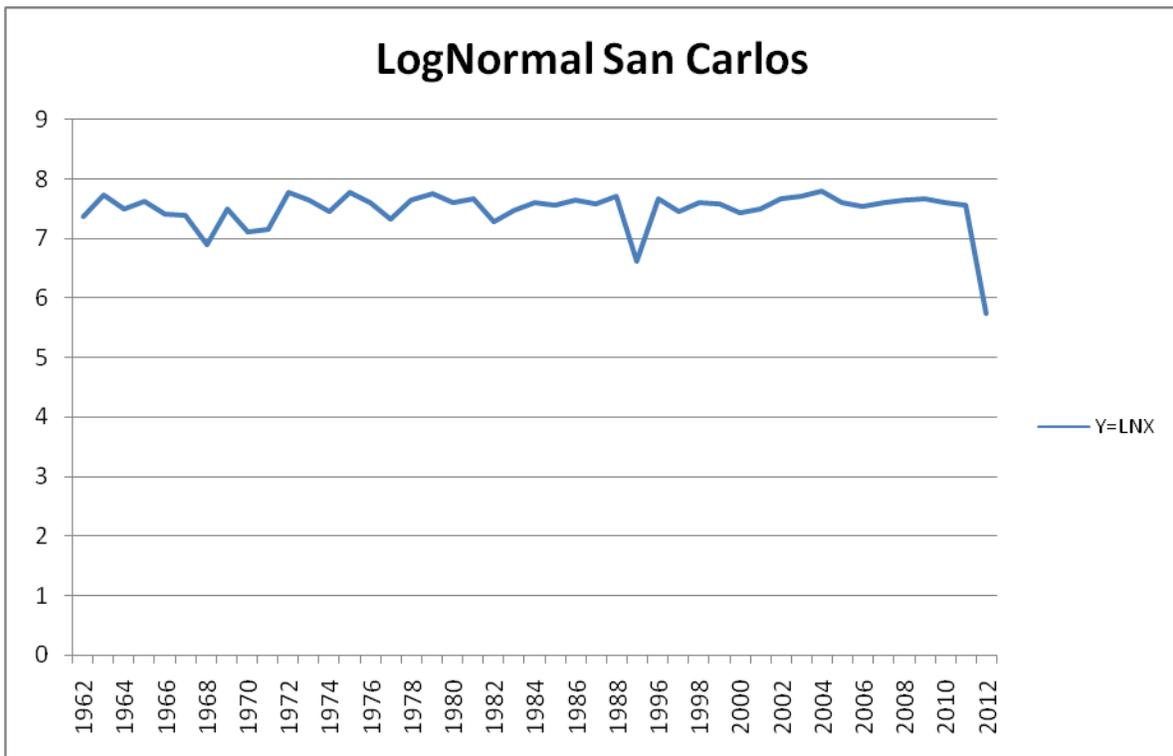


Grafica 33. Datos históricos de Precipitación-San Carlos



[Fuente: Elaboración propia]

Grafica 34. Datos de precipitación ajustados al Lognormal.



[Fuente: Elaboración propia]



Tablas de Generación de Datos por ARMA.

Tabla 42. Generación de Datos por ARMA Masatepe

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masatepe							
Año	N	Suma		\bar{X}_i		$(X_i - \bar{X})$	$((X_i - \bar{X}))^2$
1983	1	984.5	-	1472.58	=	-488.08	238222.09
1984	2	1455.3	-	1472.58	=	-17.28	298.60
1985	3	1226.4	-	1472.58	=	-246.18	60604.59
1986	4	1349.5	-	1472.58	=	-123.08	15148.69
1987	5	1089.6	-	1472.58	=	-382.98	146673.68
1988	6	1898.7	-	1472.58	=	426.12	181578.25
1989	7	1477.9	-	1472.58	=	5.32	28.30
1990	8	1241.5	-	1472.58	=	-231.08	53397.97
1991	9	1217.6	-	1472.58	=	-254.98	65014.80
1992	10	1078.5	-	1472.58	=	-394.08	155299.05
1993	11	1791.9	-	1472.58	=	319.32	101965.26
1994	12	1056.9	-	1472.58	=	-415.68	172789.86
1995	13	1711.1	-	1472.58	=	238.52	56891.79
1996	14	2059	-	1472.58	=	586.42	343888.42
1997	15	1210.2	-	1472.58	=	-262.38	68843.26
1998	16	2049.3	-	1472.58	=	576.72	332605.96
1999	17	1627.1	-	1472.58	=	154.52	23876.43
2000	18	1111.8	-	1472.58	=	-360.78	130162.21
2001	19	1387.8	-	1472.58	=	-84.78	7187.65
2002	20	1690.6	-	1472.58	=	218.02	47532.72
2003	21	1515.4	-	1472.58	=	42.82	1833.55
2004	22	1337.8	-	1472.58	=	-134.78	18165.65
2005	23	2155.4	-	1472.58	=	682.82	466243.15
2006	24	1029.9	-	1472.58	=	-442.68	195965.58
2007	25	1775.2	-	1472.58	=	302.62	91578.86
2008	26	2063.3	-	1472.58	=	590.72	348950.12
2009	27	1040.8	-	1472.58	=	-431.78	186433.97
2010	28	2281.2	-	1472.58	=	808.62	653866.30
2011	29	1901.4	-	1472.58	=	428.82	183886.59
2012	30	361.8	-	1472.58	=	-1110.78	1233832.21
	Σ	44177.4					5582765.57



Continuación Tabla 43. Masatepe

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masatepe							
Año	N	Suma		\bar{X}_i		$(X_i - \bar{X})$	$((X_i - \bar{X}))^2$
1983	1	984.5	-	1472.58	=	-488.08	238222.09
1984	2	1455.3	-	1472.58	=	-17.28	298.60
1985	3	1226.4	-	1472.58	=	-246.18	60604.59
1986	4	1349.5	-	1472.58	=	-123.08	15148.69
1987	5	1089.6	-	1472.58	=	-382.98	146673.68
1988	6	1898.7	-	1472.58	=	426.12	181578.25
1989	7	1477.9	-	1472.58	=	5.32	28.30
1990	8	1241.5	-	1472.58	=	-231.08	53397.97
1991	9	1217.6	-	1472.58	=	-254.98	65014.80
1992	10	1078.5	-	1472.58	=	-394.08	155299.05
1993	11	1791.9	-	1472.58	=	319.32	101965.26
1994	12	1056.9	-	1472.58	=	-415.68	172789.86
1995	13	1711.1	-	1472.58	=	238.52	56891.79
1996	14	2059	-	1472.58	=	586.42	343888.42
1997	15	1210.2	-	1472.58	=	-262.38	68843.26
1998	16	2049.3	-	1472.58	=	576.72	332605.96
1999	17	1627.1	-	1472.58	=	154.52	23876.43
2000	18	1111.8	-	1472.58	=	-360.78	130162.21
2001	19	1387.8	-	1472.58	=	-84.78	7187.65
2002	20	1690.6	-	1472.58	=	218.02	47532.72
2003	21	1515.4	-	1472.58	=	42.82	1833.55
2004	22	1337.8	-	1472.58	=	-134.78	18165.65
2005	23	2155.4	-	1472.58	=	682.82	466243.15
2006	24	1029.9	-	1472.58	=	-442.68	195965.58
2007	25	1775.2	-	1472.58	=	302.62	91578.86
2008	26	2063.3	-	1472.58	=	590.72	348950.12
2009	27	1040.8	-	1472.58	=	-431.78	186433.97
2010	28	2281.2	-	1472.58	=	808.62	653866.30
2011	29	1901.4	-	1472.58	=	428.82	183886.59
2012	30	361.8	-	1472.58	=	-1110.78	1233832.21
Σ		44177.4					5582765.57



Continuación Tabla 43. Masatepe

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masatepe					
Año	N	Suma	(X_{i+k})	$(X_{i+k} - \bar{X})$	$(X_{i+k} - \bar{X})^2$
1983	1	984.5 -	22128.8233 =	-21144.3233	447082409.2
1984	2	2439.8 -	22128.8233 =	-19689.0233	387657639.8
185	3	3666.2 -	22128.8233 =	-18462.6233	340868460.3
1986	4	5015.7 -	22128.8233 =	-17113.1233	292858990.2
1987	5	6105.3 -	22128.8233 =	-16023.5233	256753300
1988	6	8004 -	22128.8233 =	-14124.8233	199510634.2
1989	7	9481.9 -	22128.8233 =	-12646.9233	159944669.8
1990	8	10723.4 -	22128.8233 =	-11405.4233	130083681.4
1991	9	11941 -	22128.8233 =	-10187.8233	103791744.3
1992	10	13019.5 -	22128.8233 =	-9109.32333	82979771.59
1993	11	14811.4 -	22128.8233 =	-7317.42333	53544684.24
1994	12	15868.3 -	22128.8233 =	-6260.52333	39194152.41
1995	13	17579.4 -	22128.8233 =	-4549.42333	20697252.67
1996	14	19638.4 -	22128.8233 =	-2490.42333	6202208.379
1997	15	20848.6 -	22128.8233 =	-1280.22333	1638971.783
1998	16	22897.9 -	22128.8233 =	769.0766667	591478.9192
1999	17	24525 -	22128.8233 =	2396.176667	5741662.618
2000	18	25636.8 -	22128.8233 =	3507.976667	12305900.29
2001	19	27024.6 -	22128.8233 =	4895.776667	23968629.17
2002	20	28715.2 -	22128.8233 =	6586.376667	43380357.6
2003	21	30230.6 -	22128.8233 =	8101.776667	65638785.16
2004	22	31568.4 -	22128.8233 =	9439.576667	89105607.65
2005	23	33723.8 -	22128.8233 =	11594.97667	134443483.9
2006	24	34753.7 -	22128.8233 =	12624.87667	159387510.8
2007	25	36528.9 -	22128.8233 =	14400.07667	207362208
2008	26	38592.2 -	22128.8233 =	16463.37667	271042771.3
2009	27	39633 -	22128.8233 =	17504.17667	306396200.8
2010	28	41914.2 -	22128.8233 =	19785.37667	391461129.8
2011	29	43815.6 -	22128.8233 =	21686.77667	470316282.2
2012	30	44177.4 -	22128.8233 =	22048.57667	486139733
	Σ	663864.7			5190090312

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 43. Datos Generados para Masatepe.

N	Años	ti	Qi
1	2013	0.7599	1519.37
2	2014	0.4023	1654.76
3	2015	0.7263	1820.10
4	2016	0.0433	1557.43
5	2017	0.3778	1651.49
6	2018	0.5208	1730.99
7	2019	0.1124	1570.24
8	2020	0.6482	1770.38
9	2021	0.7117	1835.84
10	2022	0.4831	1749.86
11	2023	0.7596	1852.57
12	2024	0.2482	1651.87
13	2025	0.7743	1840.26
14	2026	0.2253	1639.66
15	2027	0.7669	1834.71
16	2028	0.6149	1806.43
17	2029	0.0365	1551.90
18	2030	0.2066	1576.68
19	2031	0.4955	1705.82
20	2032	0.2833	1639.04
21	2033	0.2987	1632.95
22	2034	0.9287	1903.13
23	2035	0.7115	1861.08
24	2036	0.2203	1641.48
25	2037	0.2981	1633.17
26	2038	0.0207	1512.11
27	2039	0.0597	1505.83
28	2040	0.9635	1893.93
29	2041	0.9403	1957.86
30	2042	0.6413	1841.27

Tabla 44. Parámetros.

	Suma	Suma Acumulada
\bar{Q} = Media	1472.580	22128.823
σ = Es la desviación estándar o típica	438.759	13377.916
σx^2 = Varianza de la serie original.	192509.158	178968631.436
Coficiente de Variación	0.228	0.007
γ_k = covarianza	1118207.203	
$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma x^2} = \frac{\gamma_k}{\sigma x_i \sigma x_{i+k}}$	0.190505768	

[Fuente: Elaboración propia]

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 45. Generación de Datos para Estación Masaya

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masaya							
Año	N	Suma		\bar{X}_i		$(X_i - \bar{X})$	$((X_i - \bar{X}))^2$
1977	1	423.7	-	1361.03	=	-937.33	878583.36
1978	2	1113.5	-	1361.03	=	-247.53	61270.00
1979	3	1494.1	-	1361.03	=	133.07	17708.22
1980	4	1388.4	-	1361.03	=	27.37	749.24
1981	5	1710.6	-	1361.03	=	349.57	122200.74
1982	6	1531	-	1361.03	=	169.97	28890.56
1983	7	1204.2	-	1361.03	=	-156.83	24594.95
1984	8	1344.1	-	1361.03	=	-16.93	286.55
1985	9	1142.3	-	1361.03	=	-218.73	47841.84
1986	10	912.5	-	1361.03	=	-448.53	201177.17
1987	11	1457.1	-	1361.03	=	96.07	9229.87
1988	12	1962.8	-	1361.03	=	601.77	362129.81
1989	13	1260.1	-	1361.03	=	-100.93	10186.42
1990	14	1198.1	-	1361.03	=	-162.93	26545.46
1991	15	1229.8	-	1361.03	=	-131.23	17220.73
1992	16	904	-	1361.03	=	-457.03	208874.39
1993	17	1417.4	-	1361.03	=	56.37	3177.83
1994	18	1132.2	-	1361.03	=	-228.83	52362.15
1995	19	1636.5	-	1361.03	=	275.47	75884.95
1996	20	1756.2	-	1361.03	=	395.17	156161.09
1997	21	1117.8	-	1361.03	=	-243.23	59159.75
1998	22	1614	-	1361.03	=	252.97	63994.95
1999	23	1408.4	-	1361.03	=	47.37	2244.13
2000	24	1142.1	-	1361.03	=	-218.93	47929.37
2001	25	1319.5	-	1361.03	=	-41.53	1724.56
2002	26	1153.7	-	1361.03	=	-207.33	42984.81
2003	27	1657.9	-	1361.03	=	296.87	88133.12
2004	28	1170.8	-	1361.03	=	-190.23	36186.61
2005	29	1811.8	-	1361.03	=	450.77	203195.60
2006	30	996.7	-	1361.03	=	-364.33	132734.73
2007	31	1475	-	1361.03	=	113.97	12989.67
2008	32	1960.2	-	1361.03	=	599.17	359007.35
2009	33	1303	-	1361.03	=	-58.03	3367.22



Continuación Tabla 46. Generación de Datos para Estación Masaya

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masaya							
2010	34	2015	-	0.00	=	2015.00	4060225.00
2011	35	1723.5	-	0.00	=	1723.50	2970452.25
2012	36	909	-	0.00	=	909.00	826281.00
	Σ	45965.7					10258123.83

[Fuente: Elaboración propia]



Continuación Tabla 46. Generación de Datos para Estación Masaya

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masaya

Año	N	Suma		(X_{i+k})	=	$(X_{i+k} - \bar{X})$	$(X_{i+k} - \bar{X})^2$
1977	1	423.7	-	24243.61944	=	-23819.91944	567388562.3
1978	2	1537.2	-	24243.61944	=	-22706.41944	515581484
1979	3	3031.3	-	24243.61944	=	-21212.31944	449962496.2
1980	4	4419.7	-	24243.61944	=	-19823.91944	392987782.1
1981	5	6130.3	-	24243.61944	=	-18113.31944	328092341.3
1982	6	7661.3	-	24243.61944	=	-16582.31944	274973318.2
1983	7	8865.5	-	24243.61944	=	-15378.11944	236486557.6
1984	8	10209.6	-	24243.61944	=	-14034.01944	196953701.8
1985	9	11351.9	-	24243.61944	=	-12891.71944	166196430.2
1986	10	12264.4	-	24243.61944	=	-11979.21944	143501698.5
1987	11	13721.5	-	24243.61944	=	-10522.11944	110714997.6
1988	12	15684.3	-	24243.61944	=	-8559.319444	73261949.35
1989	13	16944.4	-	24243.61944	=	-7299.219444	53278604.5
1990	14	18142.5	-	24243.61944	=	-6101.119444	37223658.48
1991	15	19372.3	-	24243.61944	=	-4871.319444	23729753.13
1992	16	20276.3	-	24243.61944	=	-3967.319444	15739623.57
1993	17	21693.7	-	24243.61944	=	-2549.919444	6502089.173
1994	18	22825.9	-	24243.61944	=	-1417.719444	2009928.423
1995	19	24462.4	-	24243.61944	=	218.7805556	47864.93149
1996	20	26218.6	-	24243.61944	=	1974.980556	3900548.195
1997	21	27336.4	-	24243.61944	=	3092.780556	9565291.565
1998	22	28950.4	-	24243.61944	=	4706.780556	22153783.2
1999	23	30358.8	-	24243.61944	=	6115.180556	37395433.23
2000	24	31500.9	-	24243.61944	=	7257.280556	52668121.06
2001	25	32820.4	-	24243.61944	=	8576.780556	73561164.7
2002	26	33974.1	-	24243.61944	=	9730.480556	94682251.84
2003	27	35632	-	24243.61944	=	11388.38056	129695211.7
2004	28	36802.8	-	24243.61944	=	12559.18056	157733016.2
2005	29	38614.6	-	24243.61944	=	14370.98056	206525082.1
2006	30	39611.3	-	24243.61944	=	15367.68056	236165605.7
2007	31	41086.3	-	24243.61944	=	16842.68056	283675888.3
2008	32	43046.5	-	24243.61944	=	18802.88056	353548317.2
2009	33	44349.5	-	24243.61944	=	20105.88056	404246432.9



Continuación Tabla 46. Generación de Datos para Estación Masaya

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-Masaya							
2010	34	46364.5	-	24243.61944	=	22120.88056	489333356.6
2011	35	48088	-	24243.61944	=	23844.38056	568554484.1
2012	36	48997	-	24243.61944	=	24753.38056	612729848.9
	Σ	872770.3					7330766679

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 46. Parámetros

	Suma	Suma Acumulada
\bar{Q} = Media	1361.028	24243.619
σ = Es la desviación estándar o típica	421.109	14472.404
σx^2 = Varianza de la serie original.	117774.916	209450476.539
Coefficiente de Variación	0.291	0.007
γ_k = covarianza	1330349.517	
$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma x^2} = \frac{\gamma_k}{\sigma x_i * \sigma x_{i+k}}$	0.268	

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 47. Datos Generados para la Estación Masaya.

