

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DE LA CONFIABILIDAD DEL MÉTODO  
ITALO LATINO AMERICANO PARA EL CÁLCULO DE  
HIETOGRAMAS DE DISEÑO EN LAS ESTACIONES  
PLUVIOMÉTRICAS DE SALPO, QUIRUVILCA Y JULCAN-  
CUENCA MOCHE**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORES:**

Br. CRISTHIAN ROGGER ESQUEN LOZANO  
Br. HELMS KENNEDY RODRÍGUEZ VENEGAS

**ASESOR:**

Ing. JUAN PABLO GARCÍA RIVERA

**Trujillo, 2016**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por los bachilleres: CRISTHIAN ROGGER ESQUEN LOZANO y HELMS KENNEDY RODRÍGUEZ VENEGAS, para optar el título de Ingeniero Civil, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la presentación pública y evaluación por parte del jurado que se designe.

---

Ing. JUAN PABLO GARCÍA RIVERA

## JURADO

---

Ing. FIDEL GERMÁN, SAGASTEGUI PLASENCIA  
Presidente

---

Ing. JOSÉ LUIS, SERRANO HERNÁNDEZ  
Vocal

---

Ing. RICARDO ÁNDRES, NARVAEZ ARANDA  
Secretario

---

Ing. JUAN PABLO GARCÍA RIVERA  
Asesor

## DEDICATORIA

*A mis padres, por el apoyo incondicional brindado durante toda mi formación académica y por el tiempo que ha durado elaborar la presente tesis. Sin ellos no hubiese podido lograr ninguna de mis metas trazadas.*

*CRISTHIAN ROGGER ESQUEN LOZANO*

*A mi madre Crescencia Venegas, por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, por la educación académica y de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ella. Gracias por el apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.*

*A mi hermano, Ames Rodríguez Venegas, por estar conmigo y apoyarme siempre, lo quiero mucho.*

*HELMS KENNEDY RODRÍGUEZ VENEGAS*

## AGRADECIMIENTO

*Quiero mostrar mi especial agradecimiento mi papá: Juan Pablo Esquen Perales y mi mamá: Nunila Lozano Guevara, por apoyarme a lo largo de mi vida y contribuir de esa manera a mi desarrollo personal y profesional. Agradecer también a mis amigos de universidad que contribuyeron a mi desarrollo académico además de enseñarme el valor de la amistad.*

*CRISTHIAN ROGGER ESQUEN LOZANO*

*Doy gracias a Dios, por darme la vida día tras día, por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr este objetivo.*

*Agradezco a mi tío Mario Venegas Aguilar, que más que un tío es como un padre para mí, gracias por su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida.*

*A mi primo Freddy Araujo Venegas, por darme acogida en su hogar y aportar directa o indirectamente en mi formación profesional.*

*HELMS KENNEDY RODRÍGUEZ VENEGAS*

## ÍNDICE

Aprobación del tutor.....	I
Jurado.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimiento.....	IV
Índice.....	V
Índice de figuras.....	VIII
Índice de gráficos.....	X
Índice de tablas.....	XVI
<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ABSTRACT .....</b>	<b>2</b>
<b>3. INTRODUCCION .....</b>	<b>3</b>
<b>4. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>4</b>
<b>5. ENUNCIADO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>8</b>
<b>6. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>8</b>
<b>7. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
7.1. ANTECEDENTES .....	9
Roberto Pizarro T., Alejandro Abarza M., César Farías D. y Cristián Jordán D (2003). “ <i>Construcción de Curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) en zonas         semiáridas de Chile central</i> ” .....	9
Rendón Dávila, V.O. (2013). “ <i>Drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca (sector los         reyes) – Puno – Perú.</i> ” .....	11
7.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	12
Precipitación.....	12
Lluvias.....	12
Pluviómetros .....	13
Pluviógrafos.....	14
Hietograma de precipitación o de lluvia.....	14
Cuenca Hidrográfica.....	17
Completación de datos hidrometeorológicos.....	17
Análisis de Consistencia. ....	21
Periodo de Retorno .....	25

Funciones de probabilidad usadas en Hidrología.....	26
Pruebas de Ajuste Usadas en Hidrología.....	29
Tormentas de Diseño .....	30
Disgregación de La lluvia Máxima de 24 horas .....	31
Curvas Intensidad-Duración- Frecuencia .....	34
Métodos para la Construcción de Curvas I-D-F.....	37
Método Del Instituto Italo-Latinoamericano, SENAMHI Y UNI en la Obtención De Precipitaciones e Intensidades Máximas Anuales.....	42
Hietogramas de Precipitación de Diseño Utilizando las Relaciones IDF .....	50
Visual Basic.....	53
<b>8. OBJETIVOS .....</b>	<b>58</b>
8.1. General .....	58
8.2. Específicos.....	58
<b>9. HIPÓTESIS Y VARIABLES .....</b>	<b>58</b>
9.1. Hipótesis .....	58
9.2. Variables .....	59
<b>10. METODOLOGÍA .....</b>	<b>59</b>
10.1. Hietogramas de Diseño a Partir de Datos de Precipitaciones Máximas mensuales en 24 Horas. ....	59
10.2. Hietogramas de Diseño Obtenidos Aplicando El Método Italo Latino Americano, Senamhi Y Uni. ....	63
10.3. Flujograma para el cálculo de hietogramas de diseño haciendo uso del programa “HydroIILA”.....	64
<b>11. DESARROLLO .....</b>	<b>65</b>
CÁPITULO I.....	65
DESARROLLO DEL PROGRAMA HYDROIILA .....	65
Creación Del Formulario .....	65
Duración De La Precipitación .....	65
Datos De Entrada .....	67
Matriz De Resultados .....	74
Botón Ejecutar .....	78
Botón Gráficos .....	79
Botón Exportar .....	79

Botón Limpiar.....	84
Botón Calculadora.....	85
Botón Salir.....	85
Cuadro De Imagen De Autoria .....	85
Herramientas.....	86
Ayudas.....	86
Ventana De Bienvenida .....	88
Icono .....	89
Interfaz De Hydroiila V1.0 .....	90
Compilación.....	90
CÁPITULO II .....	91
FASE PRELIMINAR .....	91
Ubicación del Proyecto .....	91
Selección de Las Estaciones Pluviométricas.....	92
CAPITULO III .....	93
HIETOGRAMAS DE DISEÑO APLICANDO EL MÉTODO ITALO-LATINO-AMERICANO, SENAMHI Y UNI.....	93
Estación Quiruvilca.....	93
Estación Julcán.....	112
Estación Salpo.....	128
CAPITULO IV.....	144
HIETOGRAMAS DE DISEÑO A PARTIR DE DATOS DE PRECIPTACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS.....	144
Tratamiento y Evaluación de la Información Pluviométrica .....	144
Estación Quiruvilca.....	179
Estación Julcán.....	214
Estación Salpo.....	249
<b>12. RESULTADOS OBTENIDOS.....</b>	<b>284</b>
CONTRASTACIÓN DE HIETOGRAMAS DE DISEÑO .....	284
Estación Quiruvilca.....	284
Estación Julcán.....	298
Estación Salpo.....	312
<b>13. DISCUSIÓN.....</b>	<b>328</b>



<b>14. CONCLUSIONES.....</b>	<b>329</b>
<b>15. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>332</b>
<b>16. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>333</b>
<b>17. ANEXOS .....</b>	<b>334</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de distribución de estaciones pluviométricas en el Perú, año 2007. (Fuente: Propia).....	6
Figura 2: Representación gráfica de un pluviómetro. (Fuente: precipitaciones, Sánchez San Román).....	13
Figura 3: Representación gráfica de un pluviógrafo. (Fuente: precipitaciones, Sánchez San Román).....	14
Figura 4: Modelo hietograma, profundidad de lluvia vs tiempo. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow).....	16
Figura 5: Gráfico que representa el hietograma obtenido mediante pluviógrafo. (Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román). .....	16
Figura 6: Representación gráfica de una cuenca hidrográfica. (Fuente: Ciclo Hidrológico, Sánchez San Román).....	17
Figura 7: Ejemplo de prueba de ajuste gráfico – Distribución Normal. (Fuente: fundamento de la hidrología de superficie, Javier Aparicio).....	29
Figura 8: Perfiles de lluvia para 24 horas del Soil Conservation Service. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow).....	31
Figura 9: Ejemplo de Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, para Matacán - España. (Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román). .....	37
Figura 10: Gráfico típico dado por la ecuación 2.32, para cierto periodo de retorno. (Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román). .....	40
Figura 11: Mapa de la división de las 7 zonas y 38 subzonas en todo el Perú. (Fuente: IILA-SENAMHI-UNI). .....	49
Figura 12: Hietograma de diseño por el método de bloque alterno. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow).....	51
Figura 13: Método bloques alternos, aplicado en curva IDF. (Fuente: Hietogramas de diseño, Sánchez San Román). .....	52
Figura 14: Hietograma típico de diseño con el bloque mayor redistribuido al medio. (Fuente: Hietogramas de diseño, Sánchez San Román). .....	53
Figura 15: Entorno Visual Basic. (Fuente: Propia).....	54
Figura 16: Barra de menus y barra de herramientas (Fuente: Propia).....	55
Figura 17: Caja de herramientas en Visual Basic (Fuente: Propia).....	56
Figura 18: Ventana de proyecto en Visual Basic (Fuente: Propia).....	57
Figura 19: Ventana de creación del formulario (Fuente: Propia). .....	65
Figura 20: Duración de la precipitación menor a tres horas. (Fuente: Propia). .....	66

Figura 21: Duración de la precipitación mayor e igual a tres horas. (Fuente: Propia). .....	66
Figura 22: Creación del comboBox de zonas. (Fuente: Propia) .....	67
Figura 23: Creación del comboBox de subzonas. (Fuente: Propia). .....	68
Figura 24: Creación del textBox de subzonas. (Fuente: Propia). .....	69
Figura 25: Área de la matriz de resultados. (Fuente: Propia). .....	75
Figura 26: Generación de valores en la matriz de resultados. (Fuente: Propia). .....	76
Figura 27: Botón ejecutar, exportar, limpiar, calculadora, salir y la imagen de autoría. (Fuente: Propia).....	86
Figura 28: Generación de la pestaña de “ayudas”. (Fuente: Propia). .....	87
Figura 29: Formulario “acerca del programa” (Fuente: Propia). .....	88
Figura 30: Ventana de bienvenida al programa (Fuente: propia). .....	89
Figura 31: Icono del programa (Fuente: Propia). .....	89
Figura 32: Interfaz del programa y características. (Fuente: Propia). .....	90
Figura 33: Mapa de ubicación de las estaciones y división de las subzonas vecinas. (Fuente: Propia).....	91
Figura 34: Visualización de la ruta para obtener los mapas de subzonas pluviométricas (Fuente: Propia). .....	94
Figura 35: Imagen del mapa de las 38 subzonas pluviométricas en formatos jpg y kmz. (Fuente: Propia). .....	94
Figura 36: Imagen satelital de las estaciones pluviométricas en el programa google earth. (Fuente: Propia).....	95
Figura 37: Selección de la subzona pluviométrica 5a-7 en el programa “HydroIIA” (Fuente: Propia).....	96
Figura 38: Resultados mostrados en la interfaz del programa “HydroIIA” para la estación Quiruvilca (Fuente: Propia). .....	97
Figura 39: Resultados mostrados en la interfaz del programa “HydroIIA” para la estación Julcán (Fuente: Propia). .....	113
Figura 40: Resultados mostrados en la interfaz del programa “HydroIIA” para la estación Salpo (Fuente: Propia). .....	129

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva IDF, para un T: 500 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)....	99
Gráfico 2: Hietograma de diseño, para un T: 500 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	99
Gráfico 3: Curva IDF, para un T: 100 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)..	101
Gráfico 4: Hietograma de diseño, para un T: 100 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	101
Gráfico 5: Curva IDF, para un T: 50 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)....	103
Gráfico 6: Hietograma de diseño, para un T: 50 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	103
Gráfico 7: Curva IDF, para un T: 25 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)....	105
Gráfico 8: Hietograma de diseño, para un T: 25 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	105
Gráfico 9: Curva IDF, para un T: 10 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)....	107
Gráfico 10: Hietograma de diseño, para un T: 10 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	107
Gráfico 11: Curva IDF, para un T: 5 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)....	109
Gráfico 12: Hietograma de diseño, para un T: 5 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	109
Gráfico 13: Curva IDF, para un T: 2 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia)....	111
Gráfico 14: Hietograma de diseño, para un T: 2 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	111
Gráfico 15: Curva IDF, para un T: 500 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	115
Gráfico 16: Hietograma de diseño, para un T: 500 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	115
Gráfico 17: Curva IDF, para un T: 100 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	117
Gráfico 18: Hietograma de diseño, para un T: 100 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	117
Gráfico 19: Curva IDF, para un T: 50 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	119
Gráfico 20: Hietograma de diseño, para un T: 50 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	119
Gráfico 21: Curva IDF, para un T: 25 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	121
Gráfico 22: Hietograma de diseño, para un T: 25 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	121
Gráfico 23: Curva IDF, para un T: 10 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	123
Gráfico 24: Hietograma de diseño, para un T: 10 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	123
Gráfico 25: Curva IDF, para un T: 5 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	125
Gráfico 26: Hietograma de diseño, para un T: 5 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	125
Gráfico 27: Curva IDF, para un T: 2 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	127

Gráfico 28: Hietograma de diseño, para un T: 2 años, estación Julcán (Fuente: Propia).....	127
Gráfico 29: Curva IDF, para un T: 500 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	131
Gráfico 30: Hietograma de diseño, para un T: 500 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	131
Gráfico 31: Curva IDF, para un T: 100 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	133
Gráfico 32: Hietograma de diseño, para un T: 100 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	133
Gráfico 33: Curva IDF, para un T: 50 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	135
Gráfico 34: Hietograma de diseño, para un T: 50 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	135
Gráfico 35: Curva IDF, para un T: 25 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	137
Gráfico 36: Hietograma de diseño, para un T: 25 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	137
Gráfico 37: Curva IDF, para un T: 10 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	139
Gráfico 38: Hietograma de diseño, para un T: 10 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	139
Gráfico 39: Curva IDF, para un T: 5 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	141
Gráfico 40: Hietograma de diseño, para un T: 5 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	141
Gráfico 41: Curva IDF, para un T: 2 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	143
Gráfico 42: Hietograma de diseño, para un T: 2 años, estación Salpo (Fuente: Propia).....	143
Gráfico 43. Doble masa del acumulado de cada estación versus su acumulado promedio (Fuente: Propia).....	156
Gráfico 44. Doble masa realizado en el programa Hydraces (Fuente: Propia).....	157
Gráfico 45. Serie histórica de precipitación – Estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	163
Gráfico 46. Serie histórica de precipitación - Estación Salpo (Fuente: Propia).....	164
Gráfico 47. Serie histórica de precipitación - Estación Julcán (Fuente: Propia).....	165
Gráfico 48. Serie histórica de precipitaciones mensuales de las estaciones Quiruvilca, Julcán y Salpo. ....	166
Gráfico 49. Hidrograma de la estación Quiruvilca y análisis de saltos (Fuente: Propia).....	167
Gráfico 50. Hidrograma de la estación Quiruvilca corregido (Fuente: Propia).....	168
Gráfico 51 Hidrograma de la estación Salpo y análisis de saltos (Fuente: Propia).	169
Gráfico 52. Hidrograma de la estación Julcán y análisis de saltos (Fuente: Propia).....	170
Gráfico 53. Tendencia a la media - Estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	173
Gráfico 54. Tendencia a la desviación estándar - Estación Quiruvilca (Fuente: Propia).....	174
Gráfico 55. Tendencia a la Media - Estación Salpo (Fuente: Propia).....	175

Gráfico 56. Tendencia a la Desviación Estándar – Estación Salpo (Fuente: Propia). .....	176
Gráfico 57. Tendencia a la Media - Estación Julcán (Fuente: Propia). .....	177
Gráfico 58. Tendencia a la Desviación Estándar - Estación Julcán (Fuente: Propia). .....	178
Gráfico 59: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Normal - estación Quiruvilca. ....	182
Gráfico 60: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Lognormal - estación Quiruvilca. ....	184
Gráfico 61: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Gumbel - estación Quiruvilca. ....	186
Gráfico 62: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad LogGumbel - estación Quiruvilca. ....	188
Gráfico 63: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Pearson - estación Quiruvilca. ....	190
Gráfico 64: Gráfico de intensidades máximas para diferentes periodos de retorno, utilizando la Función LogNormal.....	194
Gráfico 65: Gráfico de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, utilizando la Función LogNormal.....	194
Gráfico 66: Resumen de curvas IDF para diferentes periodos de retorno obtenidas por medio de regresión lineal múltiple – Estación Quiruvilca.....	202
Gráfico 67: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años – Estación Quiruvilca. ....	204
Gráfico 68: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años – Estación Quiruvilca. ....	205
Gráfico 69: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años – Estación Quiruvilca. ....	207
Gráfico 70: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años – Estación Quiruvilca. ....	208
Gráfico 71: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años – Estación Quiruvilca. ....	210
Gráfico 72: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años – Estación Quiruvilca. ....	211
Gráfico 73: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años – Estación Quiruvilca. ....	213
Gráfico 74: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad Normal – Estación Julcán. ....	217
Gráfico 75: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad LogNormal – Estación Julcán. ....	219
Gráfico 76: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad Gumbel – Estación Julcán. ....	221
Gráfico 77: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad LogGumbel – Estación Julcán. ....	223

Gráfico 78: Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogNormal – Estación Julcán. ....	230
Gráfico 79: Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogNormal – Estación Julcán. ....	230
Gráfico 80: Resumen de curvas IDF para diferentes periodos de retorno obtenida mediante regresión lineal múltiple – Estación Julcán. ....	237
Gráfico 81: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años – Estación Julcán. ....	239
Gráfico 82: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años – Estación Julcán. ....	240
Gráfico 83: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años – Estación Julcán. ....	242
Gráfico 84: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años – Estación Julcán. ....	243
Gráfico 85: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años – Estación Julcán. ....	245
Gráfico 86: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años – Estación Julcán. ....	246
Gráfico 87: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años – Estación Julcán. ....	248
Gráfico 88: Análisis gráfico de ajuste de la función Normal – Estación Salpo. ....	252
Gráfico 89: Análisis gráfico de ajuste de la función LogNormal – Estación Salpo. ....	254
Gráfico 90: Análisis gráfico de ajuste de la función Gumbel – Estación Salpo. ....	256
Gráfico 91: Análisis gráfico de ajuste de la función LogGumbel – Estación Salpo. ....	258
Gráfico 92: Análisis gráfico de ajuste de la función LogPearson – Estación Salpo. ....	261
Gráfico 93: Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogPearson 3 – Estación Salpo. ....	264
Gráfico 94: Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogPearson 3 – Estación Salpo. ....	264
Gráfico 95: Resumen de curvas IDF para diferentes periodos de retorno obtenidas por regresión lineal múltiple – Estación Salpo. ....	272
Gráfico 96: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Salpo. ....	274
Gráfico 97: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Salpo. ....	275
Gráfico 98: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Salpo. ....	277
Gráfico 99: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Salpo. ....	278
Gráfico 100: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Salpo. ....	280
Gráfico 101: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Salpo. ....	281

Gráfico 102: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Salpo. ....	283
Gráfico 103: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 500 años – estación Quiruvilca. ....	285
Gráfico 104: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Quiruvilca. ....	285
Gráfico 105: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 100 años – estación Quiruvilca. ....	287
Gráfico 106: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Quiruvilca. ....	287
Gráfico 107: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 50 años – estación Quiruvilca. ....	289
Gráfico 108: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Quiruvilca. ....	289
Gráfico 109: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 25 años – estación Quiruvilca. ....	291
Gráfico 110: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Quiruvilca. ....	291
Gráfico 111: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 10 años – estación Quiruvilca. ....	293
Gráfico 112: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Quiruvilca. ....	293
Gráfico 113: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 5 años – estación Quiruvilca. ....	295
Gráfico 114: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Quiruvilca. ....	295
Gráfico 115: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 2 años – estación Quiruvilca. ....	297
Gráfico 116: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Quiruvilca. ....	297
Gráfico 117: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 500 años – estación Julcán. ....	299
Gráfico 118: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Julcán. ....	299
Gráfico 119: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 100 años – estación Julcán. ....	301
Gráfico 120: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Julcán. ....	301
Gráfico 121: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 50 años – estación Julcán. ....	303
Gráfico 122: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Julcán. ....	303
Gráfico 123: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 25 años – estación Julcán. ....	305

Gráfico 124: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Julcán.....	305
Gráfico 125: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 10 años – estación Julcán.....	307
Gráfico 126: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Julcán.....	307
Gráfico 127: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 5 años – estación Julcán.....	309
Gráfico 128: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Julcán.....	309
Gráfico 129: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 2 años – estación Julcán.....	311
Gráfico 130: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Julcán.....	311
Gráfico 131: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 500 años – estación Salpo.....	313
Gráfico 132: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Salpo.....	313
Gráfico 133: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 100 años – estación Salpo.....	315
Gráfico 134: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Salpo.....	315
Gráfico 135: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 50 años – estación Salpo.....	317
Gráfico 136: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Salpo.....	317
Gráfico 137: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 25 años – estación Salpo.....	319
Gráfico 138: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Salpo.....	319
Gráfico 139: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 10 años – estación Salpo.....	321
Gráfico 140: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Salpo.....	321
Gráfico 141: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 5 años – estación Salpo.....	323
Gráfico 142: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Salpo.....	323
Gráfico 143: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 2 años – estación Salpo.....	325
Gráfico 144: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Salpo.....	325
Gráfico 145: Distribución del porcentaje de confiabilidad para cada periodo de retorno – estación Quiruvilca.....	326



Gráfico 146: Distribución del porcentaje de confiabilidad para cada periodo de retorno – estación Julcán. ....	326
Gráfico 147: Distribución del porcentaje de confiabilidad para cada periodo de retorno – estación Salpo.....	327

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de departamento, número de estaciones, estaciones en funcionamiento y relación en porcentaje hasta el año 2007. ....	7
Tabla 2: Factores de distribuciones de lluvias para diferentes duraciones según los perfiles de lluvia del S.C.S.....	32
Tabla 3: Coeficientes de duración de lluvia entre 48 horas y 1 hora.....	33
Tabla 4: Precipitaciones máximas (mm) recogidas en intervalos indicados.....	38
Tabla 5: Intensidad de precipitación en mm/hr.....	38
Tabla 6: Intensidad de precipitación (mm/hr), calculada para diferentes periodos de retorno. ....	38
Tabla 7: Subdivisión del territorio en zonas y sub zonas pluviométricas y valores de los parámetros $K_g$ y $\epsilon_g$ , que definen las distribuciones de probabilidades de hg (máxima altura de lluvia anual) en cada punto de estas. ....	44
Tabla 8: Parámetro “a” y “n” que junto con $K'$ definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las sub zonas.....	45
Tabla 9: ESTACIONES METEREOLÓGICAS: Número, estado y entidad operadora. ....	46
Tabla 10: Subdivisión de las estaciones pluviométricas en función de la duración $n_g$ , en años, del periodo de observación.....	46
Tabla 11 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 500 años – Estación Quiruvilca. ....	284
Tabla 12 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 100 años – Estación Quiruvilca. ....	286
Tabla 13 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 50 años – Estación Quiruvilca. ....	288
Tabla 14 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 25 años – Estación Quiruvilca. ....	290
Tabla 15 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 10 años – Estación Quiruvilca. ....	292
Tabla 16 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 5 años – Estación Quiruvilca. ....	294
Tabla 17 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 2 años – Estación Quiruvilca. ....	296
Tabla 18 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 500 años – Estación Julcán. ....	298
Tabla 19 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 100 años – Estación Julcán. ....	300
Tabla 20 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 50 años – Estación Julcán. ....	302