N	Años	ti	Qi
1	2013	0.9538	1311.83
2	2014	0.1999	1413.95
3	2015	0.3853	1502.60
4	2016	0.6419	1611.20
5	2017	0.4451	1575.20
6	2018	0.5414	1597.40
7	2019	0.0466	1439.76
8	2020	0.2777	1473.93
9	2021	0.9598	1708.61
10	2022	0.7779	1711.33
11	2023	0.5661	1642.03
12	2024	0.8324	1711.51
13	2025	0.6990	1686.02
14	2026	0.8160	1717.88
15	2027	0.2235	1530.51
16	2028	0.7470	1653.42
17	2029	0.2748	1530.21
18	2030	0.6169	1610.33
19	2031	0.0818	1454.86
20	2032	0.6453	1599.51
21	2033	0.8112	1693.13
22	2034	0.1304	1493.09
23	2035	0.3762	1520.79
24	2036	0.2804	1496.53
25	2037	0.4767	1554.93
26	2038	0.4539	1563.03
27	2039	0.3863	1542.86
28	2040	0.6218	1615.33
29	2041	0.2010	1495.61
30	2042	0.3237	1504.11
31	2043	0.6937	1628.72
32	2044	0.9785	1756.27
33	2045	0.9989	1797.17
34	2046	0.1638	1532.01

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 48. Generación de Datos para Estación Rivas

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Rivas							
Año	N	Suma		\bar{X}_i		$(X_i - \bar{X})$	$((X_i - \bar{X}))^2$
1968	1	1271.6	-	1475.96	=	-204.36	41762.10
1969	2	2297	-	1475.96	=	821.04	674110.33
1970	3	1714.2	-	1475.96	=	238.24	56759.36
1971	4	1803.3	-	1475.96	=	327.34	107152.93
1972	5	1000.5	-	1475.96	=	-475.46	226060.10
1973	6	1617.6	-	1475.96	=	141.64	20062.52
1974	7	1358.8	-	1475.96	=	-117.16	13725.94
1975	8	1374.2	-	1475.96	=	-101.76	10354.65
1976	9	1025.7	-	1475.96	=	-450.26	202732.07
1977	10	1124.4	-	1475.96	=	-351.56	123592.87
1978	11	1417.8	-	1475.96	=	-58.16	3382.33
1979	12	2410.1	-	1475.96	=	934.14	872621.69
1980	13	1831.1	-	1475.96	=	355.14	126126.00
1981	14	1721.9	-	1475.96	=	245.94	60487.58
1982	15	1590.5	-	1475.96	=	114.54	13119.92
1983	16	1237	-	1475.96	=	-238.96	57100.82
1984	17	1600.8	-	1475.96	=	124.84	15585.58
1985	18	1136.2	-	1475.96	=	-339.76	115435.35
1986	19	1530.2	-	1475.96	=	54.24	2942.22
1987	20	905.2	-	1475.96	=	-570.76	325764.44
1988	21	2117.3	-	1475.96	=	641.34	411319.85
1989	22	1163.4	-	1475.96	=	-312.56	97692.36
1990	23	1040.2	-	1475.96	=	-435.76	189884.84
1991	24	1039.4	-	1475.96	=	-436.56	190582.69
1992	25	1143.5	-	1475.96	=	-332.46	110528.17
1993	26	1533.4	-	1475.96	=	57.44	3299.61
1994	27	851.9	-	1475.96	=	-624.06	389448.11
1995	28	2061.2	-	1475.96	=	585.24	342508.46
1996	29	1601.9	-	1475.96	=	125.94	15861.44
1997	30	1246.6	-	1475.96	=	-229.36	52604.99
1998	31	1891.5	-	1475.96	=	415.54	172675.34
1999	32	1815.4	-	1475.96	=	339.44	115221.02
2000	33	1317.1	-	1475.96	=	-158.86	25235.79



Continuación Tabla 49. Generación de Datos para Estación Rivas

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Rivas							
2001	34	1289.6	-	1475.96	=	-186.36	34729.22
2002	35	1208.6	-	1475.96	=	-267.36	71480.18
2003	36	1672.2	-	1475.96	=	196.24	38511.01
2004	37	1512.5	-	1475.96	=	36.54	1335.33
2005	38	2086.8	-	1475.96	=	610.84	373128.22
2006	39	993.5	-	1475.96	=	-482.46	232765.51
2007	40	1830.3	-	1475.96	=	354.34	125558.41
2008	41	1907.6	-	1475.96	=	431.64	186315.01
2009	42	1162	-	1475.96	=	-313.96	98569.49
2010	43	1684.6	-	1475.96	=	208.64	43531.58
2011	44	1892.8	-	1475.96	=	416.84	173757.44
2012	45	386.7	-	1475.96	=	-1089.26	1186482.51
	Σ	66418.1					7751905.37

[Fuente: Elaboración propia]



Continuación Tabla 49. Generación de Datos para Estación Rivas

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Rivas

Año	N	Suma		(X_{i+k})	=	$(X_{i+k} - \bar{X})$	$(X_{i+k} - \bar{X})^2$
1968	1	1271.6	-	34323.38444	=	-33051.78444	1092420455
1969	2	3568.6	-	34323.38444	=	-30754.78444	945856766.2
1970	3	5282.8	-	34323.38444	=	-29040.58444	843355544.9
1971	4	7086.1	-	34323.38444	=	-27237.28444	741869663.9
1972	5	8086.6	-	34323.38444	=	-26236.78444	688368858
1973	6	9704.2	-	34323.38444	=	-24619.18444	606104242.7
1974	7	11063	-	34323.38444	=	-23260.38444	541045484.5
1975	8	12437.2	-	34323.38444	=	-21886.18444	479005069.5
1976	9	13462.9	-	34323.38444	=	-20860.48444	435159811.3
1977	10	14587.3	-	34323.38444	=	-19736.08444	389513029.2
1978	11	16005.1	-	34323.38444	=	-18318.28444	335559545
1979	12	18415.2	-	34323.38444	=	-15908.18444	253070332.3
1980	13	20246.3	-	34323.38444	=	-14077.08444	198164306.5
1981	14	21968.2	-	34323.38444	=	-12355.18444	152650582.7
1982	15	23558.7	-	34323.38444	=	-10764.68444	115878431.2
1983	16	24795.7	-	34323.38444	=	-9527.684444	90776770.87
1984	17	26396.5	-	34323.38444	=	-7926.884444	62835497
1985	18	27532.7	-	34323.38444	=	-6790.684444	46113395.22
1986	19	29062.9	-	34323.38444	=	-5260.484444	27672696.59
1987	20	29968.1	-	34323.38444	=	-4355.284444	18968502.59
1988	21	32085.4	-	34323.38444	=	-2237.984444	5008574.374
1989	22	33248.8	-	34323.38444	=	-1074.584444	1154731.728
1990	23	34289	-	34323.38444	=	-34.38444444	1182.29002
1991	24	35328.4	-	34323.38444	=	1005.015556	1010056.267
1992	25	36471.9	-	34323.38444	=	2148.515556	4616119.092
1993	26	38005.3	-	34323.38444	=	3681.915556	13556502.16
1994	27	38857.2	-	34323.38444	=	4533.815556	20555483.49
1995	28	40918.4	-	34323.38444	=	6595.015556	43494230.18
1996	29	42520.3	-	34323.38444	=	8196.915556	67189424.62
1997	30	43766.9	-	34323.38444	=	9443.515556	89179986.05
1998	31	45658.4	-	34323.38444	=	11335.01556	128482577.6
1999	32	47473.8	-	34323.38444	=	13150.41556	172933429.3
2000	33	48790.9	-	34323.38444	=	14467.51556	209309006.4



Continuación Tabla 49. Generación de Datos para Estación Rivas

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-Rivas							
2001	34	50080.5	-	34323.38444	=	15757.11556	248286690.6
2002	35	51289.1	-	34323.38444	=	16965.71556	287835504.3
2003	36	52961.3	-	34323.38444	=	18637.91556	347371896.3
2004	37	54473.8	-	34323.38444	=	20150.41556	406039247.1
2005	38	56560.6	-	34323.38444	=	22237.21556	494493755.7
2006	39	57554.1	-	34323.38444	=	23230.71556	539666145.2
2007	40	59384.4	-	34323.38444	=	25061.01556	628054500.7
2008	41	61292	-	34323.38444	=	26968.61556	727306225
2009	42	62454	-	34323.38444	=	28130.61556	791331531.5
2010	43	64138.6	-	34323.38444	=	29815.21556	888947078.6
2011	44	66031.4	-	34323.38444	=	31708.01556	1005398250
2012	45	66418.1	-	34323.38444	=	32094.71556	1030070767
	Σ	1544552.3					16215681881

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 49. Parámetros para el Cálculo de Datos Generados.

	Suma	Suma Acumulada
\bar{Q} = Media	1475.96	34323.38444
σ = Es la desviación estándar o típica	419.7376174	19197.34941
σx^2 = Varianza de la serie original.	176179.67	368538224.6
Coficiente de Variación	0.238244074	0.005209052
γ_k = covarianza	-469352.6275	
$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma x^2} = \frac{\gamma_k}{\sigma x_i * \sigma x_{i+k}}$	-0.058247876	

[Fuente: Elaboración propia]



**Tabla 50. Datos de Precipitación
Generados para la Estación Rivas**

N	Años	Ti	Qi
1	2013	0.9580	1940.82
2	2014	0.4459	1635.71
3	2015	0.3755	1624.00
4	2016	0.8893	1839.97
5	2017	0.1445	1515.31
6	2018	0.9897	1888.39
7	2019	0.2325	1549.37
8	2020	0.2505	1576.66
9	2021	0.8314	1818.47
10	2022	0.1968	1538.45
11	2023	0.6498	1744.61
12	2024	0.9594	1862.34
13	2025	0.0326	1467.11
14	2026	0.2233	1570.02
15	2027	0.9860	1883.63
16	2028	0.3678	1606.33
17	2029	0.4759	1667.76
18	2030	0.8990	1841.48
19	2031	0.7766	1780.09
20	2032	0.0826	1492.85
21	2033	0.6339	1740.58
22	2034	0.3719	1616.40
23	2035	0.8117	1807.88
24	2036	0.3063	1584.96
25	2037	0.1225	1520.95
26	2038	0.8916	1846.95
27	2039	0.9718	1861.54
28	2040	0.8989	1830.15
29	2041	0.4241	1633.05
30	2042	0.3155	1598.99
31	2043	0.5486	1698.65
32	2044	0.6614	1740.14
33	2045	0.6577	1736.18
34	2046	0.7927	1792.94

N	Años	ti	Qi
35	2047	0.9082	1838.07
36	2048	0.2630	1565.06
37	2049	0.9292	1860.12
38	2050	0.1307	1508.33
39	2051	0.3654	1627.19
40	2052	0.5656	1704.15
41	2053	0.7546	1778.88
42	2054	0.5409	1684.96
43	2055	0.0370	1479.30
44	2056	0.8404	1827.91
45	2057	0.6078	1710.15
			1698.60

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 51. Generación de Datos para Estación San Carlos

Modelo Auto-regresivo de medias móviles-ARMA-San Carlos							
Año	N	Suma		\bar{X}_i		$(X_i - \bar{X})$	$((X_i - \bar{X}))^2$
1962	1	1573.7	-	1852.55	=	-278.85	77757.94
1963	2	2263.2	-	1852.55	=	410.65	168632.51
1964	3	1797.9	-	1852.55	=	-54.65	2986.74
1965	4	2027.6	-	1852.55	=	175.05	30642.11
1966	5	1669	-	1852.55	=	-183.55	33691.01
1967	6	1611.9	-	1852.55	=	-240.65	57912.96
1968	7	992.5	-	1852.55	=	-860.05	739687.91
1969	8	1814.5	-	1852.55	=	-38.05	1447.89
1970	9	1229.7	-	1852.55	=	-622.85	387943.51
1971	10	1267.9	-	1852.55	=	-584.65	341816.92
1972	11	2362.3	-	1852.55	=	509.75	259843.93
1973	12	2106	-	1852.55	=	253.45	64236.34
1974	13	1742.1	-	1852.55	=	-110.45	12199.45
1975	14	2361.8	-	1852.55	=	509.25	259334.43
1976	15	1993.7	-	1852.55	=	141.15	19923.01
1977	16	1529	-	1852.55	=	-323.55	104685.32
1978	17	2108.2	-	1852.55	=	255.65	65356.35
1979	18	2312.9	-	1852.55	=	460.35	211921.10
1980	19	2001.5	-	1852.55	=	148.95	22185.77
1981	20	2141.3	-	1852.55	=	288.75	83375.92
1982	21	1438.4	-	1852.55	=	-414.15	171521.14
1983	22	1762.6	-	1852.55	=	-89.95	8091.20
1984	23	1986.4	-	1852.55	=	133.85	17915.53
1985	24	1901.3	-	1852.55	=	48.75	2376.45
1986	25	2100.7	-	1852.55	=	248.15	61577.87
1987	26	1967.8	-	1852.55	=	115.25	13282.31
1988	27	2219.2	-	1852.55	=	366.65	134431.41
1995	28	751.9	-	1852.55	=	-1100.65	1211432.87
1996	29	2139.6	-	1852.55	=	287.05	82397.06
1997	30	1737.6	-	1852.55	=	-114.95	13213.76
1998	31	2003	-	1852.55	=	150.45	22634.87
1999	32	1948.5	-	1852.55	=	95.95	9206.19
2000	33	1677.4	-	1852.55	=	-175.15	30677.91



Continuación Tabla 52. Generación de Datos para Estación San Carlos

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-San Carlos							
2001	34	1805.7	-	1852.55	=	-46.85	2195.03
2002	35	2115.1	-	1852.55	=	262.55	68931.92
2003	36	2203.5	-	1852.55	=	350.95	123165.12
2004	37	2425.5	-	1852.55	=	572.95	328270.43
2005	38	1989.3	-	1852.55	=	136.75	18700.26
2006	39	1868.8	-	1852.55	=	16.25	264.03
2007	40	1987.9	-	1852.55	=	135.35	18319.32
2008	41	2089	-	1852.55	=	236.45	55908.08
2009	42	2112.9	-	1852.55	=	260.35	67781.54
2010	43	1982.1	-	1852.55	=	129.55	16782.91
2011	44	1931.4	-	1852.55	=	78.85	6217.15
2012	45	312.5	-	1852.55	=	-1540.05	2371757.42
		83364.8					7802632.91

[Fuente: Elaboración propia]



Continuación Tabla 52. Generación de Datos para Estación San Carlos

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-San Carlos

Año	N	Suma	(X_{i+k})	$(X_{i+k} - \bar{X})$	$(X_{i+k} - \bar{X})^2$
1962	1	1573.7	42271.24222	= -40697.54222	1656289943
1963	2	3836.9	42271.24222	= -38434.34222	1477198662
1964	3	5634.8	42271.24222	= -36636.44222	1342228899
1965	4	7662.4	42271.24222	= -34608.84222	1197771960
1966	5	9331.4	42271.24222	= -32939.84222	1085033206
1967	6	10943.3	42271.24222	= -31327.94222	981439963.9
1968	7	11935.8	42271.24222	= -30335.44222	920239054.8
1969	8	13750.3	42271.24222	= -28520.94222	813444145.2
1970	9	14980	42271.24222	= -27291.24222	744811902
1971	10	16247.9	42271.24222	= -26023.34222	677214340.4
1972	11	18610.2	42271.24222	= -23661.04222	559844919
1973	12	20716.2	42271.24222	= -21555.04222	464619845.2
1974	13	22458.3	42271.24222	= -19812.94222	392552679.5
1975	14	24820.1	42271.24222	= -17451.14222	304542364.9
1976	15	26813.8	42271.24222	= -15457.44222	238932520.1
1977	16	28342.8	42271.24222	= -13928.44222	194001502.7
1978	17	30451	42271.24222	= -11820.24222	139718126.2
1979	18	32763.9	42271.24222	= -9507.342222	90389556.13
1980	19	34765.4	42271.24222	= -7505.842222	56337667.46
1981	20	36906.7	42271.24222	= -5364.542222	28778313.25
1982	21	38345.1	42271.24222	= -3926.142222	15414592.75
1983	22	40107.7	42271.24222	= -2163.542222	4680914.947
1984	23	42094.1	42271.24222	= -177.1422222	31379.36689
1985	24	43995.4	42271.24222	= 1724.157778	2972720.043
1986	25	46096.1	42271.24222	= 3824.857778	14629537.02
1987	26	48063.9	42271.24222	= 5792.657778	33554884.13
1988	27	50283.1	42271.24222	= 8011.857778	64189865.05
1995	28	51035	42271.24222	= 8763.757778	76803450.39
1996	29	53174.6	42271.24222	= 10903.35778	118883210.8
1997	30	54912.2	42271.24222	= 12640.95778	159793813.5
1998	31	56915.2	42271.24222	= 14643.95778	214445499.4
1999	32	58863.7	42271.24222	= 16592.45778	275309655.1
2000	33	60541.1	42271.24222	= 18269.85778	333787703.2



Continuación Tabla 52. Generación de Datos para Estación San Carlos

Modelo Auto regresivo de medias móviles-ARMA-San Carlos							
2001	34	62346.8	-	42271.24222	=	20075.55778	403028020.1
2002	35	64461.9	-	42271.24222	=	22190.65778	492425292.6
2003	36	66665.4	-	42271.24222	=	24394.15778	595074933.7
2004	37	69090.9	-	42271.24222	=	26819.65778	719294043.3
2005	38	71080.2	-	42271.24222	=	28808.95778	829956048.2
2006	39	72949	-	42271.24222	=	30677.75778	941124822.3
2007	40	74936.9	-	42271.24222	=	32665.65778	1067045198
2008	41	77025.9	-	42271.24222	=	34754.65778	1207886237
2009	42	79138.8	-	42271.24222	=	36867.55778	1359216816
2010	43	81120.9	-	42271.24222	=	38849.65778	1509295909
2011	44	83052.3	-	42271.24222	=	40781.05778	1663094673
2012	45	83364.8	-	42271.24222	=	41093.55778	1688680491
	Σ	1902205.9					27156009282

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 52. Parámetros para El Cálculo de Datos Generados para la estación San Carlos