Tabla 21 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 25 años – Estación Julcán. ....	304
Tabla 22 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 10 años – Estación Julcán. ....	306
Tabla 23 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 5 años – Estación Julcán. ....	308
Tabla 24 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 2 años – Estación Julcán. ....	310
Tabla 25 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 500 años – Estación Salpo. ....	312
Tabla 26 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 100 años – Estación Salpo. ....	314
Tabla 27 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 50 años – Estación Salpo. ....	316
Tabla 28 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 25 años – Estación Salpo. ....	318
Tabla 29 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 10 años – Estación Salpo. ....	320
Tabla 30 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 5 años – Estación Salpo. ....	322
Tabla 31 Comparación y fiabilidad del método ILLA para un T: 2 años – Estación Salpo. ....	324
Tabla II. 1 Ubicación geográfica de las estaciones en estudio. ....	92
Tabla II. 2 Periodos de registro de las estaciones en estudio. ....	92
Tabla III. 1 Valores de Hietograma de diseño por método ILLA para un T: 500 años, estación Quiruvilca. ....	98
Tabla III. 2 Valores de Hietograma de diseño para un T: 100 años, estación Quiruvilca. ....	100
Tabla III. 3 Valores de Hietograma de diseño para un T: 50 años, estación Quiruvilca. ....	102
Tabla III. 4 Valores de Hietograma de diseño para un T: 25 años, estación Quiruvilca. ....	104
Tabla III. 5 Valores de Hietograma de diseño para un T: 10 años, estación Quiruvilca. ....	106
Tabla III. 6 Valores de Hietograma de diseño para un T: 5 años, estación Quiruvilca. ....	108
Tabla III. 7 Valores de Hietograma de diseño para un T: 2 años, estación Quiruvilca. ....	110
Tabla III. 8 Valores de Hietograma de diseño para un T: 500 años, estación Julcán. ....	114

Tabla III. 9 Valores de Hietograma de diseño para un T: 100 años, estación Julcán. .....	116
Tabla III. 10 Valores de Hietograma de diseño para un T: 50 años, estación Julcán. .....	118
Tabla III. 11 Valores de Hietograma de diseño para un T: 25 años, estación Julcán. .....	120
Tabla III. 12 Valores de Hietograma de diseño para un T: 10 años, estación Julcán. .....	122
Tabla III. 13 Valores de Hietograma de diseño para un T: 5 años, estación Julcán. .....	124
Tabla III. 14 Valores de Hietograma de diseño para un T: 2 años, estación Julcán. .....	126
Tabla III. 15 Valores de Hietograma de diseño para un T: 500 años, estación Salpo. .....	130
Tabla III. 16 Valores de Hietograma de diseño para un T: 100 años, estación Salpo. .....	132
Tabla III. 17 Valores de Hietograma de diseño para un T: 50 años, estación Salpo. .....	134
Tabla III. 18 Valores de Hietograma de diseño para un T: 25 años, estación Salpo. .....	136
Tabla III. 19 Valores de Hietograma de diseño para un T: 10 años, estación Salpo. .....	138
Tabla III. 20 Valores de Hietograma de diseño para un T: 5 años, estación Salpo.	140
Tabla III. 21 Valores de Hietograma de diseño para un T: 2 años, estación Salpo.	142
Tabla IV. 1 Registro histórico de precipitaciones máximas – Estación Quiruvilca..	144
Tabla IV. 2 Registro histórico de precipitaciones máximas – Estación Salpo. ....	146
Tabla IV. 3 Registro histórico de precipitaciones máximas – Estación Julcán.....	147
Tabla IV. 4 Registro histórico Quiruvilca Modificado y sumatoria de sus valores mensuales por año.....	150
Tabla IV. 5 Registro histórico Salpo Modificado y sumatoria de sus valores mensuales por año.....	151
Tabla IV. 6 Registro histórico Julcán Modificado y sumatoria de sus valores mensuales por año.....	152
Tabla IV. 7 Tabla de acumulados anuales en cada estación y su acumulado anual promedio. ....	154
Tabla IV. 8 Resultados de parámetros del Vector Regional usando el programa Hydracces. ....	158
Tabla IV. 9 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Quiruvilca- completado por el método: Media – Desviación Stándar.....	159
Tabla IV. 10 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Julcán- completado por el método: Regresión Lineal Simple. ....	161

Tabla IV. 11 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Quiruvilca- corregida. ....	171
Tabla IV. 12 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Quiruvilca. .	179
Tabla IV. 13 Función de probabilidad Normal – Prueba de ajuste Kolmogorov.....	180
Tabla IV. 14 Función de probabilidad LogNormal – Prueba de ajuste Kolmogorov. ....	182
Tabla IV. 15 Función de probabilidad Gumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.....	184
Tabla IV. 16 Función de probabilidad LogGumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov. ....	186
Tabla IV. 17 Función de probabilidad Pearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov..	188
Tabla IV. 18 Función de probabilidad LogPearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov. ....	190
Tabla IV. 19 Cuadro resumen de valores de delta teórico para cada función de distribución.....	192
Tabla IV. 20 Precipitaciones de diseño obtenidas para cada función de distribución y periodo de retorno.....	192
Tabla IV. 21 Precipitaciones e intensidades máximas por función Log normal – Estación Quiruvilca. ....	193
Tabla IV. 22 Coeficientes de distribución de lluvia.....	195
Tabla IV. 23 Valores Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Quiruvilca. ....	196
Tabla IV. 24 Valores Intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Quiruvilca. ....	196
Tabla IV. 25 Regresión Lineal múltiple – Estación Quiruvilca.....	197
Tabla IV. 26 Prueba de correlación múltiple – Estación Quiruvilca. ....	199
Tabla IV. 27 Intensidades obtenidas por ecuación IDF – Estación Quiruvilca.....	201
Tabla IV. 28 Valores de hietograma de diseño para un T: 500 años – Estación Quiruvilca. ....	203
Tabla IV. 29 Valores de hietograma de diseño para un T: 100 años – Estación Quiruvilca. ....	204
Tabla IV. 30 Valores de hietograma de diseño para un T: 50 años – Estación Quiruvilca. ....	206
Tabla IV. 31 Valores de hietograma de diseño para un T: 25 años – Estación Quiruvilca. ....	207
Tabla IV. 32 Valores de hietograma de diseño para un T: 10 años – Estación Quiruvilca. ....	209
Tabla IV. 33 Valores de hietograma de diseño para un T: 5 años – Estación Quiruvilca. ....	210
Tabla IV. 34 Valores de hietograma de diseño para un T: 2 años – Estación Quiruvilca. ....	212
Tabla IV. 35 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Julcán. ....	214
Tabla IV. 36 Función de probabilidad Normal – Prueba de ajuste Kolmogorov.....	215

Tabla IV. 37 Función de probabilidad LogNormal – Prueba de ajuste Kolmogorov.	218
Tabla IV. 38 Función de probabilidad Gumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.....	220
Tabla IV. 39 Función de probabilidad LogGumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.	222
Tabla IV. 40 Función de probabilidad Pearson3 – Prueba de ajuste Kolmogorov..	224
Tabla IV. 41 Función de probabilidad LogPearson3 – Prueba de ajuste Kolmogorov.	226
Tabla IV. 42 Cuadro resumen de valores de delta teórico para cada función de distribución.....	228
Tabla IV. 43 Precipitaciones de diseño obtenidas para cada función de distribución y periodo de retorno.....	228
Tabla IV. 44 Precipitaciones e intensidades máximas por función LogNormal – Estación Julcán.....	229
Tabla IV. 45 Coeficientes de distribución de lluvia.....	231
Tabla IV. 46 Valores Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Julcán.....	232
Tabla IV. 47 Valores Intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Julcán.....	232
Tabla IV. 48 Regresión Lineal múltiple – Estación Julcán.....	233
Tabla IV. 49 Prueba de correlación múltiple – Estación Julcán.....	235
Tabla IV. 50 Intensidades obtenidas por ecuación IDF – Estación Julcán.....	237
Tabla IV. 51 Valores de hietograma de diseño para un T: 500 años – Estación Julcán.....	238
Tabla IV. 52 Valores de hietograma de diseño para un T: 100 años – Estación Julcán.....	239
Tabla IV. 53 Valores de hietograma de diseño para un T: 50 años – Estación Julcán.....	241
Tabla IV. 54 Valores de hietograma de diseño para un T: 25 años – Estación Julcán.....	242
Tabla IV. 55 Valores de hietograma de diseño para un T: 10 años – Estación Julcán.....	244
Tabla IV. 56 Valores de hietograma de diseño para un T: 5 años – Estación Julcán.....	245
Tabla IV. 57 Valores de hietograma de diseño para un T: 2 años – Estación Julcán.....	247
Tabla IV. 58 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Salpo. ....	249
Tabla IV. 59 Función de probabilidad Normal – Prueba de ajuste Kolmogorov.....	250
Tabla IV. 60 Función de probabilidad LogNormal – Prueba de ajuste Kolmogorov.	252
Tabla IV. 61 Función de probabilidad Gumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.....	254
Tabla IV. 62 Función de probabilidad LogGumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.	256

Tabla IV. 63 Función de probabilidad Pearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov..	258
Tabla IV. 64 Función de probabilidad Log Pearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov. .....	260
Tabla IV. 65 Cuadro resumen de valores de delta teórico para cada función de distribución.....	262
Tabla IV. 66 Precipitaciones de diseño obtenidas para cada función de distribución y periodo de retorno. ....	262
Tabla IV. 67 Precipitaciones e intensidades máximas por función Gumbel – Estación Salpo. ....	263
Tabla IV. 68 Coeficientes de distribución de lluvia.....	265
Tabla IV. 69 Valores Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Salpo. ....	266
Tabla IV. 70 Valores Intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Salpo. ....	266
Tabla IV. 71 Regresión Lineal múltiple – Estación Salpo.....	267
Tabla IV. 72 Prueba de correlación múltiple – Estación Salpo. ....	269
Tabla IV. 73 Intensidades obtenidas por ecuación IDF – Estación Salpo. ....	271
Tabla IV. 74 Valores de hietograma de diseño para un T: 500 años – Estación Salpo. ....	273
Tabla IV. 75 Valores de hietograma de diseño para un T: 100 años – Estación Salpo. ....	274
Tabla IV. 76 Valores de hietograma de diseño para un T: 50 años – Estación Salpo. .....	276
Tabla IV. 77 Valores de hietograma de diseño para un T: 25 años – Estación Salpo. .....	277
Tabla IV. 78 Valores de hietograma de diseño para un T: 10 años – Estación Salpo. .....	279
Tabla IV. 79 Valores de hietograma de diseño para un T: 5 años – Estación Salpo. .....	280
Tabla IV. 80 Valores de hietograma de diseño para un T: 2 años – Estación Salpo. .....	282

## 1. RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar la confiabilidad del método Italo Latino Americano (IILA) para el cálculo de hietogramas de diseño en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán - Cuenca Moche. Inicialmente se automatizó el método IILA, el cual fue desarrollado en el lenguaje de programación "Visual Basic", al software creado se le denominó "HydroIILA" y se desarrolló con el fin de obtener automáticamente los valores de hietogramas de diseño, al final estos resultados dados por el programa fueron contrastados con otros hietogramas de diseño obtenidos a partir de registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas, de las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán.

Nuestra hipótesis planteó que el porcentaje de confiabilidad del Método Italo Latino Americano para el cálculo de hietogramas de diseño en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán - Cuenca Moche será de un 80%. De los resultados obtenidos, se pudo afirmar para todas las estaciones, que la hipótesis fue superada en todos los periodos de retorno analizados; Así el porcentaje de confiabilidad mínimo alcanzado en las tres estaciones estudiadas fue de 82%. Se pudo inferir que, para periodos de retorno superiores a los 100 años, el porcentaje de confiabilidad es superior al 86% para todas las estaciones. Además, se concluyó que las estaciones con mayores porcentajes de confiabilidad (Julcán y Salpo) son las que también tienen un mayor registro histórico de lluvias (47 y 46 años respectivamente) a la vez que poseen un excelente coeficiente de correlación (en porcentaje) de sus variables (I-D-T), los cuales son de 99.71% para la estación Julcán y 99.86% para la estación Salpo.

## **2. ABSTRACT**

This thesis aims to determine the reliability of the method Italo Latino Americano (ILLA) for calculating hyetographs design for rainfall stations Salpo, Quiruvilca and Julcán - Cuenca Moche. Initially the ILLA method, which was developed in the programming language "Visual Basic" software created it was called "HydroILLA" and developed in order to automatically obtain the values of hyetographs design, in the end these results are automated given by the program were compared with other design hyetographs obtained from historical records maximum rainfall in 24 hours, rainfall stations of Salpo, Quiruvilca and Julcán.

Our hypothesis stated that the percentage of reliability Italo Latino Americano Method for calculating hyetographs design for rainfall stations Salpo, Quiruvilca and Julcán - Cuenca Moche will be 80%. From the results, we could say for all seasons, the hypothesis was surpassed in all periods analyzed return; Thus the minimum percentage of reliability achieved in the three seasons studied was 82%. It could be inferred that, for periods longer than 100 years back, the percentage of reliability is higher than 86% for all seasons. In addition, it was concluded that the stations with the highest percentages of reliability (Julcán and Salpo) are those that also have a greater historical record rainfall (47 and 46 years, respectively) while having an excellent correlation coefficient (percentage) its variables (IDT), which are 99.71% for and 99.86% Julcán station for Salpo season.



### **3. INTRODUCCION**

En varias regiones de nuestro país existe escasa información pluviográfica, esto es debido a que un gran número de estaciones pluviométricas y pluviográficas se encuentran en mal funcionamiento o tienen escaso registro histórico de precipitaciones; ante este evidente problema en el año de 1983 se desarrolló el “Estudio de la Hidrología en el Perú” , el cual nació del convenio del Instituto Italo Latinoamericano (IILA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), el estudio brinda un método que permite calcular precipitaciones e intensidades máximas anuales en todo el Perú, para conseguir esto tuvo que clasificar al país en 38 sub zonas y 7 zonas pluviométricas.

Debido a que este estudio fue realizado hace 33 años se desea conocer cuan confiable es en la actualidad, en base a ello nosotros los tesisistas nos fijamos el objetivo de determinar la confiabilidad del método Italo Latino Americano para el cálculo de hietogramas de diseño en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán.

Se propuso que la confiabilidad de los hietogramas de diseño obtenidos por el método IILA, al contrastarlos con los hietogramas de diseño obtenidos a partir de los registros históricos de precipitaciones máximas en 24 horas será igual a 80%. Siendo así, la importancia de esta tesis radica en dar un criterio de confiabilidad en el uso del método IILA al profesional interesado en el estudio de la hidrología, además de poner a disposición el software denominado “HydroIILA” para el cálculo ágil e interactivo del método.

El desarrollo de la tesis se dividió en 4 capítulos:

El capítulo I, se centró en el desarrollo del programa denominado “hydroIILA” usando el lenguaje de programación “Visual Basic”.

El capítulo II, aborda la fase preliminar, donde se delimita la ubicación del área de estudio y la selección de las estaciones pluviométricas.

El capítulo III, muestra los resultados de los hietogramas de diseño aplicando el método IILA para las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán, teniendo como soporte el programa denominado “HydroIILA”.

El capítulo IV, muestra los resultados de los hietogramas de diseño calculados en base a los registros históricos de precipitaciones máximas anuales en 24 horas para las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán.

En el capítulo de resultados obtenidos, se muestra la contrastación de los hietogramas de diseño obtenidas por ambas metodologías, así como sus porcentajes de confiabilidad.

Finalmente, en los capítulos de Discusión y Conclusiones, se mencionan: las causas de la variación entre hietogramas, las limitaciones que tuvo la presente tesis y se da un veredicto sobre la confiabilidad del método IILA en base a la comparación de los datos numéricos de los hietogramas de diseño calculados por ambas metodologías.

#### **4. PLANEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Para el diseño de la mayoría de estructuras hidráulicas como canales, bocatomas, presas, alcantarillas, etc. Es necesario contar con un caudal de diseño, el cual es calculado a partir de un determinado periodo de registro de caudales máximos anuales, en caso de no contar con esta información, se utilizan datos de precipitación registrados por pluviómetros que se encuentran dentro del área de estudio o cercanos a esta.

De los diversos datos registrados por los pluviómetros y pluviógrafos, nos interesan las precipitaciones máximas anuales en 24 horas y las máximas horarias, el problema surge cuando no se pueden contar con los datos mencionados, sea a causa de diversos factores como: la falta de estaciones pluviométricas cercanas a nuestra área de estudio, estaciones que ya han dejado de funcionar, o en su defecto que tiene pocos años de registro histórico

de lluvias, lo cual no sirve para realizar un adecuado análisis de estimación de precipitaciones máximas de diseño.

Es necesario mencionar que hasta el año 2007, los déficits de estaciones pluviométricas se presentaban en varios departamentos del Perú, sobre todo en Amazonas, Apurímac, Madre de Dios, Moquegua, Tumbes, Ucayali y Huánuco (véase la figura 1) o Loreto que, en relación a su superficie, las estaciones con las que contaban eran pocas. El problema se agrava cuando del total de estaciones por departamento, las que aún seguían en funcionamiento hasta el 2007 representaban menos del 50% con las excepciones de los departamentos de Moquegua y Madre de Dios (véase la tabla 1). Mientras que para el departamento en el cual se encuentra ubicado nuestra área de estudio, el departamento de la Libertad, de las 50 estaciones que tenía solo 14 estaban en funcionamiento lo que representa el 28% (véase la tabla 1).

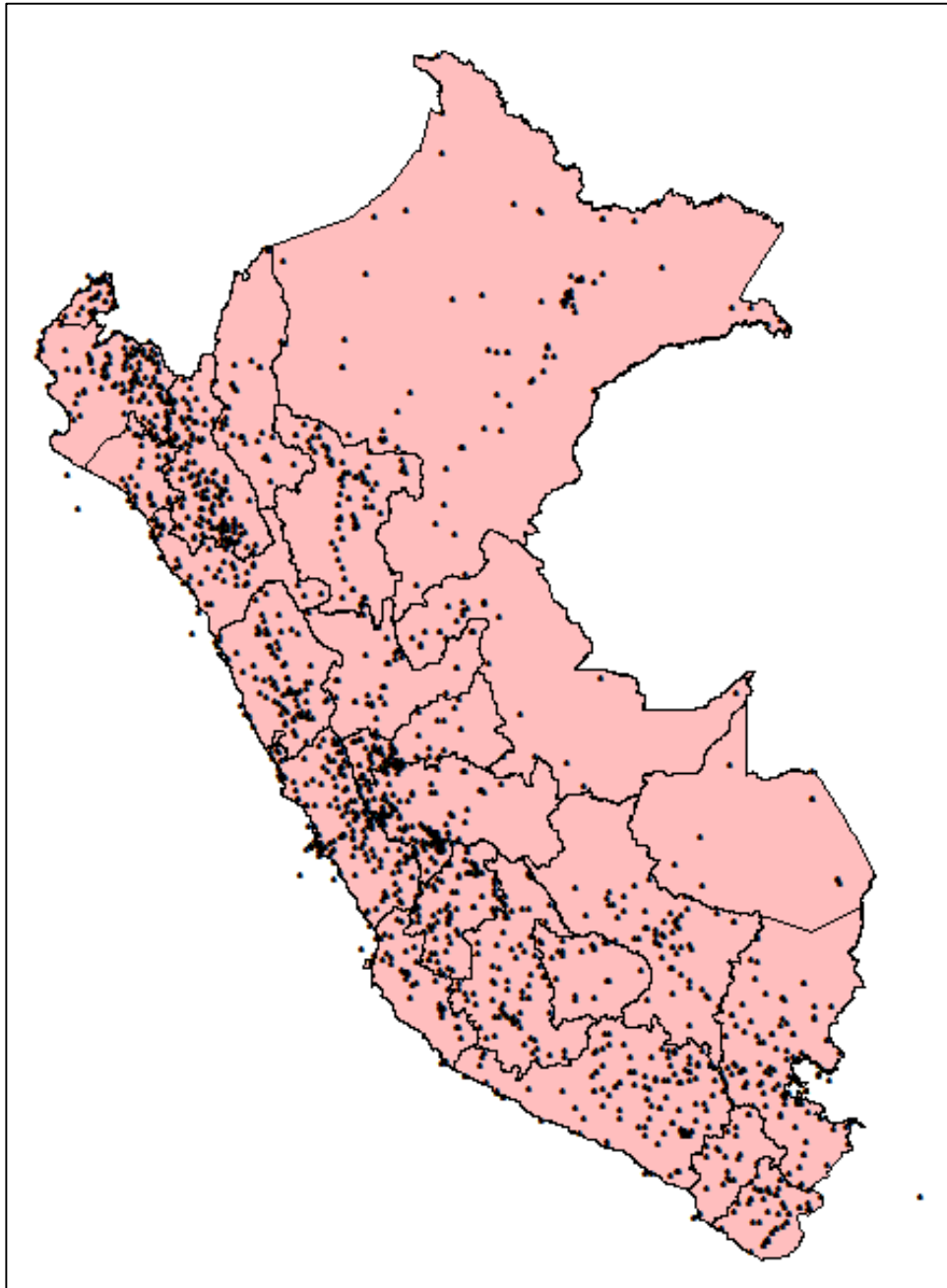


Figura 1: Mapa de distribución de estaciones pluviométricas en el Perú, año 2007. (Fuente: Propia).

Tabla 1: Cuadro de departamento, número de estaciones, estaciones en funcionamiento y relación en porcentaje hasta el año 2007.

DEPARTAMENTO	N° DE ESTACIONES	% RESPECTO DEL TOTAL	N° ESTACIONES FUNCIONANDO	% EN FUNCIONAMIENTO
AMAZONAS	31	1.93%	10	32.3%
ANCASH	87	5.41%	23	26.4%
APURIMAC	23	1.43%	8	34.8%
AREQUIPA	109	6.78%	46	42.2%
AYACUCHO	73	4.54%	18	24.7%
CAJAMARCA	124	7.71%	55	44.4%
CUSCO	60	3.73%	23	38.3%
HUANCAVELICA	83	5.16%	20	24.1%
HUANUCO	32	1.99%	13	40.6%
ICA	44	2.74%	21	47.7%
JUNIN	142	8.83%	24	16.9%
LA LIBERTAD	50	3.11%	14	28.0%
LAMBAYEQUE	34	2.11%	14	41.2%
LIMA	142	8.83%	66	46.5%
LORETO	86	5.35%	34	39.5%
MADRE DE DIOS	8	0.50%	4	50.0%
MOQUEGUA	23	1.43%	14	60.9%
PASCO	61	3.79%	5	8.2%
PIURA	111	6.90%	29	26.1%
PUNO	101	6.28%	44	43.6%
SAN MARTIN	78	4.85%	36	46.2%
TACNA	53	3.30%	23	43.4%
TUMBES	30	1.87%	9	30.0%
UCAYALI	23	1.43%	4	17.4%
<b>Σ</b>	<b>1608</b>	<b>100%</b>	<b>557</b>	<b>34.6%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

A raíz de esta necesidad de información pluviográfica, sobre todo la de precipitaciones máximas horarias, es que nace el “ Estudio de la Hidrología del Perú”, publicado en el año de 1983, resultado de la cooperación entre el Instituto Italo Latinoamericano (ILLA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), que divide al Perú en 7 zonas y 38 sub zonas pluviométricas, asignando a cada

una de estas factores que permiten el cálculo de precipitaciones e intensidades máximas anuales para un periodo de retorno y una duración de lluvia determinada, con el cual se pueden elaborar las curvas IDF y por ende obtener hietogramas de diseño.

El problema planteado por los tesisistas, es conocer cuan confiable es la información dada por este método en la actualidad, es evidente que no se va a analizar todo el país, por lo cual se ha escogido la Cuenca Moche (parte alta) y que además está delimitada por la subzona 5a-7 planteada por el método, en base a estos criterios se escogió las tres estaciones pluviométricas de estudio, con el fin de calcular sus hietogramas de diseño para luego compararlos con los obtenidos por el método IILA el cual fué automatizado en un software creado por los tesisistas denominado "HydroIILA" y calcular así su porcentaje de confiabilidad.

## **5. ENUNCIADO DEL PROBLEMA**

¿Cuál es el porcentaje de confiabilidad del Método Italo Latino Americano para el cálculo de hietogramas de diseño en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche?