	Suma	Suma Acumulada
\bar{Q} = Media	1852.55	42271.24222
σ = Es la desviación estándar o típica	421.108734	24843.14853
σx^2 = Varianza de la serie original.	177332.57	617182029.1
Coefficiente de Variación	0.23746836	0.004025255
γ_k = covarianza	711808.4178	
$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma x^2} = \frac{\gamma_k}{\sigma x_i * \sigma x_{i+k}}$	0.068039676	

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 53. Datos generados para Estación San Carlos

N	Años	t_i	Q_i
1	2013	0.9143	2131.89
2	2014	0.9882	2286.74
3	2015	0.3623	2034.30
4	2016	0.4933	2072.16
5	2017	0.0705	1897.13
6	2018	0.0840	1890.87
7	2019	0.4840	2058.50
8	2020	0.4821	2069.12
9	2021	0.3704	2022.90
10	2022	0.5582	2098.68
11	2023	0.5651	2106.70
12	2024	0.9864	2284.28
13	2025	0.1922	1962.69
14	2026	0.5739	2101.15
15	2027	0.3795	2028.90
16	2028	0.1113	1911.30
17	2029	0.1588	1923.28
18	2030	0.5622	2093.58
19	2031	0.4349	2051.68
20	2032	0.5897	2113.85
21	2033	0.7244	2174.68
22	2034	0.1819	1950.91
23	2035	0.3260	1996.20
24	2036	0.7271	2167.79
25	2037	0.9333	2266.11
26	2038	0.9580	2283.17
27	2039	0.2819	2000.28
28	2040	0.2829	1981.46
29	2041	0.2441	1963.87
30	2042	0.6848	2147.82
31	2043	0.8527	2230.91
32	2044	0.7928	2211.37
33	2045	0.9704	2284.66
34	2046	0.5275	2103.56



Continuación Tabla 54. Datos generados para Estación San Carlos

N	Años	t_i	Q_i
35	2047	0.0323	1883.22
36	2048	0.1851	1932.40
37	2049	0.6426	2127.97
38	2050	0.3053	1999.56
39	2051	0.3083	1992.09
40	2052	0.8826	2232.87
41	2053	0.2212	1971.36
42	2054	0.2390	1961.04
43	2055	0.1731	1932.66
44	2056	0.8269	2205.43
45	2057	0.6982	2169.90

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 54. Ajuste de datos de Masatepe

Masatepe-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	T=5		T=10		T=15		T=20	
			ycos(wot)	y sen(wot)						
1983	1	984,50	304,23	936,32	796,48	578,67	899,39	400,43	936,32	304,23
1984	2	1455,30	-1177,36	855,40	449,71	1384,07	973,79	1081,50	1177,36	855,40
1985	3	1226,40	-992,18	-720,86	-378,98	1166,38	378,98	1166,38	720,86	992,18
1986	4	1349,50	417,02	-1283,45	-1091,77	793,22	-141,06	1342,11	417,02	1283,45
1987	5	1089,60	1089,60	0,00	-1089,60	0,00	-544,80	943,62	0,00	1089,60
1988	6	1898,70	586,73	1805,77	-1536,08	-1116,03	-1536,08	1116,03	-586,73	1805,77
1989	7	1477,90	-1195,65	868,69	-456,70	-1405,57	-1445,60	307,27	-868,69	1195,65
1990	8	1241,50	-1004,39	-729,74	383,64	-1180,74	-1214,37	-258,12	-1004,39	729,74
1991	9	1217,60	376,26	-1158,01	985,06	-715,69	-985,06	-715,69	-1158,01	376,26
1992	10	1078,50	1078,50	0,00	1078,50	0,00	-539,25	-934,01	-1078,50	0,00
1993	11	1791,90	553,73	1704,20	1449,68	1053,25	-187,30	-1782,08	-1704,20	-553,73
1994	12	1056,90	-855,05	621,23	326,60	1005,17	326,60	-1005,17	-855,05	-621,23
1995	13	1711,10	-1384,31	-1005,76	-528,76	1627,35	1144,95	-1271,60	-1005,76	-1384,31
1996	14	2059,00	636,27	-1958,23	-1665,77	1210,25	1880,99	-837,47	-636,27	-1958,23
1997	15	1210,20	1210,20	0,00	-1210,20	0,00	1210,20	0,00	0,00	-1210,20
1998	16	2049,30	633,27	1949,00	-1657,92	-1204,55	1872,13	833,53	633,27	-1949,00
1999	17	1627,10	-1316,35	956,39	-502,80	-1547,46	1088,74	1209,17	956,39	-1316,35
2000	18	1111,80	-899,47	-653,50	343,57	-1057,38	343,57	1057,38	899,47	-653,50
2001	19	1387,80	428,85	-1319,88	1122,75	-815,73	-145,06	1380,20	1319,88	-428,85
2002	20	1690,60	1690,60	0,00	1690,60	0,00	-845,30	1464,10	1690,60	0,00
2003	21	1515,40	468,28	1441,23	1225,98	890,73	-1225,98	890,73	1441,23	468,28
2004	22	1337,80	-1082,30	786,34	413,40	1272,32	-1308,57	278,14	1082,30	786,34
2005	23	2155,40	-1743,76	-1266,91	-666,06	2049,91	-2108,30	-448,13	1266,91	1743,76
2006	24	1029,90	318,26	-979,49	-833,21	605,36	-833,21	-605,36	318,26	979,49
2007	25	1775,20	1775,20	0,00	-1775,20	0,00	-887,60	-1537,37	0,00	1775,20
2008	26	2063,30	637,59	1962,31	-1669,24	-1212,78	-215,67	-2052,00	-637,59	1962,31
2009	27	1040,80	-842,02	611,77	-321,62	-989,86	321,62	-989,86	-611,77	842,02
2010	28	2281,20	-1845,53	-1340,86	704,93	-2169,55	1526,42	-1695,26	-1845,53	1340,86
2011	29	1901,40	587,56	-1808,34	1538,26	-1117,61	1737,02	-773,37	-1808,34	587,56
2012	30	361,80	361,80	0,00	361,80	0,00	361,80	0,00	-361,80	0,00
2013	31	1519,37	469,51	1445,01	1229,20	893,06	1388,02	617,98	-1445,01	-469,51
2014	32	1654,76	-1338,73	972,64	511,35	1573,77	1107,25	1229,72	-1338,73	-972,64
2015	33	1820,10	-1472,49	-1069,83	-562,44	1731,02	562,44	1731,02	-1069,83	-1472,49
2016	34	1557,43	481,27	-1481,21	-1259,99	915,44	-162,80	1548,90	-481,27	-1481,21
2017	35	1651,49	1651,49	0,00	-1651,49	0,00	-825,74	1430,23	0,00	-1651,49
2018	36	1730,99	534,91	1646,27	-1400,40	-1017,45	-1400,40	1017,45	534,91	-1646,27
2019	37	1570,24	-1270,35	922,97	-485,23	-1493,39	-1535,93	326,47	922,97	-1270,35
2020	38	1770,38	-1432,27	-1040,61	547,08	-1683,73	-1731,70	-368,08	1432,27	-1040,61
2021	39	1835,84	567,31	-1745,99	1485,22	-1079,08	-1485,22	-1079,08	1745,99	-567,31
2022	40	1749,86	1749,86	0,00	1749,86	0,00	-874,93	-1515,42	1749,86	0,00
2023	41	1852,57	572,47	1761,90	1498,76	1088,91	-193,65	-1842,42	1761,90	572,47
2024	42	1651,87	-1336,39	970,95	510,46	1571,02	510,46	-1571,02	1336,39	970,95
2025	43	1840,26	-1488,80	-1081,68	-568,67	1750,19	1231,38	-1367,58	1081,68	1488,80
2026	44	1639,66	506,68	-1559,41	-1326,51	963,77	1497,90	-666,91	506,68	1559,41
2027	45	1834,71	1834,71	0,00	-1834,71	0,00	1834,71	0,00	0,00	1834,71
2028	46	1806,43	558,22	1718,01	-1461,43	-1061,79	1650,25	734,74	-558,22	1718,01
2029	47	1551,90	-1255,52	912,19	-479,56	-1475,95	1038,43	1153,29	-912,19	1255,52
2030	48	1576,68	-1275,56	-926,75	487,22	-1499,51	487,22	1499,51	-1275,56	926,75
2031	49	1705,82	527,13	-1622,33	1380,04	-1002,65	-178,31	1696,47	-1622,33	527,13
2032	50	1639,04	1639,04	0,00	1639,04	0,00	-819,52	1419,45	-1639,04	0,00
2033	51	1632,95	504,61	1553,02	1321,08	959,82	-1321,08	959,82	-1553,02	-504,61
2034	52	1903,13	-1539,67	1118,63	588,10	1809,99	-1861,55	395,68	-1539,67	-1118,63
2035	53	1861,08	-1505,65	-1093,92	-575,11	1770,00	-1820,41	-386,94	-1093,92	-1505,65
2036	54	1641,48	507,24	-1561,14	-1327,98	964,84	-1327,98	-964,84	-507,24	-1561,14
2037	55	1633,17	1633,17	0,00	-1633,17	0,00	-816,58	-1414,36	0,00	-1633,17
2038	56	1512,11	467,27	1438,10	-1223,32	-888,79	-158,06	-1503,82	467,27	-1438,10
2039	57	1505,83	-1218,24	885,10	-465,33	-1432,13	465,33	-1432,13	885,10	-1218,24
2040	58	1893,93	-1532,22	-1113,22	585,26	-1801,23	1267,28	-1407,46	1532,22	-1113,22
2041	59	1957,86	605,01	-1862,03	1583,94	-1150,80	1788,59	-796,33	1862,03	-605,01
2042	60	1841,27	1841,27	0,00	1841,27	0,00	1841,27	0,00	1841,27	0,00
Σ		95519,60	-1199,14	-539,68	-1810,41	-490,94	59,62	-1990,55	1321,73	-1373,19



Tabla 55. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación Masatepe

Parámetros y Ecuaciones para valores de Y ajustados por mínimos cuadrados- Estacion Masatepe				
	T=5	T=10	T=15	T=20
$A_0 = \sum y/N$	1,591,99			
$A_1 = (2/N) \sum y \cos(\omega t)$	-39,97	-60,35	1,99	44,06
$B_1 = (2/N) \sum y \sin(\omega t)$	-17,99	-16,36	-66,35	-45,77
$\theta = \arctan(-B_1/A_1)$	-0,42	-0,26	1,54	0,80
$C_1 = \sqrt{(A_1^2 + B_1^2)}$	43,83	62,53	66,38	63,53
δ	1,15	1,31	3,11	2,38
$y = A_0 - C_1 \cos(\omega t + \theta)$	$y = 1591,993 + 43,83 \cos(\omega t - 0,423)$	$y = 1591,993 + 62,53 \cos(\omega t - 0,26)$	$y = 1591,993 + 66,38 \cos(\omega t + 1,54)$	$y = 1591,993 + 66,38 \cos(\omega t + 0,80)$

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 56. Ajustes de datos Masaya

Masaya-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			ycos(ωt)	ysen(ωt)	ycos(ωt)	ysen(ωt)	ycos(ωt)	ysen(ωt)	ycos(ωt)	ysen(ωt)
1977	1	423,70	130,93	402,96	342,78	249,04	387,07	172,33	402,96	130,93
1978	2	1113,50	-900,84	654,50	344,09	1059,00	745,08	827,49	900,84	654,50
1979	3	1494,10	-1208,75	-878,21	-461,70	1420,97	461,70	1420,97	878,21	1208,75
1980	4	1388,40	429,04	-1320,45	-1123,24	816,08	-145,13	1380,79	429,04	1320,45
1981	5	1710,60	1710,60	0,00	-1710,60	0,00	-855,30	1481,42	0,00	1710,60
1982	6	1531,00	473,11	1456,07	-1238,61	-899,90	-1238,61	899,90	-473,11	1456,07
1983	7	1204,20	-974,22	707,81	-372,12	-1145,26	-1177,89	250,37	-707,81	974,22
1984	8	1344,10	-1087,40	-790,04	415,35	-1278,32	-1314,73	-279,45	-1087,40	790,04
1985	9	1142,30	352,99	-1086,39	924,14	-671,43	-924,14	-671,43	-1086,39	352,99
1986	10	912,50	912,50	0,00	912,50	0,00	-456,25	-790,25	-912,50	0,00
1987	11	1457,10	450,27	1385,78	1178,82	856,46	-152,31	-1449,12	-1385,78	-450,27
1988	12	1962,80	-1587,94	1153,70	606,54	1866,73	606,54	-1866,73	-1587,94	-1153,70
1989	13	1260,10	-1019,44	-740,67	-389,39	1198,43	843,17	-936,44	-740,67	-1019,44
1990	14	1198,10	370,23	-1139,46	-969,28	704,23	1094,52	-487,31	-370,23	-1139,46
1991	15	1229,80	1229,80	0,00	-1229,80	0,00	1229,80	0,00	0,00	-1229,80
1992	16	904,00	279,35	859,76	-731,35	-531,36	825,85	367,69	279,35	-859,76
1993	17	1417,40	-1146,70	833,13	-438,00	-1348,03	948,43	1053,33	833,13	-1146,70
1994	18	1132,20	-915,97	-665,49	349,87	-1076,79	349,87	1076,79	915,97	-665,49



Modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la cuenca 69 de Nicaragua.

1995	19	1636,50	505,71	-1556,40	1323,96	-961,91	-171,06	1627,54	1556,40	-505,71
1996	20	1756,20	1756,20	0,00	1756,20	0,00	-878,10	1520,91	1756,20	0,00
1997	21	1117,80	345,42	1063,09	904,32	657,03	-904,32	657,03	1063,09	345,42
1998	22	1614,00	-1305,75	948,69	498,75	1535,01	-1578,73	335,57	1305,75	948,69
1999	23	1408,40	-1139,42	-827,84	-435,22	1339,47	-1377,62	-292,82	827,84	1139,42
2000	24	1142,10	352,93	-1086,20	-923,98	671,31	-923,98	-671,31	352,93	1086,20
2001	25	1319,50	1319,50	0,00	-1319,50	0,00	-659,75	-1142,72	0,00	1319,50
2002	26	1153,70	356,51	1097,23	-933,36	-678,13	-120,59	-1147,38	-356,51	1097,23
2003	27	1657,90	-1341,27	974,49	-512,32	-1576,76	512,32	-1576,76	-974,49	1341,27
2004	28	1170,80	-947,20	-688,18	361,80	-1113,50	783,42	-870,07	-947,20	688,18
2005	29	1811,80	559,88	-1723,12	1465,78	-1064,95	1655,16	-736,93	-1723,12	559,88
2006	30	996,70	996,70	0,00	996,70	0,00	996,70	0,00	-996,70	0,00
2007	31	1475,00	455,80	1402,81	1193,30	866,98	1347,48	599,94	-1402,81	-455,80
2008	32	1960,20	-1585,84	1152,18	605,74	1864,26	1311,63	1456,71	-1585,84	-1152,18
2009	33	1303,00	-1054,15	-765,88	-402,65	1239,23	402,65	1239,23	-765,88	-1054,15
2010	34	2015,00	622,67	-1916,38	-1630,17	1184,39	-210,62	2003,96	-622,67	-1916,38
2011	35	1723,50	1723,50	0,00	-1723,50	0,00	-861,75	1492,59	0,00	-1723,50
2012	36	909,00	280,90	864,51	-735,40	-534,30	-735,40	534,30	280,90	-864,51
2013	37	1311,83	-1061,29	771,07	-405,38	-1247,63	-1283,16	272,74	771,07	-1061,29
2014	38	1413,95	-1143,91	-831,10	436,93	-1344,74	-1383,05	-293,98	1143,91	-831,10
2015	39	1502,60	464,33	-1429,06	1215,63	-883,21	-1215,63	-883,21	1429,06	-464,33
2016	40	1611,20	1611,20	0,00	1611,20	0,00	-805,60	-1395,34	1611,20	0,00
2017	41	1575,20	486,76	1498,10	1274,36	925,88	-164,65	-1566,57	1498,10	486,76
2018	42	1597,40	-1292,33	938,93	493,62	1519,22	493,62	-1519,22	1292,33	938,93
2019	43	1439,76	-1164,79	-846,27	-444,91	1369,29	963,39	-1069,95	846,27	1164,79
2020	44	1473,93	455,47	-1401,79	-1192,44	866,36	1346,50	-599,50	455,47	1401,79
2021	45	1708,61	1708,61	0,00	-1708,61	0,00	1708,61	0,00	0,00	1708,61
2022	46	1711,33	528,83	1627,58	-1384,50	-1005,90	1563,38	696,06	-528,83	1627,58
2023	47	1642,03	-1328,43	965,16	-507,42	-1561,66	1098,73	1220,27	-965,16	1328,43
2024	48	1711,51	-1384,64	-1006,00	528,89	-1627,75	528,89	1627,75	-1384,64	1006,00
2025	49	1686,02	521,01	-1603,50	1364,02	-991,02	-176,24	1676,78	-1603,50	521,01
2026	50	1717,88	1717,88	0,00	1717,88	0,00	-858,94	1487,73	-1717,88	0,00
2027	51	1530,51	472,95	1455,60	1238,21	899,61	-1238,21	899,61	-1455,60	-472,95
2028	52	1653,42	-1337,64	971,85	510,93	1572,49	-1617,28	343,76	-1337,64	-971,85
2029	53	1530,21	-1237,97	-899,44	-472,86	1455,32	-1496,78	-318,15	-899,44	-1237,97
2030	54	1610,33	497,62	-1531,52	-1302,79	946,53	-1302,79	-946,53	-497,62	-1531,52
2031	55	1454,86	1454,86	0,00	-1454,86	0,00	-727,43	-1259,95	0,00	-1454,86
2032	56	1599,51	494,28	1521,23	-1294,03	-940,17	-167,19	-1590,75	494,28	-1521,23
2033	57	1693,13	-1369,77	995,20	-523,21	-1610,27	523,21	-1610,27	995,20	-1369,77
2034	58	1493,09	-1207,94	-877,62	461,39	-1420,02	999,07	-1109,58	1207,94	-877,62
2035	59	1520,79	469,95	-1446,36	1230,35	-893,90	1389,31	-618,56	1446,36	-469,95
2036	60	1496,53	1496,53	0,00	1496,53	0,00	1496,53	0,00	1496,53	0,00
2037	61	1554,93	480,50	1478,83	1257,96	913,96	1420,50	632,45	1478,83	480,50