## **6. JUSTIFICACIÓN**

La importancia de esta tesis radica en dar un criterio de confiabilidad al Ingeniero Civil, Agrícola y demás interesados en el estudio de la hidrología en el uso del método del Instituto Italo Americano (IILA), como alternativa cuando no se cuenta con información pluviográfica, que como hemos visto es algo común en varias zonas de nuestro país. Se sugiere además iniciar la actualización de este método, que de hacerse resultará provechoso no solo para los profesionales relacionados al estudio de hidrología, si no para la comunidad en general; países como EEUU y España tienen ecuaciones que permiten el cálculo directo de curvas IDF e hietogramas de diseño, con solo dar a estas factores propios de la zona, el estudio de la hidrología en el Perú

realizado por el IILA no es distinto, pero se hace necesario verificarlo y actualizarlo constantemente con el fin de obtener un método que sea fiable y además con factores de zona acordes con la realidad hidrológica y climática de nuestro país.

Enmarcado en lo dicho en las líneas anteriores, los tesisistas buscan analizar la confiabilidad del método IILA, delimitando su estudio por la parte alta de la cuenca Moche y la sub zona 5a-7 (propuesta por el método IILA), promoviendo así el interés por actualizar dicho método y dando una base a futuros estudios que deseen ahondar más en su investigación.

Además, con el fin de otorgar una herramienta que ayude y facilite el cálculo a los profesionales interesados en la hidrología, la presente tesis brindará la automatización del método IILA por medio de la creación del software "HydroIILA" para la directa obtención de curvas IDF e hietogramas de diseño.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. ANTECEDENTES**

**Roberto Pizarro T., Alejandro Abarza M., César Farías D. y Cristián Jordán D (2003). "Construcción de Curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) en zonas semiáridas de Chile central"**

#### **Resumen:**

Este estudio analiza la construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), en la VII Región del Maule, Chile, en base al comportamiento de las precipitaciones de 4 estaciones pluviográficas del Valle Central y de la Cordillera de los Andes. Estas estaciones son Talca, Penciahue, Melozal, Parral, Colorado y Bullileo, las cuales cuentan con registros cuya antigüedad fluctúa entre los 14 y 17 años.

La metodología consistió en muestreos sobre los pluviogramas respectivos, con el fin de obtener las intensidades máximas por año, para las duraciones de 24, 12, 8, 6, 4, 2 y 1 hora. Los datos se llevaron a intensidad horaria y para

cada duración se ajustó la función de Gumbel, que dio excelentes medidas de bondad de ajuste. Luego, se construyeron las curvas IDF para los períodos de retornos 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75, y 100 años. Posteriormente se construyeron tablas de uso práctico para la extrapolación de las curvas hacia zonas sin pluviógrafos.

Así, se puede señalar que las curvas IDF obtenidas para las estaciones de la Cordillera de los Andes, con respecto a las del Valle Central, son muy similares, a excepción de que las ordenadas de intensidad horaria son más altas en la zona cordillerana andina. Finalmente, en función de los resultados obtenidos, se puede recomendar la utilización de los 6 modelos ajustados, para su utilización y extrapolación en zonas o estaciones cercanas con regímenes climáticos similares.

#### **Conclusiones:**

- En función de los resultados obtenidos, es posible plantear las siguientes conclusiones:
- Según el coeficiente de determinación  $R^2$  y los resultados de la prueba U de Mann Whitney, casi no se manifiestan diferencias entre los modelos ajustados de las estaciones del Valle Central y las estaciones pluviográficas de la Cordillera de los Andes.
- Los modelos utilizados para explicar la relación entre la intensidad, la duración y la frecuencia, poseen una muy buena calidad de ajuste, lo que asegura una buena estimación y pronóstico de intensidades máximas de precipitación.
- En relación a la construcción de las curvas IDF, se puede concluir que en general no se presentaron grandes problemas en el diseño y construcción de las curvas para las distintas estaciones, salvo en la estación de Colorado, en la cual fue necesario realizar acabados e intensos muestreos con el objeto de obtener una gráfica lo más cercana al modelo teórico.



**Rendón Dávila, V.O. (2013). “Drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca (sector los reyes) – Puno – Perú.”**

**Objetivo General:**

Simular el comportamiento hidrológico urbano del sector los virreyes de la ciudad de Juliaca, Puno-Perú con el fin de prevenir futuras inundaciones.

**Objetivos Específicos:**

- Determinar la lluvia de diseño, en función a la información disponible.
- Determinar la distancia óptima, entre las rejillas de captación, para las pendientes más representativas de las calles.
- Simular el comportamiento de los colectores proyectados, mediante el programa Storm Water Management Modelling.

**Conclusiones:**

- Las pruebas de bondad de ajuste son sensibles a la función paramétrica no utilizada.
- Las distribuciones de dos parámetros fijan el valor del coeficiente de asimetría, lo que en algunos casos no puede ser recomendable. La distribución Log-Normal de dos parámetros sólo es recomendable si el coeficiente de asimetría es cercano a cero.
- Para el ajuste a las distribuciones Log-Normal, Log-Gumbel y Log Pearson se requiere transformar la variable al campo logarítmico para modelarla, con lo que se disminuye la varianza muestral, pero también se filtran las variaciones reales de los datos.
- El óptimo espaciamiento, depende principalmente de la calidad del Hietograma del proyecto.
- En la medida que se incluya en la metodología de los bloques alternados, el aspecto de los hietogramas de la zona, será más realista la simulación.

- Se debe evaluar con gran detalle, el coeficiente de rugosidad de manning, en zonas donde el mobiliario, pueda ser un obstáculo o lo facilite.
- Se puede conocer, tomando en cuenta los criterios de riesgo, los máximos caudales asociados a cada tramo.
- Aunque dependiendo de la lluvia del proyecto, se puede inferir, que a mayor pendiente mayor espaciamiento y menores pendientes menores espaciamientos entre rejas.
- Considerando el efecto de la escala espacial, del coeficiente de rugosidad, puede ser utilizado como un parámetro de ajuste, que represente una rugosidad equivalente, que produzca los mismos de un coeficiente de rugosidad en detalle.

## **7.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

### **Precipitación**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación a la precipitación, señalan:

La precipitación incluye la lluvia, la nieve y otros procesos mediante los cuales el agua cae a la superficie terrestre, tales como granizo y nevisca. La formación de precipitación requiere la elevación de una masa de agua en la atmósfera de tal manera que se enfríe y parte de humedad se condense.

*Sánchez San Román (2008)*, en relación a la precipitación señala:

Es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre. Esto incluye básicamente: lluvia, nieve y granizo. (También rocío y escarcha que en algunas regiones constituyen una parte pequeña pero apreciable de la precipitación total). En relación a su origen, pueden distinguirse los siguientes tipos: las ciclónicas, las de convección y las precipitaciones orográficas.

### **Lluvias**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación a la lluvia, señalan:

Las lluvias presentan una gran variación en el espacio y el tiempo. Estas pueden representarse por mapas de isoyetas; una isoyeta es un contorno de lluvia constante. Los mapas de isoyetas se construyen interpolando información de lluvia que se registra en sitios con pluviógrafos. Un registro de pluviógrafo está compuesto por un conjunto de profundidades de lluvia, que se registra para incrementos de tiempo sucesivos.

### **Pluviómetros**

*Wikipedia (consultado en 2016)*, menciona acerca del pluviómetro:

El pluviómetro es un instrumento que se emplea en las estaciones meteorológicas para la recogida y medición de la precipitación. Se usa para medir la cantidad de precipitaciones caídas en un lugar durante un tiempo determinado. La cantidad de agua caída se expresa en milímetros de altura.

*Sánchez San Román (2008)*, en relación al pluviómetro señala:

Para poder leer con más precisión el agua recogida ( $\pm 0.1$  mm), un pluviómetro recoge el agua en una bureta de sección menor a la de la boca del pluviómetro. La lectura del agua recogida se efectúa una vez al día.

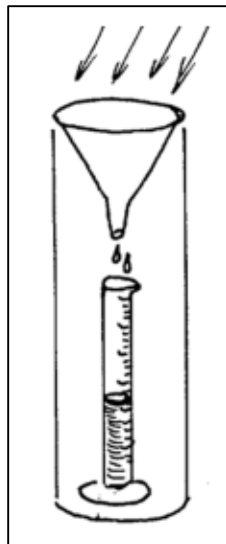


Figura 2: Representación gráfica de un pluviómetro. (Fuente: precipitaciones, Sánchez San Román)

## Pluviógrafos

*Sánchez San Román (2008)*, en relación al pluviógrafo señala:

Un pluviógrafo clásico funciona como un pluviómetro, pero registra la evolución de la precipitación con el tiempo, bien con tinta y papel, bien digitalmente. En algunos modelos el pluviógrafo está dotado de un flotador que hace subir una plumilla que registra gráficamente el llenado del recipiente a lo largo del tiempo.

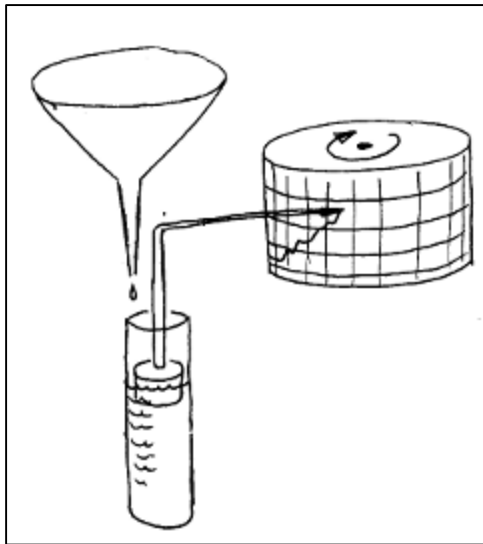


Figura 3: Representación gráfica de un pluviógrafo.

(Fuente: precipitaciones, Sánchez San Román).

**Nota:** Hoy en día la distinción entre dos tipos de instrumentos ha prácticamente desaparecido y sólo tiene sentido cuando se considera a los antiguos instrumentos, que no tienen una capacidad de grabación, para la medición de la precipitación de 24 horas.

## Hietograma de precipitación o de lluvia

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación al hietograma de precipitación, señalan:

Es una gráfica de profundidad de lluvia o intensidad en función del tiempo, a manera de un histograma, sumando los incrementos de lluvia a través del

tiempo. La máxima profundidad de lluvia, o intensidad (profundidad/tiempo) que se registra en un intervalo de tiempo de referencia, para una tormenta, se establece calculando las profundidades de lluvia totales corrientes para ese intervalo de tiempo empezando en algunos puntos de la tormenta, para luego seleccionar el valor máximo de esta serie.

*Sánchez San Román (2008)*, en relación al hietograma de precipitación señala:

Un *hietograma* (del griego Hietos, lluvia), es un gráfico que expresa precipitación en función del tiempo. En ordenadas puede figurar la precipitación caída (mm), o bien la intensidad de precipitación (mm/hr). Generalmente se presenta como un histograma (gráfico de barras), aunque a veces también se expresa como un gráfico de línea.

A veces un hietograma se refiere a un día o a una tormenta concreta, en otras ocasiones el periodo de tiempo representado puede ser más amplio: meses o años.

Para su elaboración, si se trata de un hietograma mensual o anual, bastará con representar datos diarios. Si se trata de un hietograma de un día o de unas horas de duración, necesitamos una banda de pluviógrafo, leyendo la precipitación de caída en los intervalos elegidos, por ejemplo, de 10 en 10 minutos.

Si no se dispone de datos de pluviógrafo, sino solamente de la precipitación diaria, aún se puede calcular la forma previsible del hietograma.