2038	62	1563,03	-1264,52	918,73	483,00	1486,53	1045,87	1161,56	1264,52	918,73
2039	63	1542,86	-1248,20	-906,87	-476,77	1467,34	476,77	1467,34	906,87	1248,20
2040	64	1615,33	499,17	-1536,27	-1306,83	949,47	-168,85	1606,48	499,17	1536,27
2041	65	1495,61	1495,61	0,00	-1495,61	0,00	-747,80	1295,23	0,00	1495,61
2042	66	1504,11	464,80	1430,50	-1216,85	-884,09	-1216,85	884,09	-464,80	1430,50
2043	67	1628,72	-1317,66	957,34	-503,30	-1549,00	-1593,13	338,63	-957,34	1317,66
2044	68	1756,27	-1420,85	-1032,31	542,72	-1670,31	-1717,89	-365,15	-1420,85	1032,31
2045	69	1797,17	555,36	-1709,21	1453,94	-1056,35	-1453,94	-1056,35	-1709,21	555,36
2046	70	1532,01	1532,01	0,00	1532,01	0,00	-766,00	-1326,76	-1532,01	0,00
2047	71	1594,76	492,81	1516,71	1290,19	937,38	-166,70	-1586,03	-1516,71	-492,81
2048	72	1660,98	-1343,76	976,30	513,27	1579,68	513,27	-1579,68	-1343,76	-976,30
	Σ	105928,44	-1823,53	737,79	1863,13	2851,06	-4885,36	2395,13	-6442,35	8252,96

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 57. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación Masaya

Parámetros y Ecuaciones para valores de Y ajustados por mínimos cuadrados- Estación Masaya				
	T=5	T=10	T=15	T=20
$A_0 = \Sigma y/N$	962,99			
$A_1 = (2/N) \Sigma y \cos(\omega t)$	-50,65	51,75	-135,70	-178,95
$B_1 = (2/N) \Sigma y \sin(\omega t)$	20,49	79,20	66,53	229,25
$\theta = \arctan(-B_1/A_1)$	0,38	-0,99	0,46	0,91
$C_1 = \sqrt{A_1^2 + B_1^2}$	54,64	94,61	151,14	290,83
δ	1,96	0,58	2,03	2,48
$y = A_0 + C_1 \cos(\omega t + \theta)$	$y = 962,99 + 54,64 \cos(\omega t + 0,38)$	$y = 962,99 + 94,61 \cos(\omega t - 0,99)$	$y = 962,99 + 151,14 \cos(\omega t + 0,46)$	$y = 962,99 + 290,83 \cos(\omega t + 0,91)$

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 58. Ajustes de datos Rivas

Rivas-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)
1968	1	1271,60	392,95	1209,36	1028,75	747,43	1161,66	517,21	1209,36	392,95
1969	2	2297,00	-1858,31	1350,14	709,81	2184,58	1536,99	1707,00	1858,31	1350,14
1970	3	1714,20	-1386,82	-1007,58	-529,72	1630,30	529,72	1630,30	1007,58	1386,82
1971	4	1803,30	557,25	-1715,04	-1458,90	1059,95	-188,50	1793,42	557,25	1715,04
1972	5	1000,50	1000,50	0,00	-1000,50	0,00	-500,25	866,46	0,00	1000,50
1973	6	1617,60	499,87	1538,43	-1308,67	-950,80	-1308,67	950,80	-499,87	1538,43
1974	7	1358,80	-1099,29	798,68	-419,89	-1292,30	-1329,11	282,51	-798,68	1099,29
1975	8	1374,20	-1111,75	-807,73	424,65	-1306,94	-1344,17	-285,71	-1111,75	807,73
1976	9	1025,70	316,96	-975,50	829,81	-602,89	-829,81	-602,89	-975,50	316,96
1977	10	1124,40	1124,40	0,00	1124,40	0,00	-562,20	-973,76	-1124,40	0,00
1978	11	1417,80	438,12	1348,41	1147,02	833,36	-148,20	-1410,03	-1348,41	-438,12
1979	12	2410,10	-1949,81	1416,62	744,76	2292,14	744,76	-2292,14	-1949,81	-1416,62
1980	13	1831,10	-1481,39	-1076,29	-565,84	1741,48	1225,25	-1360,77	-1076,29	-1481,39
1981	14	1721,90	532,10	-1637,62	-1393,05	1012,11	1573,03	-700,36	-532,10	-1637,62
1982	15	1590,50	1590,50	0,00	-1590,50	0,00	1590,50	0,00	0,00	-1590,50
1983	16	1237,00	382,25	1176,46	-1000,75	-727,09	1130,06	503,13	382,25	-1176,46
1984	17	1600,80	-1295,07	940,93	-494,67	-1522,45	1071,14	1189,63	940,93	-1295,07
1985	18	1136,20	-919,21	-667,84	351,11	-1080,59	351,11	1080,59	919,21	-667,84
1986	19	1530,20	472,86	-1455,31	1237,96	-899,43	-159,95	1521,82	1455,31	-472,86
1987	20	905,20	905,20	0,00	905,20	0,00	-452,60	783,93	905,20	0,00
1988	21	2117,30	654,28	2013,67	1712,93	1244,52	-1712,93	1244,52	2013,67	654,28
1989	22	1163,40	-941,21	683,83	359,51	1106,46	-1137,98	241,88	941,21	683,83
1990	23	1040,20	-841,54	-611,41	-321,44	989,29	-1017,47	-216,27	611,41	841,54
1991	24	1039,40	321,19	-988,53	-840,89	610,94	-840,89	-610,94	321,19	988,53
1992	25	1143,50	1143,50	0,00	-1143,50	0,00	-571,75	-990,30	0,00	1143,50
1993	26	1533,40	473,85	1458,35	-1240,55	-901,31	-160,28	-1525,00	-473,85	1458,35
1994	27	851,90	-689,20	500,73	-263,25	-810,21	263,25	-810,21	-500,73	689,20
1995	28	2061,20	-1667,55	-1211,54	636,95	-1960,32	1379,21	-1531,77	-1667,55	1211,54
1996	29	1601,90	495,01	-1523,50	1295,96	-941,57	1463,41	-651,55	-1523,50	495,01
1997	30	1246,60	1246,60	0,00	1246,60	0,00	1246,60	0,00	-1246,60	0,00
1998	31	1891,50	584,51	1798,92	1530,26	1111,80	1727,97	769,34	-1798,92	-584,51
1999	32	1815,40	-1468,69	1067,07	560,99	1726,55	1214,74	1349,11	-1468,69	-1067,07
2000	33	1317,10	-1065,56	-774,17	-407,01	1252,64	407,01	1252,64	-774,17	-1065,56
2001	34	1289,60	398,51	-1226,48	-1043,31	758,01	-134,80	1282,54	-398,51	-1226,48
2002	35	1208,60	1208,60	0,00	-1208,60	0,00	-604,30	1046,68	0,00	-1208,60
2003	36	1672,20	516,74	1590,36	-1352,84	-982,89	-1352,84	982,89	516,74	-1590,36
2004	37	1512,50	-1223,64	889,03	-467,39	-1438,47	-1479,45	314,47	889,03	-1223,64
2005	38	2086,80	-1688,26	-1226,59	644,86	-1984,66	-2041,20	-433,87	1688,26	-1226,59



Modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la cuenca 69 de Nicaragua.

2006	39	993,50	307,01	-944,87	803,76	-583,96	-803,76	-583,96	944,87	-307,01
2007	40	1830,30	1830,30	0,00	1830,30	0,00	-915,15	-1585,09	1830,30	0,00
2008	41	1907,60	589,48	1814,24	1543,28	1121,26	-199,40	-1897,15	1814,24	589,48
2009	42	1162,00	-940,08	683,01	359,08	1105,13	359,08	-1105,13	940,08	683,01
2010	43	1684,60	-1362,87	-990,18	-520,57	1602,15	1127,22	-1251,90	990,18	1362,87
2011	44	1892,80	584,91	-1800,16	-1531,31	1112,56	1729,16	-769,87	584,91	1800,16
2012	45	386,70	386,70	0,00	-386,70	0,00	386,70	0,00	0,00	386,70
2013	46	1940,82	599,75	1845,83	-1570,16	-1140,79	1773,03	789,40	-599,75	1845,83
2014	47	1635,71	-1323,32	961,45	-505,46	-1555,65	1094,51	1215,57	-961,45	1323,32
2015	48	1624,00	-1313,84	-954,56	501,84	-1544,51	501,84	1544,51	-1313,84	954,56
2016	49	1839,97	568,58	-1749,91	1488,57	-1081,51	-192,33	1829,89	-1749,91	568,58
2017	50	1515,31	1515,31	0,00	1515,31	0,00	-757,65	1312,29	-1515,31	0,00
2018	51	1888,39	583,54	1795,96	1527,74	1109,97	-1527,74	1109,97	-1795,96	-583,54
2019	52	1549,37	-1253,47	910,70	478,78	1473,54	-1515,51	322,13	-1253,47	-910,70
2020	53	1576,66	-1275,55	-926,74	-487,22	1499,49	-1542,21	-327,81	-926,74	-1275,55
2021	54	1818,47	561,94	-1729,47	-1471,17	1068,87	-1471,17	-1068,87	-561,94	-1729,47
2022	55	1538,45	1538,45	0,00	-1538,45	0,00	-769,23	-1332,34	0,00	-1538,45
2023	56	1744,61	539,11	1659,23	-1411,42	-1025,46	-182,36	-1735,06	539,11	-1659,23
2024	57	1862,34	-1506,66	1094,66	-575,49	-1771,19	575,49	-1771,19	1094,66	-1506,66
2025	58	1467,11	-1186,91	-862,34	453,36	-1395,30	981,69	-1090,27	1186,91	-862,34
2026	59	1570,02	485,16	-1493,18	1270,17	-922,84	1434,29	-638,59	1493,18	-485,16
2027	60	1883,63	1883,63	0,00	1883,63	0,00	1883,63	0,00	1883,63	0,00
2028	61	1606,33	496,38	1527,71	1299,55	944,18	1467,45	653,35	1527,71	496,38
2029	62	1667,76	-1349,25	980,28	515,37	1586,13	1115,95	1239,39	1349,25	980,28
2030	63	1841,48	-1489,79	-1082,40	-569,05	1751,35	569,05	1751,35	1082,40	1489,79
2031	64	1780,09	550,08	-1692,96	-1440,12	1046,31	-186,07	1770,33	550,08	1692,96
2032	65	1492,85	1492,85	0,00	-1492,85	0,00	-746,42	1292,84	0,00	1492,85
2033	66	1740,58	537,87	1655,39	-1408,16	-1023,09	-1408,16	1023,09	-537,87	1655,39
2034	67	1616,40	-1307,69	950,09	-499,49	-1537,28	-1581,07	336,07	-950,09	1307,69
2035	68	1807,88	-1462,61	-1062,65	558,67	-1719,40	-1768,38	-375,88	-1462,61	1062,65
2036	69	1584,96	489,78	-1507,38	1282,26	-931,61	-1282,26	-931,61	-1507,38	489,78
2037	70	1520,95	1520,95	0,00	1520,95	0,00	-760,47	-1317,18	-1520,95	0,00
2038	71	1846,95	570,74	1756,55	1494,21	1085,61	-193,06	-1836,83	-1756,55	-570,74
2039	72	1861,54	-1506,02	1094,18	575,25	1770,43	575,25	-1770,43	-1506,02	-1094,18
2040	73	1830,15	-1480,62	-1075,74	-565,55	1740,58	1224,61	-1360,07	-1075,74	-1480,62
2041	74	1633,05	504,64	-1553,13	-1321,17	959,89	1491,87	-664,22	-504,64	-1553,13
2042	75	1598,99	1598,99	0,00	-1598,99	0,00	1598,99	0,00	0,00	-1598,99
2043	76	1698,65	524,91	1615,51	-1374,24	-998,44	1551,79	690,90	524,91	-1615,51
2044	77	1740,14	-1407,80	1022,83	-537,73	-1654,97	1164,38	1293,17	1022,83	-1407,80
2045	78	1736,18	-1404,60	-1020,50	536,51	-1651,20	536,51	1651,20	1404,60	-1020,50
2046	79	1792,94	554,05	-1705,19	1450,52	-1053,87	-187,41	1783,12	1705,19	-554,05
2047	80	1838,07	1838,07	0,00	1838,07	0,00	-919,04	1591,82	1838,07	0,00
2048	81	1565,06	483,63	1488,46	1266,16	919,92	-1266,16	919,92	1488,46	483,63



2049	82	1860,12	-1504,87	1093,35	574,81	1769,08	-1819,47	386,74	1504,87	1093,35
2050	83	1508,33	-1220,27	-886,58	-466,10	1434,51	-1475,37	-313,60	886,58	1220,27
2051	84	1627,19	502,83	-1547,55	-1316,42	956,44	-1316,42	-956,44	502,83	1547,55
2052	85	1704,15	1704,15	0,00	-1704,15	0,00	-852,08	-1475,84	0,00	1704,15
2053	86	1778,88	549,70	1691,82	-1439,15	-1045,60	-185,94	-1769,14	-549,70	1691,82
2054	87	1684,96	-1363,16	990,39	-520,68	-1602,49	520,68	-1602,49	-990,39	1363,16
2055	88	1479,30	-1196,78	-869,51	457,13	-1406,90	989,85	-1099,34	-1196,78	869,51
2056	89	1827,91	564,85	-1738,44	1478,81	-1074,42	1669,88	-743,48	-1738,44	564,85
2057	90	1710,15	1710,15	0,00	1710,15	0,00	1710,15	0,00	-1710,15	0,00
	Σ	141474,61	-4119,19	2314,03	2402,68	2236,52	2947,82	48,60	-2048,26	7371,31

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla 59. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación Rivas

Parámetros y Ecuaciones para valores de Y ajustados por mínimos cuadrados- Estacion Rivas				
	T=5	T=10	T=15	T=20
$A_0 = \Sigma y/N$	1.286,13			
$A_1 = (2/N) \Sigma y \cos(wot)$	-91,54	53,39	65,51	-45,52
$B_1 = (2/N) \Sigma y \sin(wot)$	51,42	49,70	1,08	163,81
$\theta = \arctan(-B_1/A_1)$	0,51	-0,75	-0,02	1,30
$C_1 = \sqrt{A_1^2 + B_1^2}$	104,99	72,94	65,52	170,01
δ	2,08	0,82	1,55	2,87
$y = A_0 + C_1 \cos(wot + \theta)$	$y = 1286,13 + 104,99 \cos(wot + 0,51)$	$y = 1286,13 + 72,94 \cos(wot + 0,82)$	$y = 1286,13 + 65,52 \cos(wot + 1,55)$	$y = 1286,13 + 170,01 \cos(wot + 2,87)$

[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 60. Ajuste de datos San Carlos

San Carlos-AJUSTE DE DATOS										
Años	t	y	TR=5		TR=10		TR=15		TR=20	
			Ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)	ycos(wot)	ysen(wot)
1962	1	1573,70	486,30	1496,68	1273,15	925,00	1437,65	640,08	1496,68	486,30
1963	2	2263,20	-1830,97	1330,28	699,37	2152,43	1514,38	1681,89	1830,97	1330,28
1964	3	1797,90	-1454,53	-1056,78	-555,58	1709,90	555,58	1709,90	1056,78	1454,53
1965	4	2027,60	626,56	-1928,36	-1640,36	1191,79	-211,94	2016,49	626,56	1928,36
1966	5	1669,00	1669,00	0,00	-1669,00	0,00	-834,50	1445,40	0,00	1669,00
1967	6	1611,90	498,10	1533,01	-1304,05	-947,45	-1304,05	947,45	-498,10	1533,01
1968	7	992,50	-802,95	583,38	-306,70	-943,92	-970,81	206,35	-583,38	802,95
1969	8	1814,50	-1467,96	-1066,54	560,71	-1725,69	-1774,85	-377,26	-1467,96	1066,54
1970	9	1229,70	380,00	-1169,51	994,85	-722,80	-994,85	-722,80	-1169,51	380,00
1971	10	1267,90	1267,90	0,00	1267,90	0,00	-633,95	-1098,03	-1267,90	0,00
1972	11	2362,30	729,99	2246,68	1911,14	1388,53	-246,93	-2349,36	-2246,68	-729,99
1973	12	2106,00	-1703,79	1237,88	650,79	2002,93	650,79	-2002,93	-1703,79	-1237,88
1974	13	1742,10	-1409,39	-1023,98	-538,34	1656,84	1165,69	-1294,63	-1023,98	-1409,39
1975	14	2361,80	729,84	-2246,21	-1910,74	1388,23	2157,61	-960,63	-729,84	-2246,21
1976	15	1993,70	1993,70	0,00	-1993,70	0,00	1993,70	0,00	0,00	-1993,70
1977	16	1529,00	472,49	1454,17	-1236,99	-898,72	1396,81	621,90	472,49	-1454,17
1978	17	2108,20	-1705,57	1239,17	-651,47	-2005,02	1410,66	1566,70	1239,17	-1705,57
1979	18	2312,90	-1871,18	-1359,49	714,73	-2199,70	714,73	2199,70	1871,18	-1359,49
1980	19	2001,50	618,50	-1903,54	1619,25	-1176,45	-209,21	1990,54	1903,54	-618,50
1981	20	2141,30	2141,30	0,00	2141,30	0,00	-1070,65	1854,42	2141,30	0,00
1982	21	1438,40	444,49	1368,00	1163,69	845,47	-1163,69	845,47	1368,00	444,49
1983	22	1762,60	-1425,97	1036,03	544,67	1676,33	-1724,08	366,47	1425,97	1036,03
1984	23	1986,40	-1607,03	-1167,58	-613,83	1889,18	-1942,99	-413,00	1167,58	1607,03
1985	24	1901,30	587,53	-1808,24	-1538,18	1117,56	-1538,18	-1117,56	587,53	1808,24
1986	25	2100,70	2100,70	0,00	-2100,70	0,00	-1050,35	-1819,26	0,00	2100,70
1987	26	1967,80	608,08	1871,49	-1591,98	-1156,64	-205,69	-1957,02	-608,08	1871,49
1988	27	2219,20	-1795,37	1304,41	-685,77	-2110,58	685,77	-2110,58	-1304,41	1795,37
1995	28	751,90	-608,30	-441,96	232,35	-715,10	503,12	-558,77	-608,30	441,96
1996	29	2139,60	661,17	-2034,88	1730,97	-1257,63	1954,62	-870,25	-2034,88	661,17
1997	30	1737,60	1737,60	0,00	1737,60	0,00	1737,60	0,00	-1737,60	0,00
1998	31	2003,00	618,96	1904,97	1620,46	1177,33	1829,83	814,69	-1904,97	-618,96
1999	32	1948,50	-1576,37	1145,30	602,12	1853,13	1303,80	1448,02	-1576,37	-1145,30
2000	33	1677,40	-1357,05	-985,95	-518,35	1595,30	518,35	1595,30	-985,95	-1357,05
2001	34	1805,70	557,99	-1717,32	-1460,84	1061,36	-188,75	1795,81	-557,99	-1717,32
2002	35	2115,10	2115,10	0,00	-2115,10	0,00	-1057,55	1831,73	0,00	-2115,10



Modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la cuenca 69 de Nicaragua.