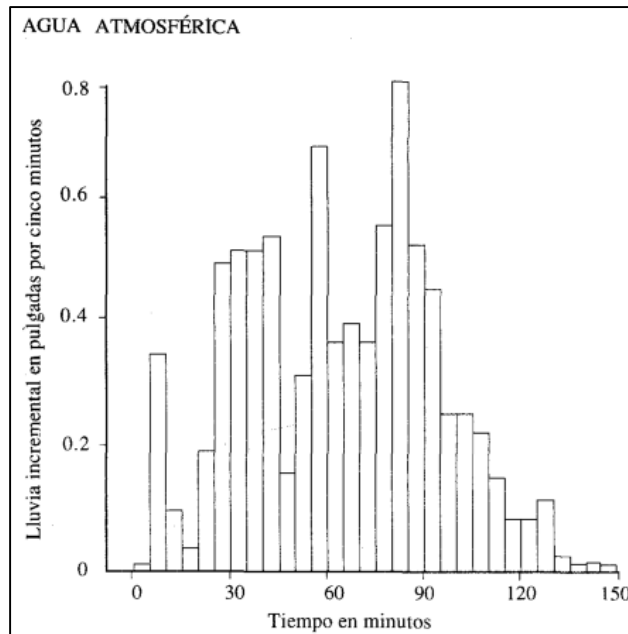


Figura 4: Modelo hietograma, profundidad de lluvia vs tiempo. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow)

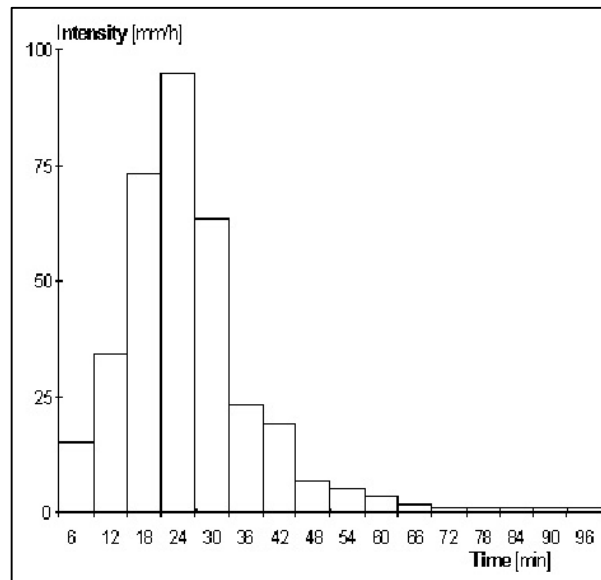


Figura 5: Gráfico que representa el hietograma obtenido mediante pluviógrafo. (Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román).

## Cuenca Hidrográfica

*Sánchez San Román (2008)*, en relación a la cuenca hidrográfica señala:

Cuenca Hidrográfica es la definida por la topografía, fácilmente delimitable sobre un mapa topográfico, es llamada también “cuenca topográfica” y se refiere generalmente a la escorrentía superficial. Se diferencia de la cuenca hidrogeológica que es un concepto que engloba también a las aguas subterráneas.

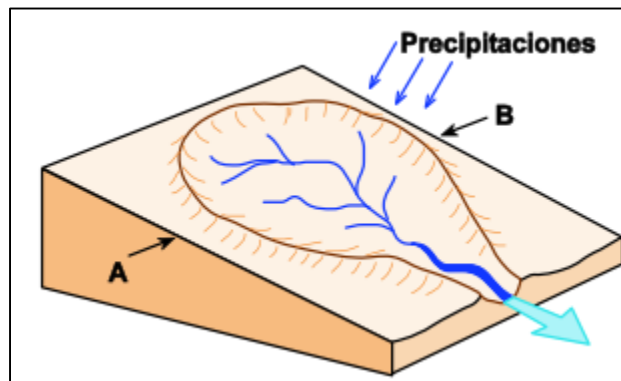


Figura 6: Representación gráfica de una cuenca hidrográfica.  
(Fuente: Ciclo Hidrológico, Sánchez San Román).

## Completación de datos hidrometeorológicos

Para *Aparicio Mijares (1987)*, es frecuente que en un registro de precipitación falten los datos de un cierto periodo, debido a la ausencia del operador o a fallas del aparato registrador.

En general, los datos de precipitaciones faltantes son estimados en base a los registros de las estaciones cercanas. Para ello se utilizan los datos de las estaciones que si tienen los datos de los registros completos (“estaciones índices”), y se seleccionan de modo que estén lo más cerca posible y sean de altitud parecida a la estación en estudio.

## Estimación de registros diarios y mensuales faltantes

Entre los métodos de estimación de registros diarios y mensuales faltantes se tienen:

- Método del promedio aritmético
- Método de la relación normalizada
- Método del U. S. Nacional Weather Service (Método de promedios ponderados)
- Método de regresión lineal simple
- Método de la media y desviación Estándar

### **Método del Promedio Aritmético**

Si la precipitación media anual, en cada estación auxiliar (estación índice) está dentro de un 10% de la registrada en la estación incompleta (X), se usará el “promedio aritmético simple” de las tres estaciones índices para estimar el dato faltante diario. Este método también es aplicable a datos anuales o mensuales faltantes.

### **Método de la Relación Normalizada**

Si la precipitación media anual (o mensual) de cualquiera de las estaciones auxiliares difiere en más de un 10% de la medida en la estación incompleta, el dato faltante será determinado por el método de la regresión normalizada.

El dato faltante anual o mensual  $P_x$  será igual a:

$$P_x = \frac{1}{n} \left[ \frac{N_x}{N_1} P_1 + \frac{N_x}{N_2} P_2 + \dots \frac{N_x}{N_n} P_n \right] \quad \text{Ec 2.1}$$

Donde:

$N_x$  = Precipitación media anual o mensual en la estación incompleta, (mm).

$N_1, N_2, \dots, N_n$  = Precipitación media anual (o mensual) en las estaciones auxiliares 1, 2 y n (mm).

$P_1, P_2, P_n$  = Precipitación anual (o mensual) observada en las estaciones 1, 2, ... y n para la misma fecha que la faltante (mm).



Cuando el método es aplicado para estimar datos mensuales, los valores de N1, N2 y Nn corresponden al mes que se estima.

### **Método del U. S. Nacional Weather Service (Método de promedios ponderados)**

Este procedimiento ha sido verificado teóricamente como empíricamente y considera que el dato faltante de una estación X, por ejemplo, puede ser estimada en base a los datos observados en las estaciones circundantes, el método puede ser aplicado para estimar valores diarios, mensuales o anuales faltantes.

El método consiste en ponderar los valores observados en una cantidad W, igual al recíproco del cuadrado de la distancia D entre cada estación vecina y la estación X, y por lo tanto la precipitación buscada será:

$$P_x = \frac{\sum(P_i W_i)}{\sum W_i} \quad \text{Ec 2.2}$$

Donde:

Pi = Precipitación observada para la fecha faltante en las estaciones auxiliares circundantes (como mínimo 2), en milímetros.

Wi = 1/Di<sup>2</sup>, siendo, Di = Distancia entre cada estación circundante y la estación (Km)

Se recomienda utilizar cuatro estaciones circundantes (las más cercanas), y de manera que cada una quede localizada en uno de los cuadrantes que definen unos ejes coordenados que pasan por la estación incompleta.

### **Método de Regresión Lineal Simple**

Se es libre para elegir cual variable será tomada como dependiente o independiente para completar datos faltantes.

$$Y = a + bx \quad \text{Ec 2.3}$$

Donde Y: Es la precipitación estimada, X la precipitación de la estación patrón, y, a y b son las constantes de regresión lineal.

A través del coeficiente de correlación (R) se determina la estación vecina más cercana y con data completa como patrón. En términos hidrológicos se considera aceptable un valor de  $-0.8 \leq R \leq 0.8$  (UNESCO- ROSTALC, 1982; Pizarro *et al* ,1993; 2009).

### **Método de la Media y Desviación Estándar**

Se utiliza para completar información mensual, para ello se recurre a la siguiente relación:

$$X_M = X_{PM} + S_M \delta_M \quad \text{Ec 2.4}$$

Donde:

$X_M$ : Dato mensual que se quiere completar.

$X_{PM}$ : Promedio de los valores del mes a completar.

$S_M$ : Desviación estándar de los valores del mes a completar.

$\delta_M$ : Variable pseudo aleatoria del mes a completar.

$$\delta_M = \frac{\delta_F + \delta_A}{2} \quad \text{Ec 2.5}$$

Donde:

$$\delta_F = \frac{X_F + X_{PF}}{S_F} \quad \text{Ec 2.6}$$

$$\delta_A = \frac{X_A - X_{PA}}{S_A} \quad \text{Ec 2.7}$$

$X_F$  y  $X_A$ , datos de los meses adyacentes al mes faltante;  $X_{pf}$ ,  $X_{pa}$ ,  $S_f$  y  $S_a$  los promedios y las desviaciones estándar de los meses adyacentes al mes faltante.

## **Análisis de Consistencia.**

*Aparicio Mijares (1987)*, en relación al análisis de consistencia, señala:

Las inconsistencias en la información hidrometeorológica pueden ocurrir debido al cambio de estación de medición o al cambio de las condiciones de medición. Los errores pueden ser humanos o instrumentales.

Para detectar las inconsistencias de la información se debe considerar:

- Análisis visual, mediante hidrogramas.
- Análisis de doble masa.

De observarse alguna posible inconsistencia, se debe realizar el análisis estadístico mediante las pruebas T de student y F de Fisher, con el onjetivo de verificar y corregir la información de ser necesario.

## **Análisis Visual de Hidrogramas**

Este análisis se realiza para detectar e identificar la inconsistencia d ela información hidrometereologica, e indicar el período o los periodos en los cuales los datos son muy dudosos, lo cual se puede reflejar como “picos” muy altos o valores muy bajos, “saltos” y/o tendencias los cuales deben comprobarse si son fenómenos naturales que efectivamente han ocurrido o son producidos por errores sistemáticos, mediante un gráfico o hidrograma de las series de análisis, en coordenadas cartesianas ploteando la información histórica de la variable metereológica a nivel anual y mensual; En las ordenadas se ubica los valores anuales o mensuales de la serie metereologica con sus unidades respectivas y en las abscisas la variable temporal ( sias, meses o años).

## **Análisis de Doble Masa**

El análisis de consistencia de doble masa, relaciona la precipitación anual acumulada de una estación X (estación que se analiza) con el correspondiente valor medio de la precipitación anual acumulada de un grupo de estaciones

vecinas. Si la estación que se analiza ha sido bien observada, los puntos deberán alinearse en una recta, pero si existe algún quiebre, o cambio de pendiente en la recta, ello indicará que la estadística de la estación analizada debe ser corregida. Los registros a corregir serán, por lo general, los más antiguos y se harán con base en los registros más recientes, ya que se considera que los datos de los últimos años son realizados con una mejor técnica que la empleada en sus predecesores.

### **Análisis Estadístico de Consistencia en Saltos**

Se analiza independientemente los parámetros estadísticos: Media y Desviación Estándar de cada una de las series halladas con posible inconsistencia.

#### **Consistencia a la Media: Test T-Student**

Se calculan los parámetros estadísticos de media y desviación estándar de cada serie, luego se calculan el siguiente parámetro:

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[ \frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \right]^{1/2}} \quad \text{Ec 2.8}$$

Luego de las tablas estadísticas calculamos el T de tabla (Tt) con las tablas t student, se considera apropiado considerar un nivel de significancia del 5 %, los grados de libertad: N1+N2-2.

El criterio de decisión es:

- $t_d < T_t$ , la información es consistente en la media para el  $\alpha$  considerado.
- $t_d > T_t$ , la información no es consistente en la media para el  $\alpha$  considerado y se debe corregir la información.

### **Consistencia a la Desviación Estándar: F de Fisher**

Se calculan las desviaciones estándar para cada serie, luego se calcula el F calculado teniendo en cuenta las siguientes relaciones:

$$S_1^2 > S_2^2 \quad F_c = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad \text{Ec 2.9}$$

$$S_2^2 > S_1^2 \quad F_c = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad \text{Ec 2.10}$$

Dónde  $S_1^2$  y  $S_2^2$  son las varianzas para cada periodo analizado y  $F_c$  es el valor de F calculado.

El valor de  $F_t$  o de tabla lo hallamos de la tabla estadística de la distribución F de Fisher, considerando:

- Nivel de significancia del 5%
- Grados de libertad: datos del numerador menos uno, datos del denominador menos uno

El criterio de decisión:

- $F_c < F_t$ : la información es consistente en la desviación estándar para  $\alpha$  considerado.
- $F_c > F_t$ : la información no es consistente en la desviación estándar para  $\alpha$  considerado.