2003	36	2203,50	680,92	2095,65	-1782,67	-1295,18	-1782,67	1295,18	680,92	-2095,65
2004	37	2425,50	-1962,27	1425,67	-749,52	-2306,79	-2372,50	504,29	1425,67	-1962,27
2005	38	1989,30	-1609,38	-1169,28	614,73	-1891,94	-1945,83	-413,60	1609,38	-1169,28
2006	39	1868,80	577,49	-1777,33	1511,89	-1098,45	-1511,89	-1098,45	1777,33	-577,49
2007	40	1987,90	1987,90	0,00	1987,90	0,00	-993,95	-1721,57	1987,90	0,00
2008	41	2089,00	645,54	1986,76	1690,04	1227,88	-218,36	-2077,56	1986,76	645,54
2009	42	2112,90	-1709,37	1241,93	652,92	2009,49	652,92	-2009,49	1709,37	1241,93
2010	43	1982,10	-1603,55	-1165,05	-612,50	1885,09	1326,28	-1472,99	1165,05	1603,55
2011	44	1931,40	596,84	-1836,87	-1562,54	1135,25	1764,42	-785,57	596,84	1836,87
2012	45	312,50	312,50	0,00	-312,50	0,00	312,50	0,00	0,00	312,50
2013	46	2131,89	658,79	2027,54	-1724,73	-1253,09	1947,57	867,12	-658,79	2027,54
2014	47	2286,74	-1850,01	1344,11	-706,64	-2174,81	1530,12	1699,38	-1344,11	1850,01
2015	48	2034,30	-1645,78	-1195,73	628,63	-1934,73	628,63	1934,73	-1645,78	1195,73
2016	49	2072,16	640,33	-1970,74	1676,41	-1217,99	-216,60	2060,81	-1970,74	640,33
2017	50	1897,13	1897,13	0,00	1897,13	0,00	-948,56	1642,96	-1897,13	0,00
2018	51	1890,87	584,31	1798,32	1529,74	1111,42	-1529,74	1111,42	-1798,32	-584,31
2019	52	2058,50	-1665,36	1209,96	636,11	1957,75	-2013,52	427,99	-1665,36	-1209,96
2020	53	2069,12	-1673,95	-1216,20	-639,39	1967,85	-2023,90	-430,19	-1216,20	-1673,95
2021	54	2022,90	625,11	-1923,89	-1636,56	1189,03	-1636,56	-1189,03	-625,11	-1923,89
2022	55	2098,68	2098,68	0,00	-2098,68	0,00	-1049,34	-1817,51	0,00	-2098,68
2023	56	2106,70	651,01	2003,59	-1704,36	-1238,29	-220,21	-2095,16	651,01	-2003,59
2024	57	2284,28	-1848,02	1342,66	-705,88	-2172,47	705,88	-2172,47	1342,66	-1848,02
2025	58	1962,69	-1587,85	-1153,64	606,51	-1866,63	1313,30	-1458,56	1587,85	-1153,64
2026	59	2101,15	649,29	-1998,31	1699,86	-1235,02	1919,49	-854,61	1998,31	-649,29
2027	60	2028,90	2028,90	0,00	2028,90	0,00	2028,90	0,00	2028,90	0,00
2028	61	1911,30	590,62	1817,75	1546,27	1123,43	1746,06	777,39	1817,75	590,62
2029	62	1923,28	-1555,97	1130,48	594,33	1829,15	1286,93	1429,28	1555,97	1130,48
2030	63	2093,58	-1693,74	-1230,57	-646,95	1991,11	646,95	1991,11	1230,57	1693,74
2031	64	2051,68	634,00	-1951,26	-1659,84	1205,95	-214,46	2040,44	634,00	1951,26
2032	65	2113,85	2113,85	0,00	-2113,85	0,00	-1056,93	1830,65	0,00	2113,85
2033	66	2174,68	672,01	2068,25	-1759,35	-1278,25	-1759,35	1278,25	-672,01	2068,25
2034	67	1950,91	-1578,32	1146,71	-602,86	-1855,42	-1908,27	405,62	-1146,71	1578,32
2035	68	1996,20	-1614,96	-1173,34	616,86	-1898,50	-1952,58	-415,03	-1614,96	1173,34
2036	69	2167,79	669,88	-2061,69	1753,78	-1274,19	-1753,78	-1274,19	-2061,69	669,88
2037	70	2266,11	2266,11	0,00	2266,11	0,00	-1133,05	-1962,51	-2266,11	0,00
2038	71	2283,17	705,54	2171,43	1847,13	1342,02	-238,66	-2270,67	-2171,43	-705,54
2039	72	2000,28	-1618,26	1175,74	618,12	1902,38	618,12	-1902,38	-1618,26	-1175,74
2040	73	1981,46	-1603,03	-1164,67	-612,30	1884,48	1325,86	-1472,51	-1164,67	-1603,03
2041	74	1963,87	606,87	-1867,75	-1588,80	1154,33	1794,08	-798,78	-606,87	-1867,75
2042	75	2147,82	2147,82	0,00	-2147,82	0,00	2147,82	0,00	0,00	-2147,82
2043	76	2230,91	689,39	2121,72	-1804,84	-1311,29	2038,03	907,39	689,39	-2121,72
2044	77	2211,37	-1789,03	1299,81	-683,35	-2103,14	1479,69	1643,37	1299,81	-1789,03
2045	78	2284,66	-1848,33	-1342,89	706,00	-2172,84	706,00	2172,84	1848,33	-1342,89



2046	79	2103,56	650,03	-2000,60	1701,81	-1236,44	-219,88	2092,03	2000,60	-650,03
2047	80	1883,22	1883,22	0,00	1883,22	0,00	-941,61	1630,91	1883,22	0,00
2048	81	1932,40	597,14	1837,82	1563,35	1135,84	-1563,35	1135,84	1837,82	597,14
2049	82	2127,97	-1721,56	1250,79	657,58	2023,82	-2081,47	442,43	1721,56	1250,79
2050	83	1999,56	-1617,68	-1175,31	-617,90	1901,70	-1955,87	-415,73	1175,31	1617,68
2051	84	1992,09	615,59	-1894,59	-1611,63	1170,92	-1611,63	-1170,92	615,59	1894,59
2052	85	2232,87	2232,87	0,00	-2232,87	0,00	-1116,44	-1933,72	0,00	2232,87
2053	86	1971,36	609,18	1874,87	-1594,86	-1158,73	-206,06	-1960,56	-609,18	1874,87
2054	87	1961,04	-1586,52	1152,67	-606,00	-1865,06	606,00	-1865,06	-1152,67	1586,52
2055	88	1932,66	-1563,56	-1135,99	597,23	-1838,07	1293,20	-1436,25	-1563,56	1135,99
2056	89	2205,43	681,51	-2097,48	1784,23	-1296,32	2014,76	-897,03	-2097,48	681,51
2057	90	2169,90	2169,90	0,00	2169,90	0,00	2169,90	0,00	-2169,90	0,00
	Σ	141474,61	-1347,34	862,12	-19,18	-53,17	234,07	-124,47	298,86	7550,96

[Fuente: Elaboración propia]

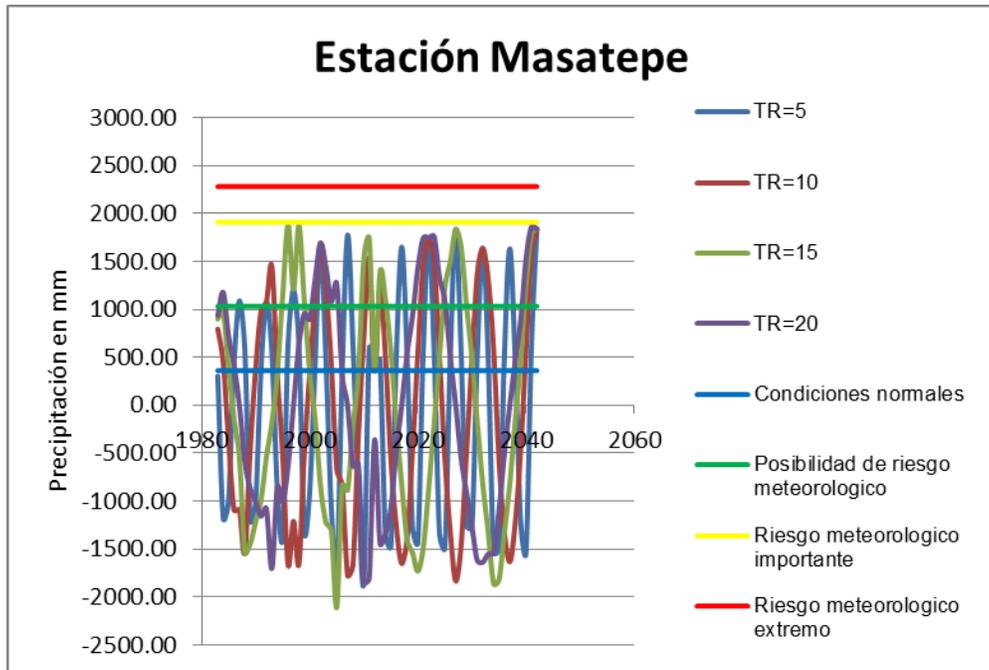
Tabla 61. Parámetros y ecuaciones para valores y ajustes por mínimos cuadrados- estación San Carlos

Parámetros y Ecuaciones para valores de Y ajustados por mínimos cuadrados- Estacion San Carlos				
	T=5	T=10	T=15	T=20
$A_0 = \Sigma y/N$	1.286,13			
$A_1 = (2/N) \Sigma y \cos(wot)$	-29,94	-0,43	5,20	6,64
$B_1 = (2/N) \Sigma y \sin(wot)$	19,16	-1,18	-2,77	167,80
$\theta = \arctan(-B_1/A_1)$	0,57	-1,22	0,49	-1,53
$C_1 = \sqrt{(A_1^2 + B_1^2)}$	35,55	1,26	5,89	167,93
δ	2,14	0,35	2,06	0,04
$y = A_0 + C_1 \cos(wot + \theta)$	$y = 1286,13 + 35,55 \cos(wot + 2,14)$	$y = 1286,13 + 1,26 \cos(wot + 0,35)$	$y = 1286,13 + 5,89 \cos(wot + 2,06)$	$y = 1286,13 + 167,93 \cos(wot + 0,04)$

[Fuente: Elaboración propia]

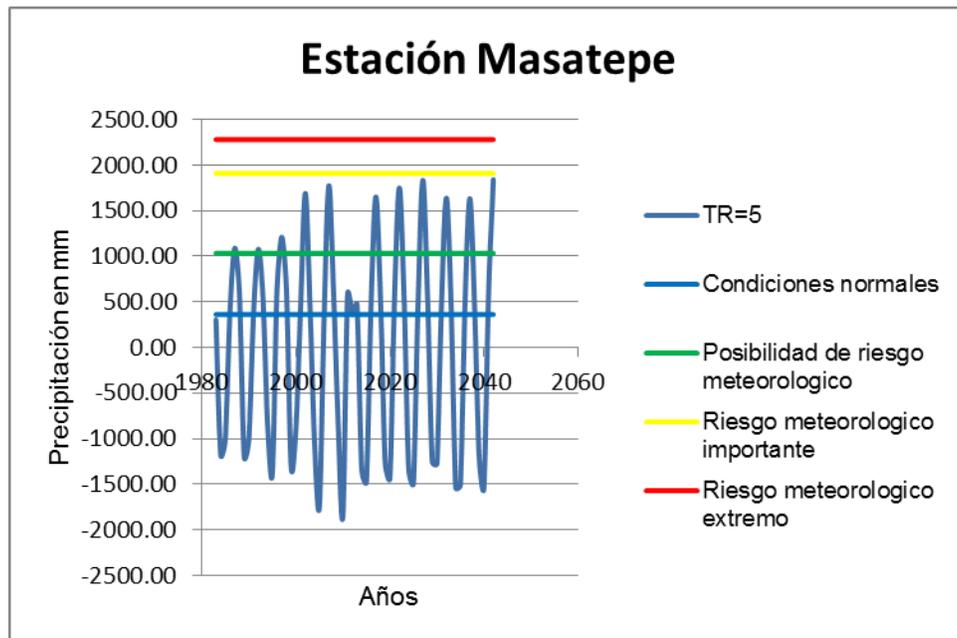


Grafica 35. Estación Masatepe para 4 periodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]

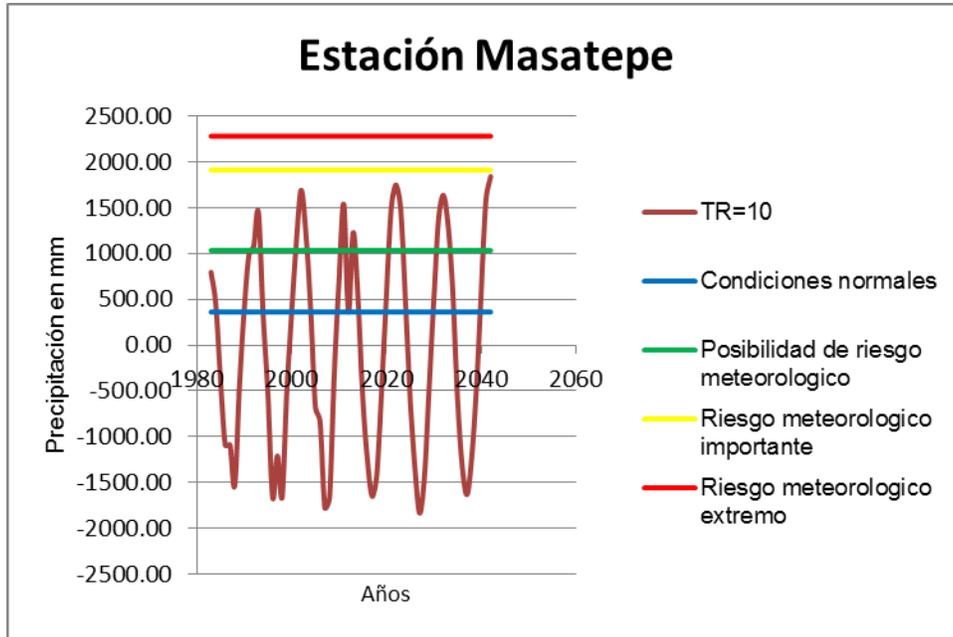
Grafica 36. Estación Masatepe para TR=5



[Fuente: Elaboración propia]

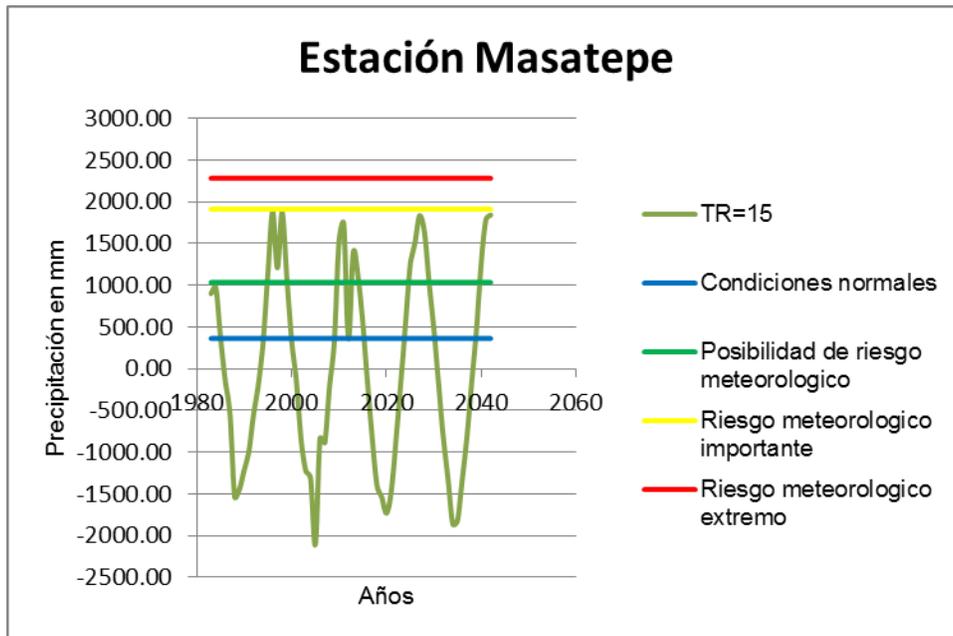


Grafica 37. Estación Masatepe para TR=10



[Fuente: Elaboración propia]

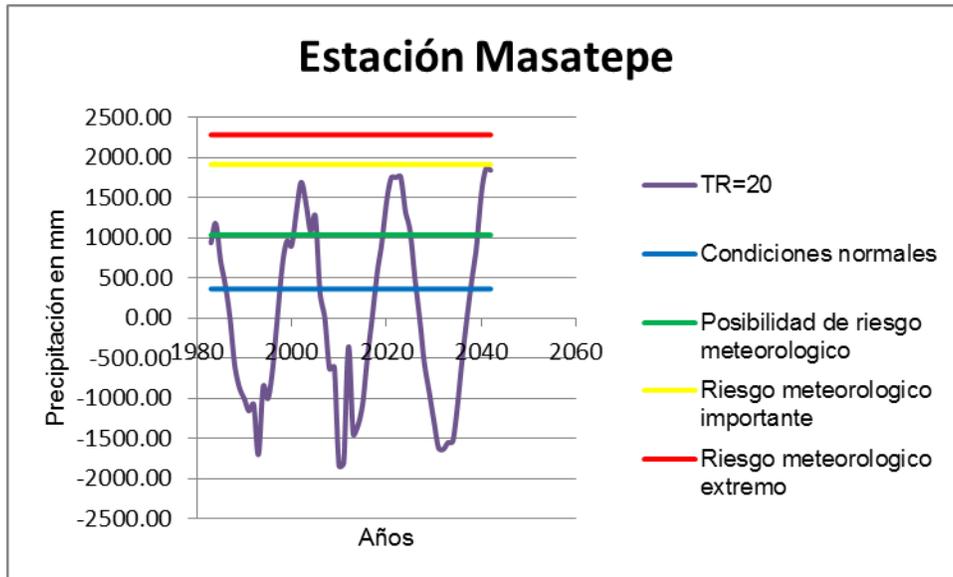
Grafica 38. Estación Masatepe para TR=15



[Fuente: Elaboración propia]

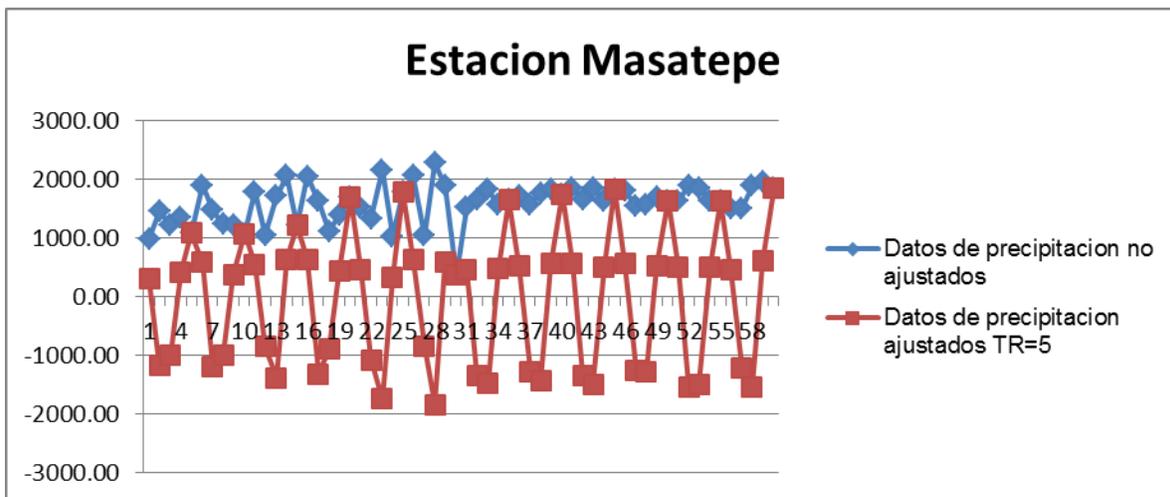


Grafica 39. Estación Masatepe para TR=20



[Fuente: Elaboración propia]

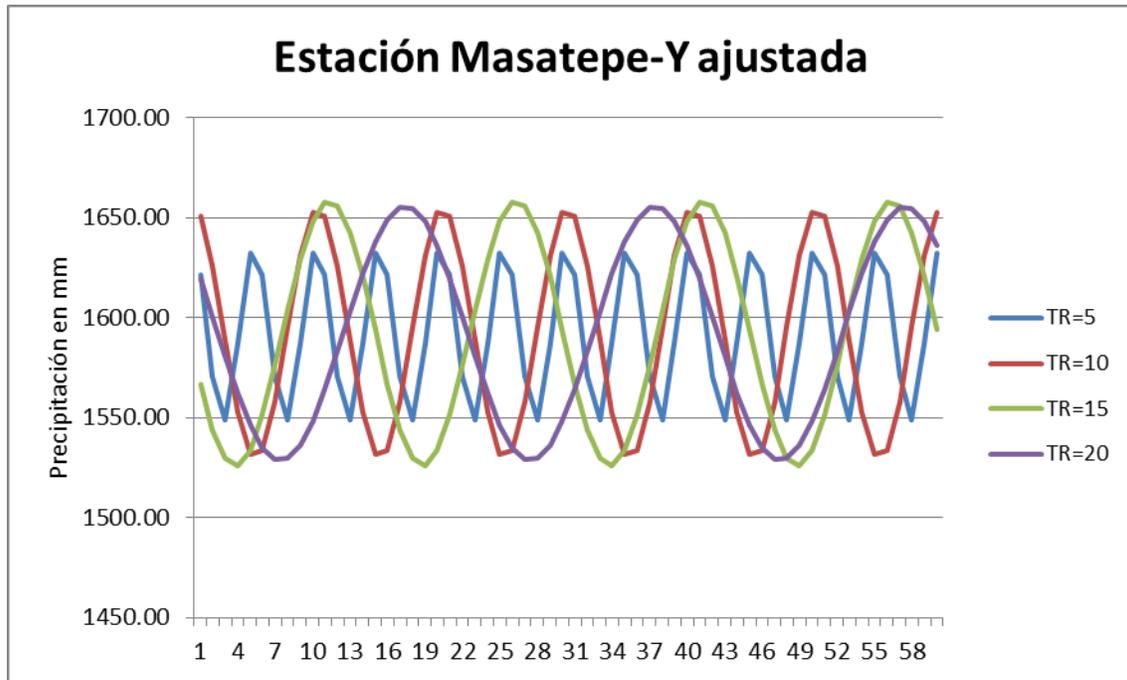
Grafica 40. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación Masatepe



[Fuente: Elaboración propia]



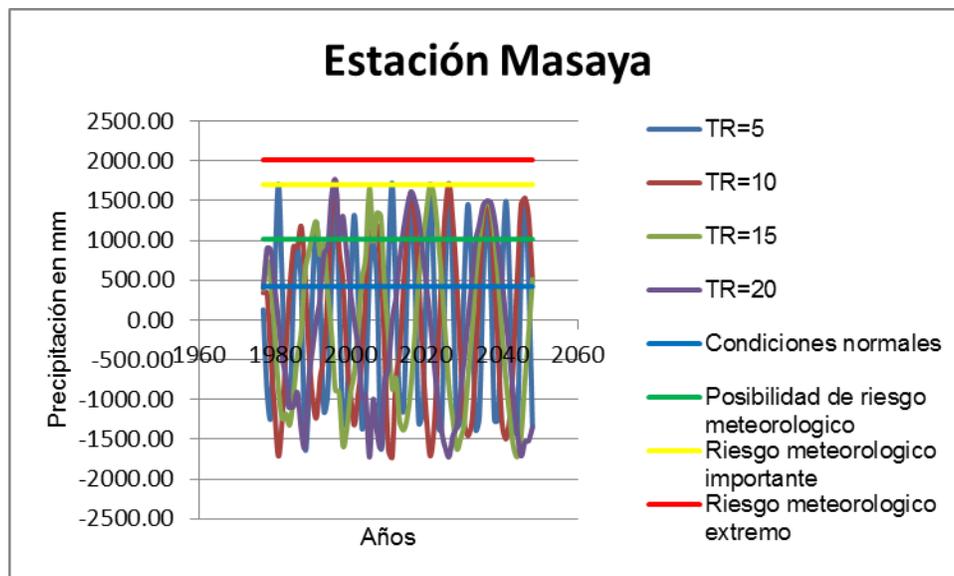
Grafica 41. Estación Masatepe Y - ajustada para 4 períodos de retornos



[Fuente: Elaboración propia]

Ajuste de minimos cadrados de una sinusoide

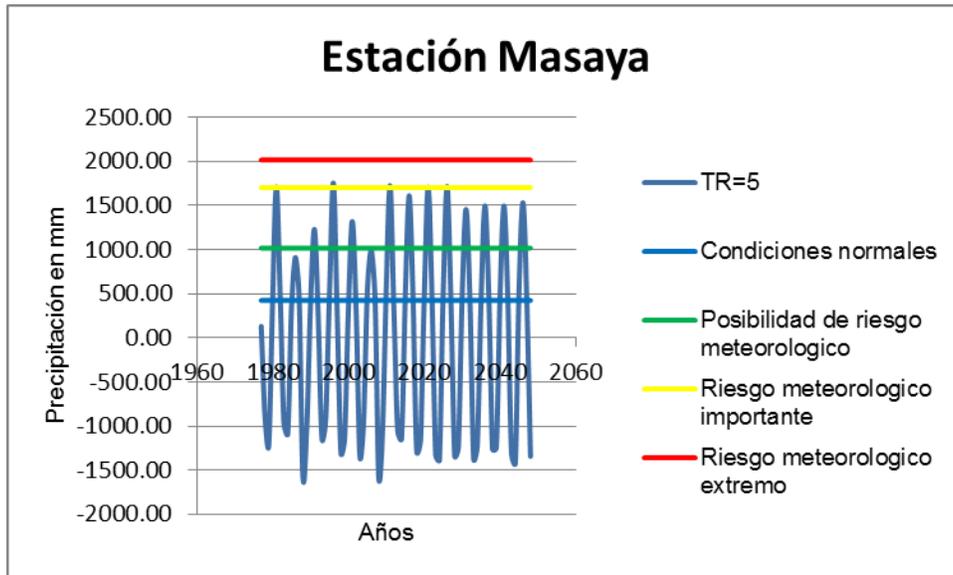
Grafica 42. Estación Masaya para 4 periodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]

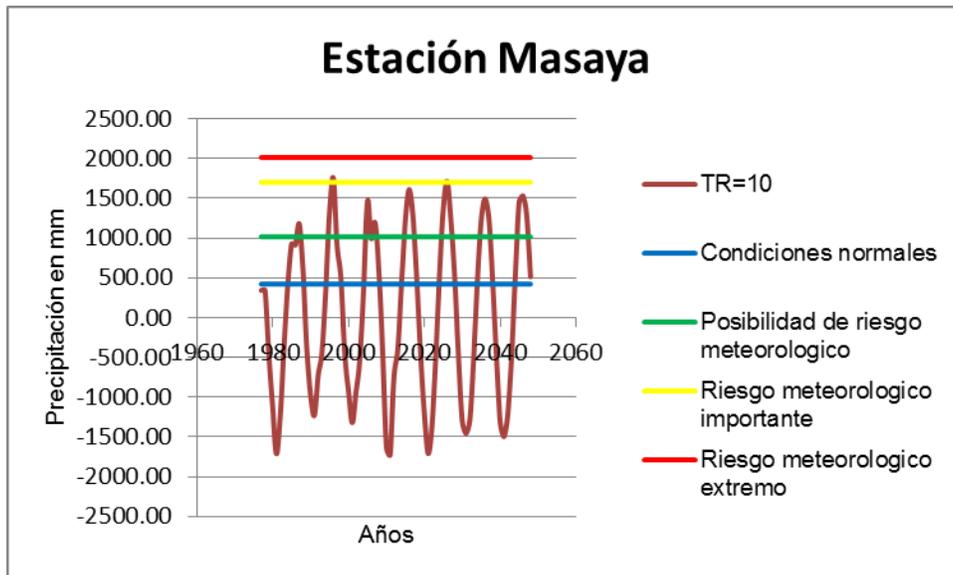


Grafica 43. Estación Masaya para TR=5



[Fuente: Elaboración propia]

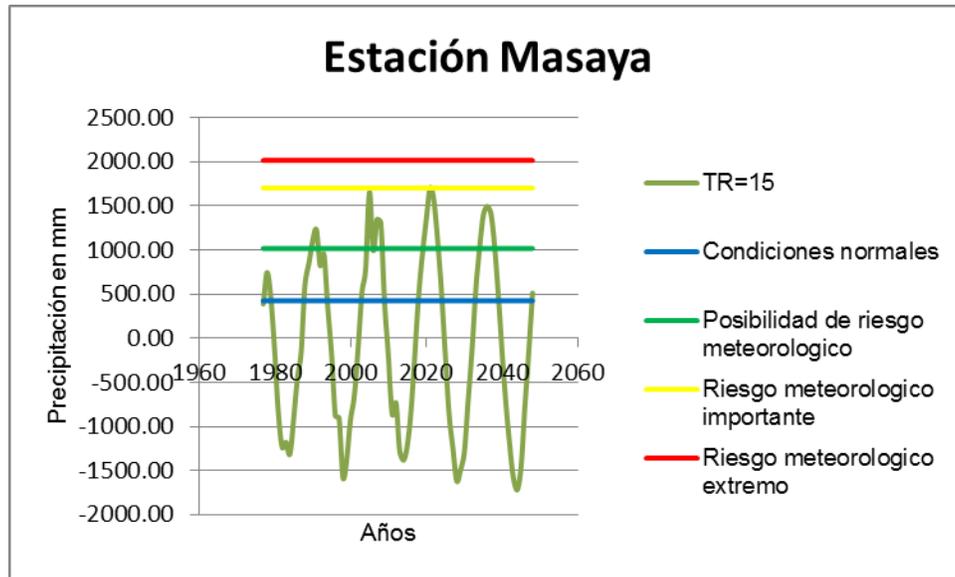
Grafica 44. Estación Masaya para TR=10



[Fuente: Elaboración propia]

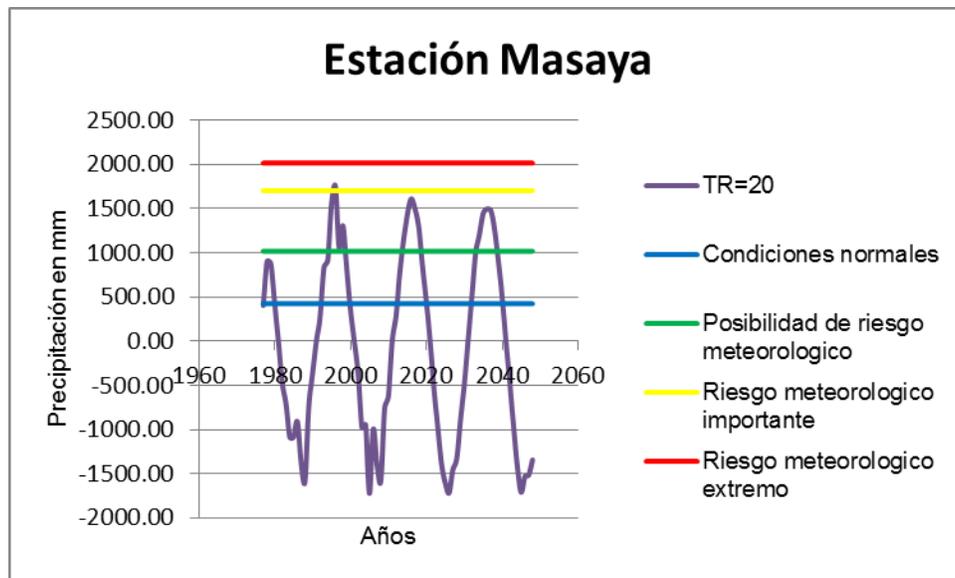


Grafica 45. Estación Masaya para TR=15



[Fuente: Elaboración propia]

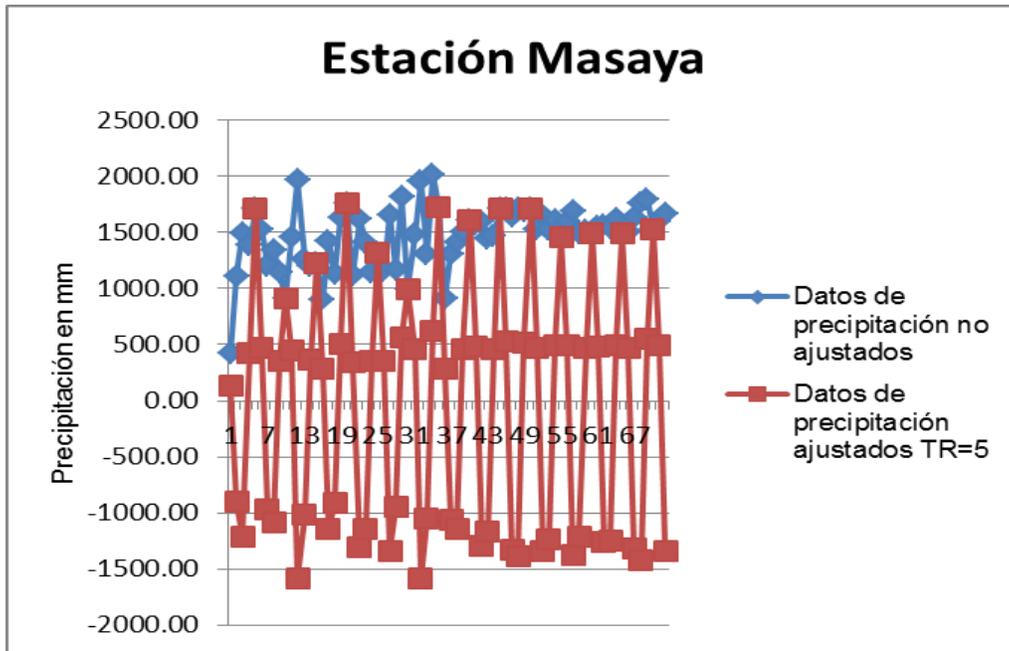
Grafica 46. Estación Masaya para TR=20



[Fuente: Elaboración propia]