### **Análisis de Consistencia en Tendencia**

La tendencia se manifiesta como un cambio continuo, ascendente o descendente, que afectan los parámetros de la media o la desviación estándar de una muestra con información hidrometeorológica.

La información que se va a analizar por tendencia debe estar libre de saltos tanto en la media como en la desviación estándar.

### **Tendencia en la Media:**

Se puede expresar como:

$$T_{mt} = A_m + B_m t : \text{forma lineal} \quad \text{Ec 2.11}$$

$$T_{mt} = A_m + B_m t + C_m t^2 : \text{forma no lineal} \quad \text{Ec 2.12}$$

Para determinar si la tendencia es significativa en la media se analiza el coeficiente de correlación “r” según el estadístico “t” de Student, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$t_c = \frac{r\sqrt{N-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{Ec 2.13}$$

Donde:

tC: Estadístico calculado “t” de Student

r: Coeficiente de correlación

N: Número de datos analizados

El valor teórico (tT) lo obtenemos de la tabla de distribución “t” de Student, con:

Nivel de significación:  $\alpha$

Grados de libertad: N - 2

Criterio de decisión:

Si:  $tC \leq tT$ : La tendencia en la media NO es significativa para  $\alpha$  considerado

Si:  $tC > tT$ : La tendencia en la media SI es significativa para el  $\alpha$  considerado.

Se debe eliminar la tendencia

### **Tendencia a la Desviación Estándar:**

Se puede expresar como:

$$T_{st} = A_s + B_s t : \text{Forma lineal} \quad \text{Ec 2.14}$$

$$T_{st} = A_s + B_s t + C_s t^2 : \text{Forma no lineal} \quad \text{Ec 2.15}$$

Para determinar si la tendencia es significativa en la desviación estándar, se aplica la misma prueba del caso anterior:

$$t_c = \frac{r\sqrt{p-2}}{\sqrt{1-r^2}} \quad \text{Ec 2.16}$$

El valor teórico ( $t_T$ ) lo obtenemos de la tabla de distribución “t” de Student, con:

- Nivel de significación:  $\alpha$
- Grados de libertad:  $p - 2$
- Criterio de decisión:

Si:  $t_C \leq t_T$ : La tendencia en la desviación estándar NO es significativa para  $\alpha$  considerado

Si:  $t_C > t_T$ : La tendencia en la desviación estándar SI es significativa para  $\alpha$  considerado. Se debe eliminar la tendencia

### **Periodo de Retorno**

*Aparicio Mijares (1987)*, en relación al periodo de retorno, señala:

El número de años en que en promedio se presenta un evento, se llama periodo de retorno, intervalo de recurrencia o simplemente frecuencia y se acostumbra a denotarlo con “T”.

Se tiene la siguiente relación entre probabilidad y periodo de retorno:

$$P(a) * T = 1 \quad \text{Ec 2.17}$$

Es decir:  $T = \frac{1}{P}$  Ec 2.18

La misma relación es válida en el caso de precipitaciones máximas:

$$P(X \geq X_T) = \frac{1}{T} \quad \text{Ec 2.19}$$

Lo que es equivalente a:

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} = \frac{1}{1 - P(X < x)} \quad \text{Ec 2.20}$$

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación al periodo de retorno, señalan:

El periodo de retorno de un evento con una magnitud dada puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada.

La probabilidad  $P(X \geq X_T)$  de ocurrencia del evento  $X \geq X_T$  en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno en la siguiente forma. Para cada observación existen dos resultados posibles: ya sea “éxito”  $X \geq X_T$  (probabilidad p) o “falla”  $X < x$  (probabilidad 1-p).

*El manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)*, en relación al periodo de retorno, señala:

El tiempo promedio, en años, en que el valor de caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina periodo de retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de “n” años.

El riesgo de falla admisible en función del periodo de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n \quad \text{Ec 2.21}$$

Dónde:

T: Periodo de retorno, n: Vida útil en años, R: Riesgo de falla admisible

### **Funciones de probabilidad usadas en Hidrología**

Consultando a *Ven Te Chow y Aparico Mijares*, se tiene:



En la estadística existen decenas de funciones de distribución de probabilidad teóricas; de hecho, existen tantas como se quiera y obviamente no es posible probarlas todas, por lo que se eligió las más usadas en la hidrología:

**a. Distribución de Probabilidad Normal:**

La distribución de probabilidad Normal se define como:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)} \quad \text{Ec 2.22}$$

Dónde  $\mu$  y  $\sigma$ , son la media y la desviación estándar de la población. El rango de la función es:  $-\infty \leq x \leq \infty$ .

**b. Distribución de Probabilidad Log Normal (2 parámetros):**

Se define mediante la función:

$$f(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y^2}\right)} \quad \text{Ec 2.23}$$

Dónde:  $y = \ln x$ ,  $\mu_y$ = media de los logaritmos (parámetro escalar),  $\sigma_y$ = desviación estándar de los logaritmos de la población.

En el rango de la función se cumple:  $x > 0$ .

**c. Distribución de probabilidad Gumbel:**

Se define mediante la función:

$$f(x) = e^{-e^{\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)}} \quad \text{Ec 2.24}$$

Dónde:  $\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma_x$  (parámetro escalar),  $\beta = \mu_x - 0.5772\alpha$  (parámetro de posición). Dónde  $\mu$  y  $\sigma$ , son la media y la desviación estándar de la población.

Los rangos son:  $-\infty \leq x \leq \infty$ ,  $0 \leq \alpha \leq \infty$ ,  $-\infty \leq \beta \leq \infty$ .

#### d. Distribución de Probabilidad Log Gumbel:

Se define mediante la función:

$$f(Y) = e^{-e\left(\frac{Y-\beta}{\alpha}\right)} \quad \text{Ec 2.25}$$

Dónde:  $Y = \text{Log } x$

$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \sigma_Y$  (parámetro escalar),  $\beta = \mu_Y - 0.5772\alpha$  (parámetro de posición).

Dónde  $\mu$  y  $\sigma$ , son la media y la desviación estándar de los logaritmos de la población. Los rangos son:

$$-\infty \leq Y \leq \infty., \quad 0 \leq \alpha \leq \infty., \quad -\infty \leq \beta \leq \infty.$$

#### e. Distribución de Probabilidad Pearson tipo III o Gamma de Tres Parámetros:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \tau(\alpha)} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}} \quad \text{Ec 2.26}$$

Dónde:  $\alpha = \left(\frac{2}{\gamma_x}\right)^2$ ,  $\beta = \sigma_x \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$ ,  $x_0 = \mu_x - \beta\alpha$

$\mu$ ,  $\sigma$  y  $\gamma$  son la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría de la población.

#### f. Distribución de Probabilidad Log Pearson Tipo III:

$$f(Z) = \frac{(Z - Z_0)^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \tau(\alpha)} e^{-\frac{(Z-Z_0)}{\beta}} \quad \text{Ec 2.27}$$

Dónde:  $Z = \text{Ln } x$

$\alpha = \left(\frac{2}{\gamma_Z}\right)^2$ ,  $\beta = \sigma_Z \frac{1}{\sqrt{\alpha}}$ ,  $Z_0 = \mu_Z - \beta\alpha$

$\mu$ ,  $\sigma$  y  $\gamma$  son la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría de los logaritmos de la población.

$$Z_0 \leq Z \leq \infty., \quad 0 \leq \alpha \leq \infty., \quad -\infty \leq Z_0 \leq \infty., \quad 0 \leq \beta \leq \infty.$$

## Pruebas de Ajuste Usadas en Hidrología

Aparicio Mijares (1987), en relación a las pruebas de ajuste, señala:

### Análisis Gráfico

Un primer método que se usa para seleccionar la función consiste simplemente es inspeccionar una gráfica donde se haya dibujado cada una de las diferentes funciones junto con los puntos medios. La función de distribución de probabilidad que se seleccione será la que se apegue visualmente mejor a los datos medidos.

Este es un método con alto grado de subjetividad y usado aisladamente puede ser un tanto peligroso. Sin embargo, es muy ilustrativo y recomendable para ser usado con otros métodos.

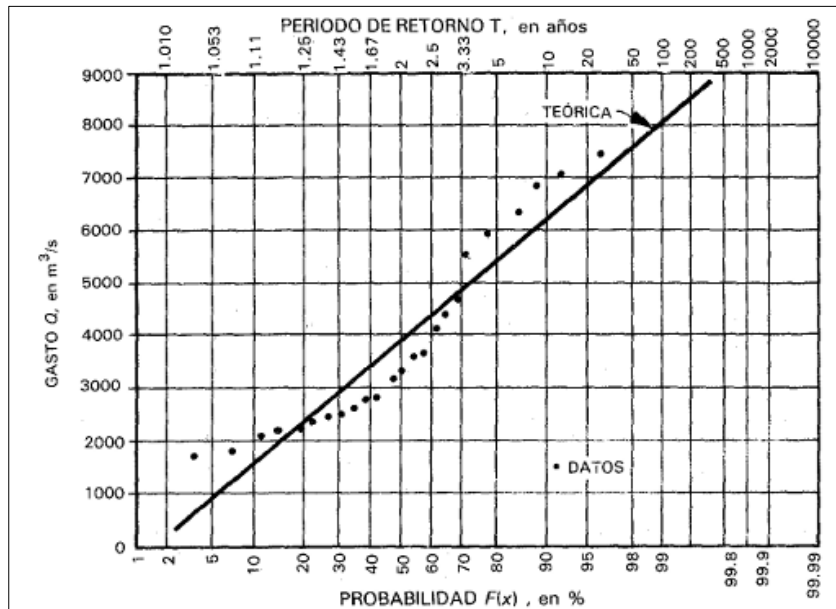


Figura 7: Ejemplo de prueba de ajuste gráfico – Distribución Normal. (Fuente: fundamento de la hidrología de superficie, Javier Aparicio).

### Posición de graficación:

La ecuación weibull es un término medio con una mejor justificación estadística. Si los valores “n” están uniformemente distribuidos entre el 0 y 100% de probabilidad, entonces debe existir  $n+1$  intervalos,  $n-1$  entre los

puntos de los datos y 2 en los extremos. Este simple sistema de graficación se expresa mediante la ecuación de weibull:

$$P(X \geq x) = \frac{m}{n + 1} \quad \text{Ec 2.28}$$

### **Prueba Kolmogorov – Smirnov**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación a esta prueba señala:

La prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia “D” entre la función de probabilidad observada o acumulada  $F_0(x_m)$  y la estimada o teórica  $F(x_m)$ .

$$D = \text{máx} \downarrow F_0(x_m) - F(x_m) \downarrow \quad \text{Ec 2.29}$$

Con un valor crítico “d” (de tabla), que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado. Si  $D < d$ , se acepta la hipótesis. Esta prueba tiene la ventaja sobre la  $\chi^2$  (chi cuadrado), que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de probabilidad observada o acumulada se calcula con la ecuación 2.28.

### **Tormentas de Diseño**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación a las tormentas o hietogramas de diseño, señalan:

Una tormenta de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia-escorrentía y tránsito de caudales. Una tormenta de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de precipitación en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la distribución temporal de la precipitación durante una tormenta, o mediante un mapa de isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación.

Las tormentas de diseño pueden basarse en información histórica de precipitación en un sitio o pueden construirse utilizando las características generales de la precipitación en regiones adyacentes. Su aplicación va desde el uso de valores puntuales de precipitación en el método racional para determinar los caudales picos en alcantarillados de carreteras, hasta el uso de hietogramas de tormentas como las entradas para el análisis de lluvia-escorrentía en embalses de detención de aguas urbanas o en el diseño de vertederos en proyectos que involucren grandes embalses.