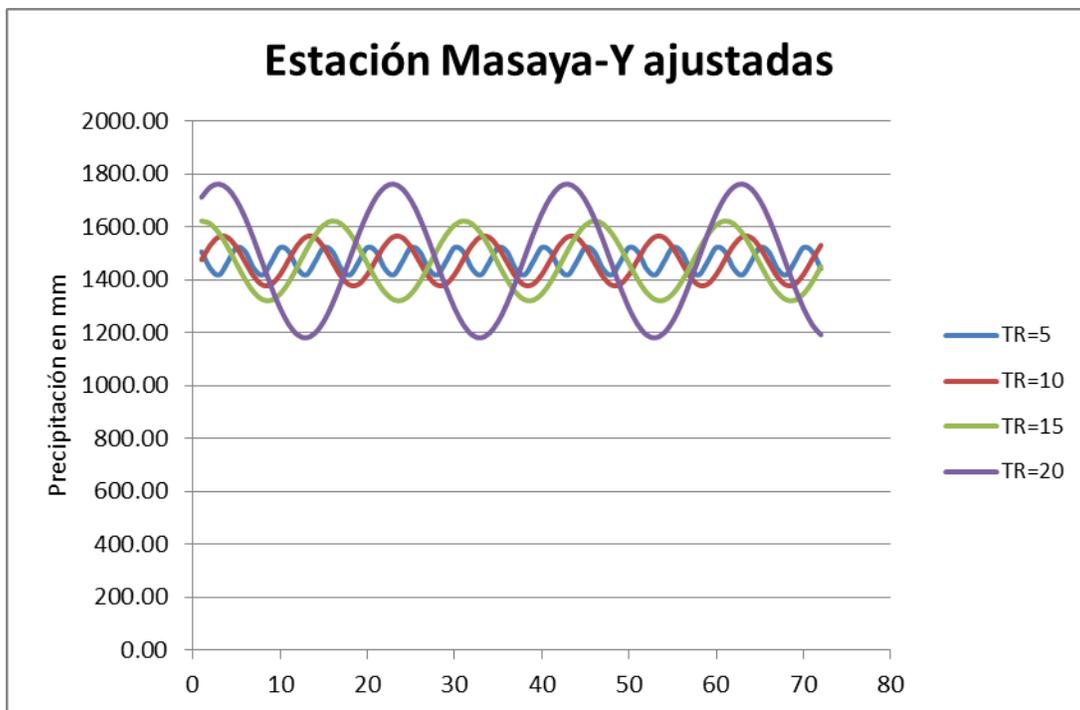


Grafica 47. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación Masaya



[Fuente: Elaboración propia]

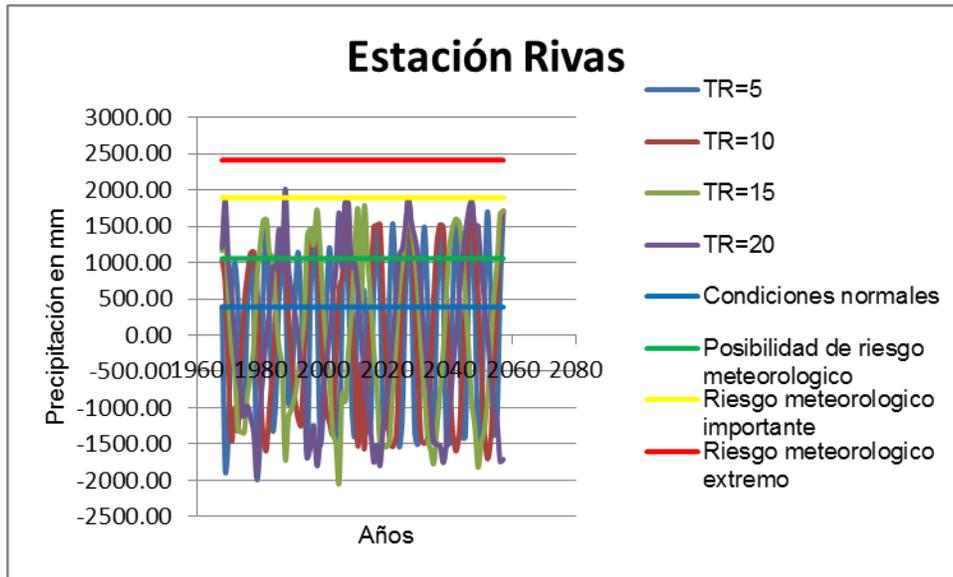
Grafica 48. Estación Masaya Y - ajustada para 4 períodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]

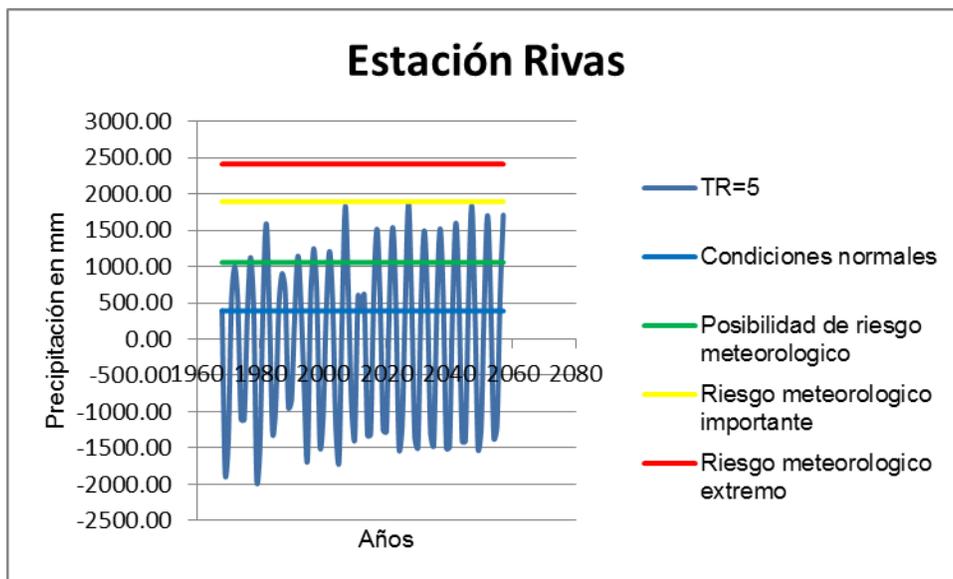


Grafica 49. Estación Rivas para 4 periodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]

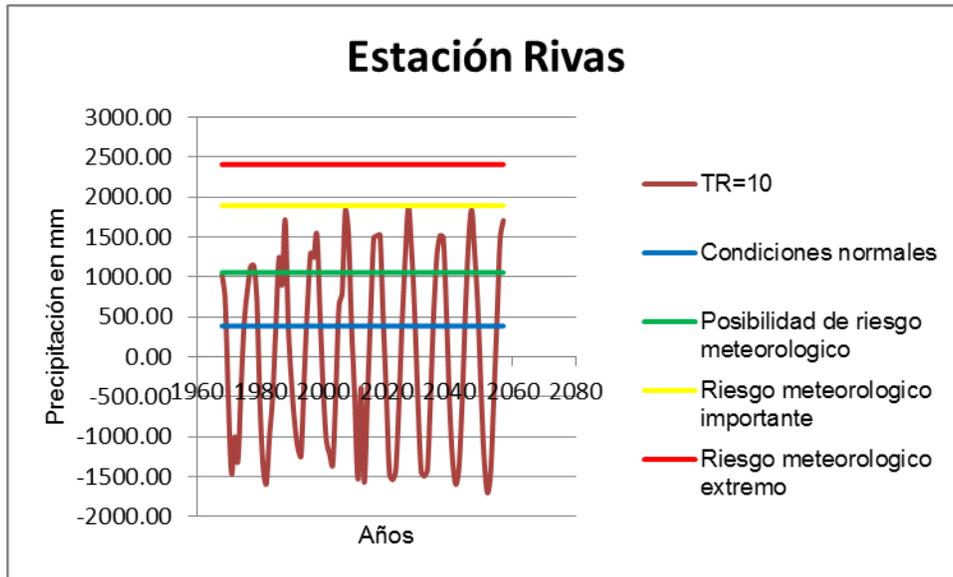
Grafica 50. Estación Rivas para TR=5



[Fuente: Elaboración propia]

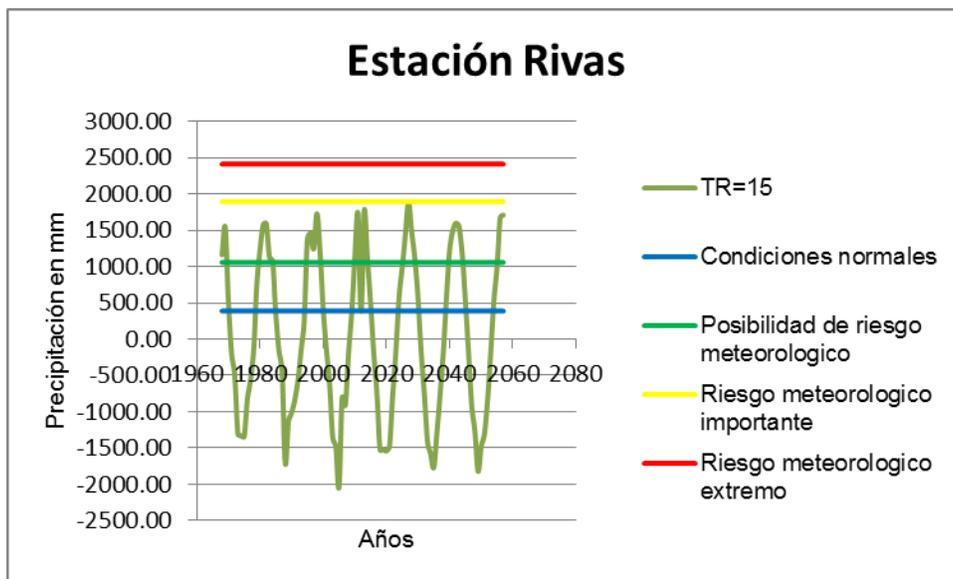


Grafica 51. Estación Rivas para TR=10



[Fuente: Elaboración propia]

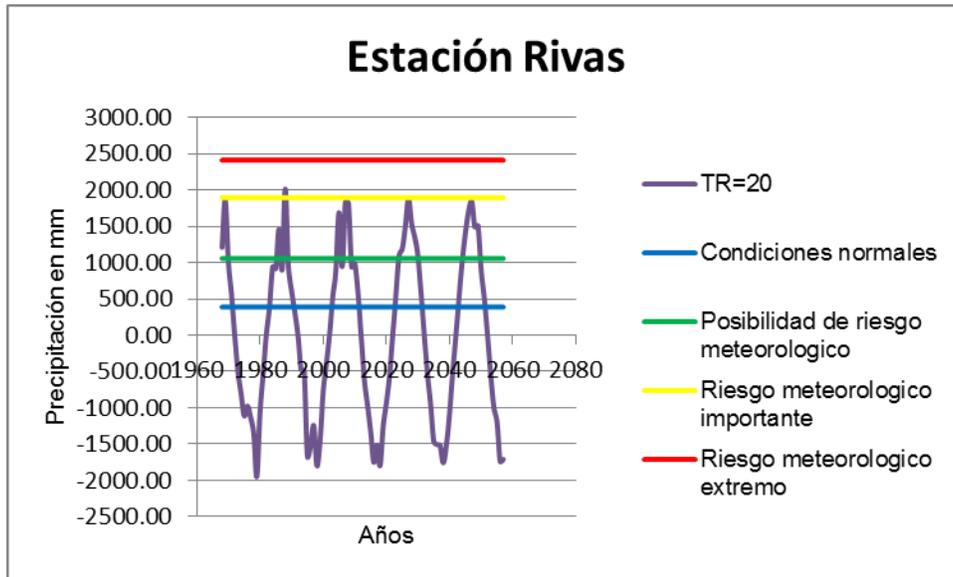
Grafica 52. Estación Rivas para TR= 15



[Fuente: Elaboración propia]

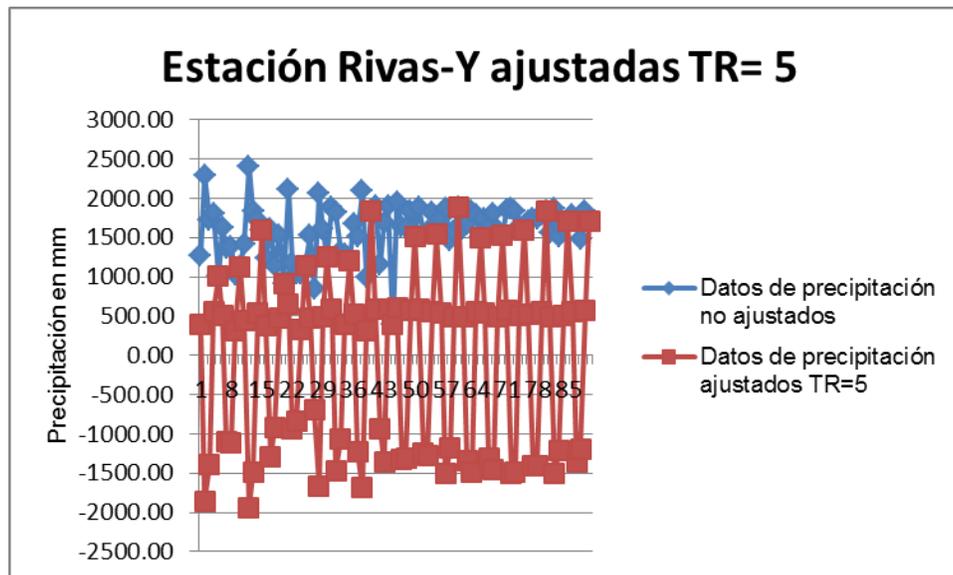


Grafica 53. Estación Rivas para TR=20



[Fuente: Elaboración propia]

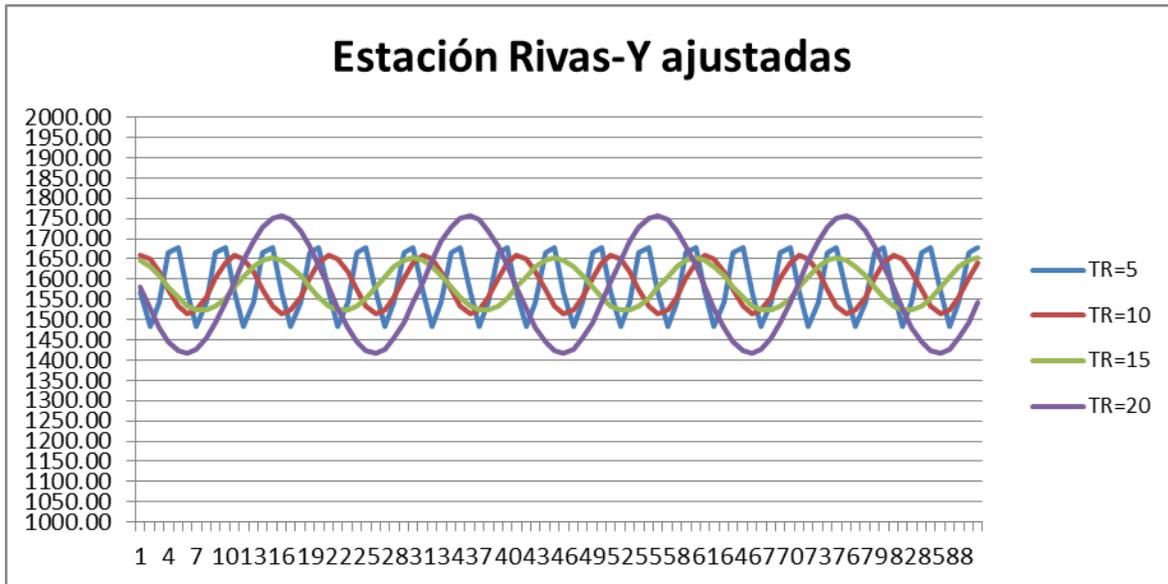
Grafica 54. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación Rivas



[Fuente: Elaboración propia]

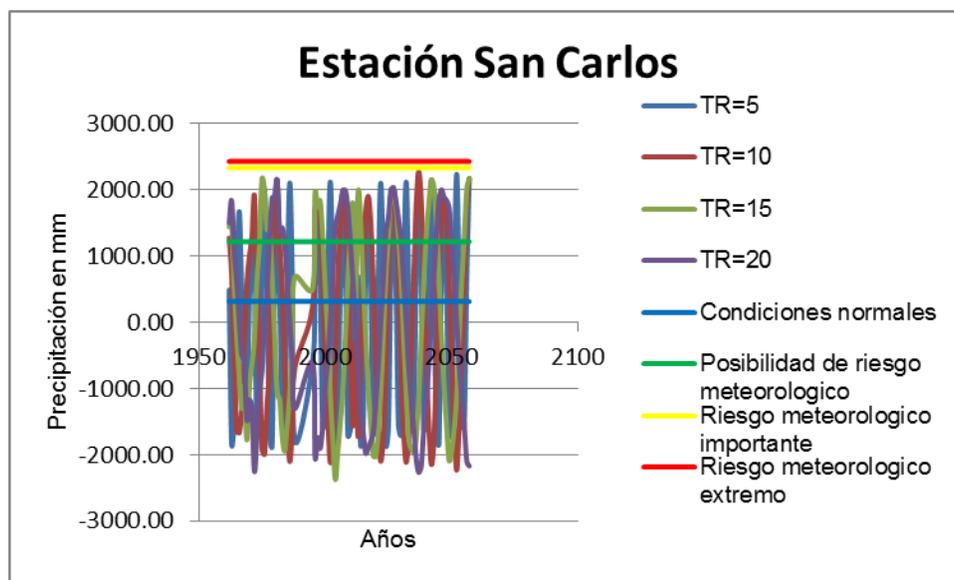


Grafica 55. Estación Rivas Y - ajustada para 4 períodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]

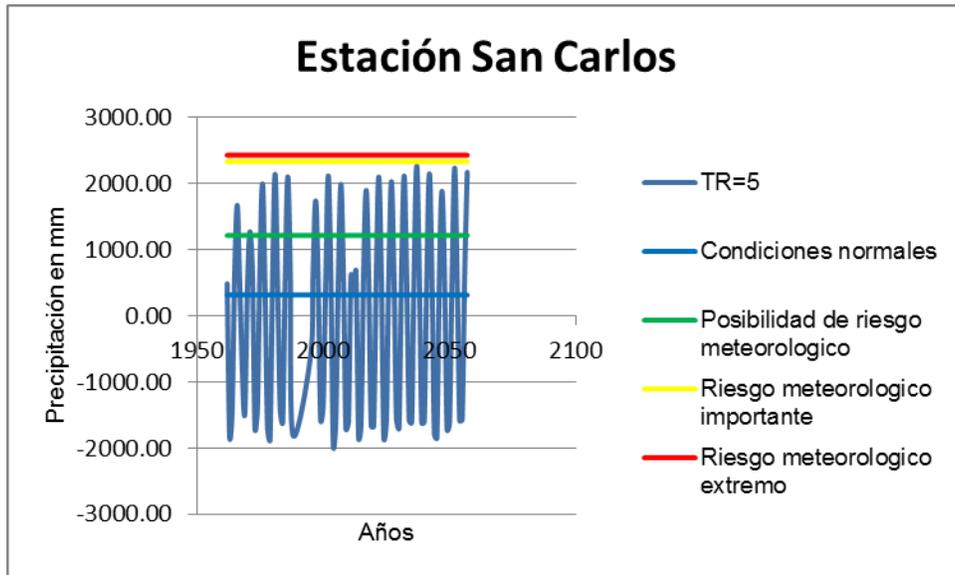
Grafica 56. Estación San Carlos para 4 periodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]

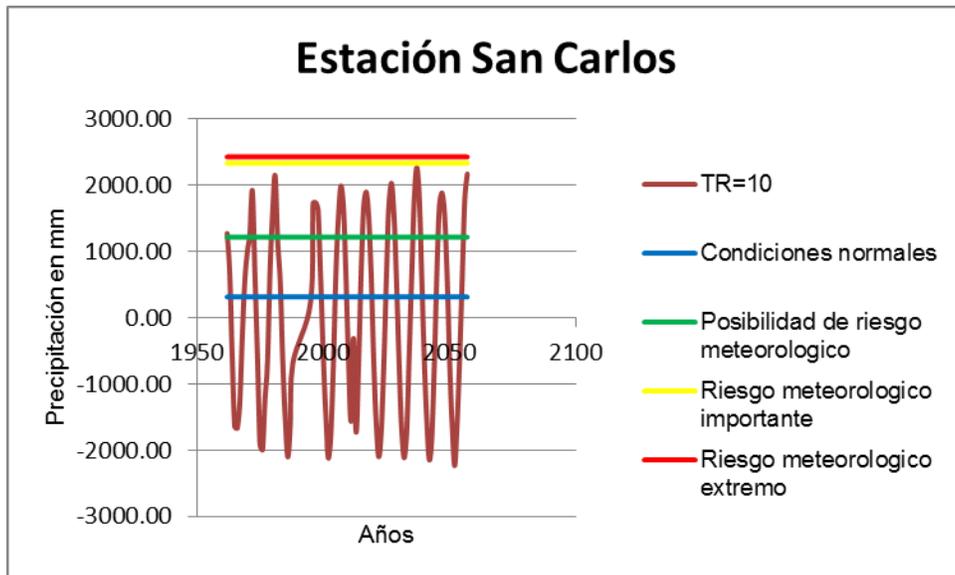


Grafica 57. Estación San Carlos para TR= 5



[Fuente: Elaboración propia]

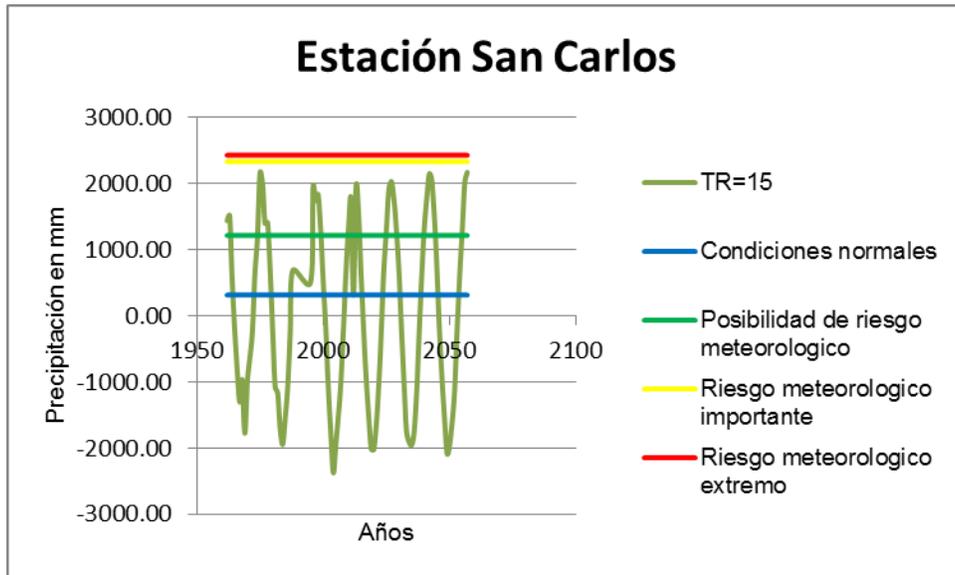
Grafica 58. Estación San Carlos para TR= 10



[Fuente: Elaboración propia]

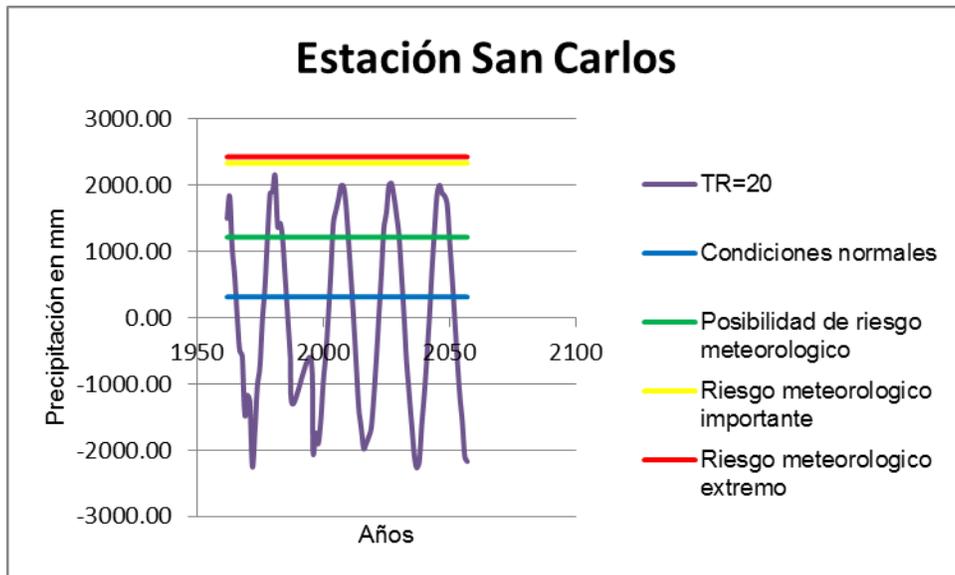


Grafica 59. Estación San Carlos para TR= 15



[Fuente: Elaboración propia]

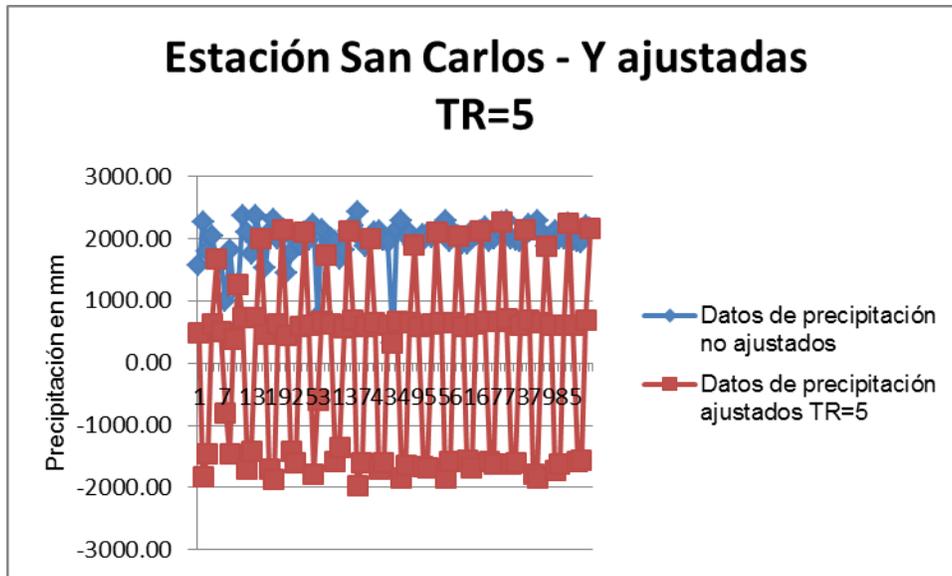
Grafica 60. Estación San Carlos para TR= 20



[Fuente: Elaboración propia]

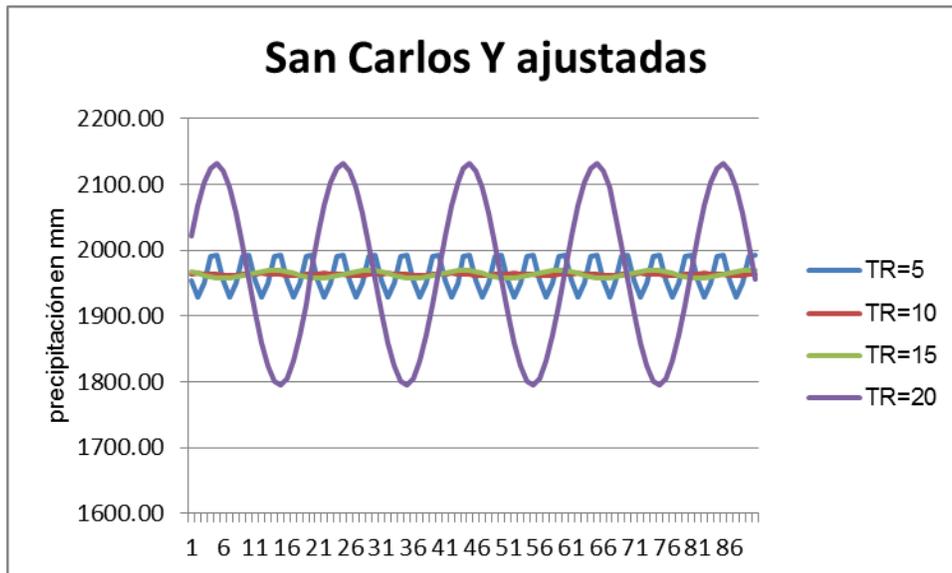


Grafica 61. Comparación de Y ajustada con TR=5 - Estación San Carlos



[Fuente: Elaboración propia]

Grafica 62. Estación San Carlos Y - ajustadas por mínimos cuadrados a una sinusoide para 4 períodos de retorno



[Fuente: Elaboración propia]



Tabla 62. Matriz de línea de trabajo

Área	Bloque de la especialización de la ingeniería civil	Sub Área	Línea de trabajo de la investigación		Básicas generales	
			Tema General	Tema específico	Especificación del tema	Planteamiento del problema
Área Investigativa (Ingeniería Civil)	Hidráulica I y II	Obras hidráulicas, sanitarias e hidrotecnias	Estudios hidrológicos.	Estudio hidrológico de la hoya 69.	Modelo de pronóstico para eventos de precipitación en la hoya 69 de Nicaragua	1. No existe un modelo de pronóstico directamente para la hoya 69 de Nicaragua.
	Hidrología		Modelo de pronóstico.	Implementación de estadísticas y probabilidades para pronóstico de eventos.		2. Riesgo y vulnerabilidad de zonas muy específicas en la hoya 69 sujetas a inundaciones.
			Análisis de hoya.	Estudio de la hoya.		



A partir de nuestro cronograma definimos nuestras técnicas y herramientas.

Tabla 63. Matriz Técnicas y herramientas para definir la investigación.

Actividades	Sub actividades	Técnicas y herramientas
Elección del área de estudio	Conocer las diferentes alternativas.	Conocer Pensum de carrera. Matriz de análisis para la selección del área de investigación.
	Identificar el tema.	A través de la línea de trabajo, planteamiento del problema del tema específico.
	Definir el tema.	
	Elección del tema.	
La metodología a usar	Conocer los diferentes métodos.	Investigar y consultar libros, computadoras, hacer uso de internet.
	Seleccionar el método más apropiado para el tema de estudio.	Definir métodos y metodología a usar.
	Aplicación del método.	Seguir pasos del método a estudiar.



Proceso de investigación.	Recopilar la información.	Por medio de visita a Ineter, consultar bibliografía, obtener datos en biblioteca e internet, reunión con tutor. Libros, computadora, libretas, memoria USB, etc. Obtener datos históricos de precipitación.
	Desarrollo del tema.	Aplicación del método seleccionado.
	Análisis y selección de la información.	Leer y analizar la información obtenida. Lapiceros, libreta, computadora, memoria USB.
Protocolo de investigación	Realizar protocolo o redacción de informe.	Seguir paso de un protocolo, redactar introducción, antecedentes, justificación, objetivos, marco teórico, hipótesis y bibliografía. Computadora, cuaderno, memoria USB.
	Presentación de trabajo.	Auditorio o aula de clase. Informe impreso, data show y computadora.



Tabla 64. Matriz Bibliográfica.

Objetivo general	Objetivos específicos	Bibliografía	Medición de objetivo
<ul style="list-style-type: none"> Establecer un pronóstico con los datos históricos de precipitación de las estaciones San Carlos, Masaya, Masatepe, Nandaime y Rivas que ayude a mitigar los riesgos y vulnerabilidad e inundación de la cuenca 69. 	1. Caracterizar físicamente la hoya 69.	ARGUELLO HERRERA OTTONIEL, (s.f.). Hidrología Estocástica. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Tecnología de la construcción. Departamento de hidráulica. CHOW, V. 1964. Statistical and probability analysis of hydrologic data; part I: frequency analysis. In: _____. Handbook of applied hydrology; a compendium of water resources technology. New York. McGraw-Hill. pp: 8.1-8.42.	Cuantificable y calificable.
	2. Analizar la precipitación en la hoya hidrográfica.		Cuantificable y calificable.
	3. Verificar los modelos estadísticos y probabilísticos para establecer un pronóstico de precipitación para la cuenca en estudio.		Cuantificable y calificable.
	4. Modelar el pronóstico seleccionado para dicha hoya.		Calificable.



Tabla 65. Matriz de Variables.

Tipo	Variable	Definición	Sub-Variable	Indicador	Valor	Escala
Dependiente	Tamaño de la hoya	El tamaño de la hoya se ve cuantificado por medición directa. La superficie, nos da la idea exacta del tamaño de la misma, mientras que la longitud del perímetro, a la vez que nos dará una idea del tamaño, vendrá condicionada por la forma del mismo.	El área y la longitud del perímetro. Delimitación de las estaciones de estudios. Departamentos ubicados en esta. Zonas con mayor vulnerabilidad a inundaciones.	Datos sobre el tamaño de la hoya, el territorio que abarca, ubicación de zonas con más riesgos y vulnerabilidad.	Km ²	Cuantificable y calificable
Dependiente	Precipitación	Es el conjunto de las aguas meteóricas que recogidas en la atmosfera por condensación del vapor de agua caen a la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve, etc.	La cantidad de precipitación en forma de lluvia que cae en la hoya.	Rangos de precipitación. Velocidad del viento. Medición de Precipitación.	mm	Cuantificable y calificable



Independiente	Verificar modelos estadísticos y probabilísticos	Modelos mediante los cuales se pueda pronosticar las precipitaciones picos.	Métodos estadísticos y probabilísticos para lograr pronosticar los eventos.	Distribuciones de progresiones Gumbel, distribución de general de valores extremos, log Pearson tipo III, Método de diferencias finitas.		Cuantificable y calificable.
Dependiente	Software a utilizar	Programa Microsoft Excel para los cálculos y graficas a realizar.	Microsoft Excel.	Plantear el uso del programa.	Años, meses.	Cuantificable y calificable



Tabla 66. Matriz de planteamiento del problema.

Problema	Objetivo específico	Sub variables	Indicadores	Herramientas
La hoya 69 de Nicaragua, presenta en las épocas de fuertes lluvias, los sectores de mayor vulnerabilidad, por lo tanto ponen en riesgos las vidas de las personas que habitan en dichos lugares, de igual manera dejan muchos daños en la infraestructura, lo cual trae pérdidas de vidas así como para la	1. Caracterizar físicamente la hoya 69.	El área y la longitud del perímetro. Delimitación de las estaciones de estudios. Departamentos ubicados en esta. Zonas con mayor vulnerabilidad a inundaciones. Variabilidad espacio temporal de las lluvias en la hoya, y la capacidad de almacenamiento de esta. Esta última determinada por el relieve y las características del suelo y su cobertura.	Cuantificable y calificable	Libreta de apuntes, lápiz, computadora, libros, internet, mapas, etc.
	2. Analizar la precipitación en la hoya hidrográfica.	La cantidad de precipitación en forma de lluvia que cae en el país. Altura de agua y cantidad de lluvia en el área de estudio. Tiempo en caer la cantidad de lluvia. Medición y duración de intensidades	Cuantificable y calificable	Libreta de apuntes, lápiz, computadora, libros, internet, mapas, etc.



<p>economía y actualmente no existe un modelo de pronóstico que ayude a prevenir dichos daños y pérdidas analizando directamente la hoya.</p>	<p>3. Verificar los modelos estadísticos y probabilísticos para establecer un pronóstico de precipitación para la cuenca en estudio.</p>	<p>Métodos estadísticos y probabilísticos para lograr pronosticar los eventos</p>	<p>Cuantificable y calificable</p>	<p>Libreta de apuntes, lápiz, computadora, libros, internet, mapas, calculadora, Excel, etc.</p>
	<p>4. Modelar el pronóstico seleccionado para dicha hoya.</p>	<p>Plantear el uso del programa, Microsoft Excel.</p>	<p>Cuantificable</p>	<p>Libreta de apuntes, lápiz, computadora, libros, internet, mapas, calculadora, Excel, etc.</p>



Tabla 67. Matriz de Marco lógico.

Objetivo específico	Marco teórico	Actividades	Indicadores	Hitos	Recursos a utilizar
1. Caracterizar físicamente la hoya 69.	Hidrología de Nicaragua. Caracterización de hoyas.	Elección del área de estudio.	Hoya 69 de Nicaragua.	Informe de investigación realizada.	Libreta, computadora, memoria USB, etc.
2. Analizar la precipitación en la hoya.	Datos históricos obtenidos en INETER.	Selección y análisis de datos.	Detalle de precipitación.	Informe de datos obtenidos.	Datos de precipitación obtenidos, computadora, etc.
3. Verificar los modelos estadísticos y probabilísticos para establecer un pronóstico de precipitación para la hoya en estudio.	Conocer y analizar los métodos a emplear.	Proceso de investigación.	Detalles de los métodos a utilizar para llevar a cabo dicho estudio.	Guía de los métodos a utilizar.	Libros, internet, computadora, libreta, lapiceros, etc.
4. Modelar el pronóstico seleccionado para dicha hoya.	Software a utilizar para el procedimiento de cálculos de los métodos.	Protocolo de investigación.	Microsoft Excel.	Cálculos y gráficas.	Computadora, calculadora, cuaderno.