### **Disgregación de La lluvia Máxima de 24 horas**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, señalan:

#### **Método basado en los Perfiles de Lluvia del SCS**

El Soil Conservation Service del U.S Department of Agriculture (1986) desarrolló hietogramas sintéticos de tormentas para utilizarse en los Estados Unidos con duraciones de tormentas de 6 y 24 horas. Estos hietogramas se dedujeron al utilizar la información presentada por Hershfield (1961) y Miller, Frederick y Traccy (1973) y datos de tormentas adicionales. Existen cuatro tormentas de 24 horas de duración, llamadas Tipo I, IA, II y III respectivamente. Los tipos I y IA corresponden al clima marítimo del pacífico con inviernos

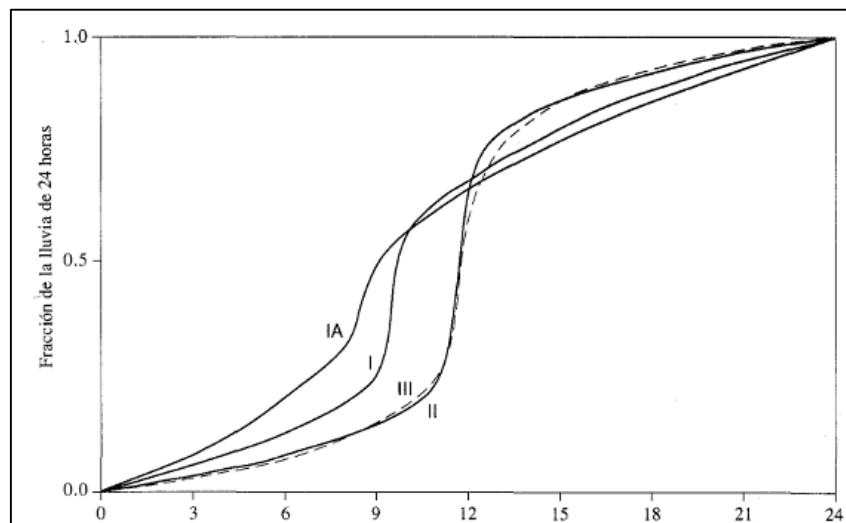


Figura 8: Perfiles de lluvia para 24 horas del Soil Conservation Service. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow).

húmedos y veranos secos. El tipo III corresponde a las áreas del golfo de México y las áreas costeras del atlántico, donde las tormentas tropicales producen lluvia de 24 horas muy grandes. El tipo II corresponde al resto del país.

Tabla 2: Factores de distribuciones de lluvias para diferentes duraciones según los perfiles de lluvia del S.C.S

<b>Distribuciones de lluvia SCS</b>					
<b>tormenta de 24 horas</b>					
		<b>Pt/p24</b>			
<b>Hora t</b>	<b>t/24</b>	<b>TIPO I</b>	<b>TIPO IA</b>	<b>TIPO II</b>	<b>TIPO III</b>
<b>0</b>	0	0	0	0	0
<b>2</b>	0.083	0.035	0.05	0.022	0.02
<b>4</b>	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043
<b>6</b>	0.25	0.125	0.206	0.08	0.072
<b>7</b>	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089
<b>8</b>	0.333	0.194	0.425	0.12	0.115
<b>8.5</b>	0.354	0.219	0.48	0.133	0.13
<b>9</b>	0.375	0.254	0.52	0.147	0.148
<b>9.5</b>	0.396	0.303	0.55	0.163	0.167
<b>9.75</b>	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178
<b>10</b>	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189
<b>10.5</b>	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216
<b>11</b>	0.459	0.624	0.624	0.235	0.25
<b>11.5</b>	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298
<b>11.75</b>	0.489	0.669	0.655	0.357	0.339
<b>12</b>	0.5	0.682	0.664	0.663	0.5
<b>12.5</b>	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702
<b>13</b>	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751
<b>13.5</b>	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785
<b>14</b>	0.583	0.767	0.736	0.82	0.811
<b>16</b>	0.667	0.83	0.8	0.88	0.886
<b>20</b>	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957
<b>24</b>	1	1	1	1	1

Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow.

## **Factores de lluvia planteados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones:**

*El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)*, señala:

En nuestro país debido a la escasa cantidad de información pluviográfica con que se cuenta, difícilmente pueden elaborarse estas curvas. Ordinariamente solo se cuentan con lluvias máximas en 24 horas, por lo que el valor de la intensidad de la precipitación pluvial máxima generalmente se estima a partir de la precipitación máxima en 24 horas, multiplicada por un coeficiente de duración; en la tabla 3 se muestran los coeficientes de duración entre 1 hora y 48 horas, los mismos que podrán usarse con criterio y cautela para el cálculo de la intensidad, cuando no se disponga de mejor información.

Tabla 3: Coeficientes de duración de lluvia entre 48 horas y 1 hora.

<b>DURACION DE LA PRECIPITACIÓN EN HORAS</b>	<b>COEFICIENTE</b>
<b>1</b>	0.25
<b>2</b>	0.31
<b>3</b>	0.38
<b>4</b>	0.44
<b>5</b>	0.5
<b>6</b>	0.56
<b>8</b>	0.64
<b>10</b>	0.73
<b>12</b>	0.79
<b>14</b>	0.83
<b>16</b>	0.87
<b>18</b>	0.9
<b>20</b>	0.93
<b>22</b>	0.97
<b>24</b>	1
<b>48</b>	1.32

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de bajo volumen de Tránsito.

Se puede establecer un procedimiento lo siguiente:

- Seleccionar las lluvias mayores para diferentes tiempos de duración.
- Ordenar de mayor a menor.
- Asignar a cada valor ordenado una probabilidad empírica.
- Calcular el tiempo de retorno de cada valor.
- Graficar la curva intensidad-frecuencia-duración.

Para el caso de duraciones de tormenta menores a una hora, o no se cuente con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas, estas pueden ser calculadas mediante la metodología de Dyck Peschke que relaciona la duración de la tormenta con la precipitación máxima en 24 horas. La expresión es la siguiente:

$$P_d = P_{24h} \left( \frac{d}{1440} \right)^{0.25} \quad \text{Ec 2.30}$$

Dónde:

$P_d$ : Precipitación total (mm)

$d$ : Duración en minutos

$P_{24h}$ : Precipitación máxima en 24 horas (mm)

La intensidad se halla dividiendo la precipitación  $P_d$  entre la duración.

### **Curvas Intensidad-Duración- Frecuencia**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación a las curvas I-D-F, señalan:

Es la relación entre la intensidad de lluvia (o profundidad), la duración y las frecuencias o periodos de retorno apropiados para la obra y el sitio. En muchos casos existen curvas estándar de intensidad-duración-frecuencia (IDF) disponibles para el sitio luego no hay que llevar a cabo este análisis. Sin embargo, es conveniente entender este procedimiento utilizado para desarrollar estas relaciones. Usualmente los datos se representan de forma



gráfica, con la duración en el eje horizontal y la intensidad en el eje vertical, mostrando una serie de curvas, para cada uno de los periodos de retorno de diseño.

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la profundidad por unidad de tiempo (mm/hr o pulg/hr). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia. Comúnmente se utiliza la intensidad promedio que puede expresarse como:

$$i = \frac{P}{T_d} \quad \text{Ec 2.31}$$

Dónde:

P: Es la profundidad de lluvia (mm o pulg).

T<sub>d</sub>: Es la duración, usualmente en horas.

La frecuencia se expresa en función del periodo de retorno, T, que es el intervalo de tiempo promedio entre eventos de precipitación que igualan o exceden la magnitud de diseño.

*El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)*, señala:

Las curvas intensidad-duración-frecuencia son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con que se puede presentar, es decir su probabilidad de ocurrencia o el periodo de retorno.

Para determinar estas curvas IDF se necesita contar con registros pluviográficos de lluvia en el lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones de cada año, con el fin de realizar un estudio de frecuencia con cada una de las series así formadas. Es decir, se deben examinar los hietogramas de cada una de las tormentas ocurridas en un año y de esos hietogramas elegir la lluvia correspondiente a la hora más lluviosa,

a las dos horas más lluviosas, a las tres horas y así sucesivamente. Con los valores seleccionados se forman series anuales para cada una de las duraciones elegidas. Estas series anuales están formadas eligiendo, en cada año del registro, el mayor valor correspondiente a cada duración, obteniéndose un valor para cada año y cada duración.

Cada serie se somete a un análisis de frecuencia, asociado a modelos probabilísticos. Así se consigue una asignación de probabilidad para la intensidad de lluvia correspondiente a cada duración, la cual se representa en un gráfico único de intensidad vs. Duración, teniendo como parámetro el período de retorno. (Ver figura 9)

Cabe indicar que formar las series anuales es un proceso largo y laborioso, que involucra el examen cuidadoso de los rollos pluviográficos, la lectura de valores, la digitación de la información, la contrastación y verificación de los valores leídos con los registros pluviométricos cercanos y el análisis de las tormentas registradas para encontrar los máximos valores registrados para cada una de las duraciones seleccionadas.

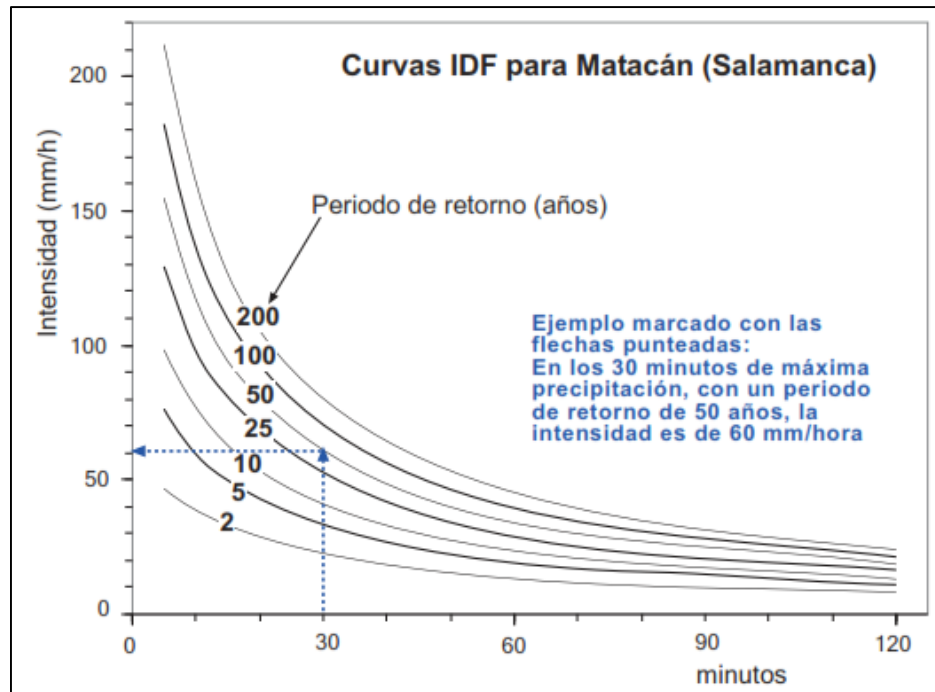


Figura 9: Ejemplo de Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia, para Matacán - España. (Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román).

### Métodos para la Construcción de Curvas I-D-F

Sánchez San Román (2008), en relación a la obtención de curvas IDF a partir de datos empíricos, señala:

#### A partir de datos empíricos:

- Los datos necesarios para la elaboración de las curvas Intensidad-Duración – Frecuencia para una estación pluviométrica aparecen en la tabla 4. Estos datos se obtienen buscando para cada año hidrológico, los 5 minutos más lluviosos, los 15 minutos más lluviosos, etc. (por supuesto pueden elegirse otros valores 10 min, 20 min, etc.).
- Calcular la intensidad en cada intervalo con la ec 2.31, obtendremos una tabla (tabla 5), del mismo tamaño que la inicial, pero expresado en mm/hr.
- En la nueva tabla (todo expresado en intensidades (mm/hr), trabajaremos con cada una de las columnas separadamente;

realizaremos el ajuste de una ley de distribución, por ejemplo, gumbel y calculamos las intensidades correspondientes a los periodos de retorno deseados para dibujar las curvas IDF, por ejemplo: 10, 25, 50 y 100 años. obtendremos una tabla como la tabla 6.

Tabla 4: Precipitaciones máximas (mm) recogidas en intervalos indicados.

año	5 min.	15 min.	30 min.	1 hora	2 horas
1980-81	8,5	14,3	24,9	38,5	67,4
1981-82	12,1	21,9	35,2	57,7	101,3
1982-83	7,1	11,5	20,1	etc...	etc...
1983-84	10,4	16,8	29,1		
etc...	etc...	etc...	etc...		

Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román.

Tabla 5: Intensidad de precipitación en mm/hr.

año	5 min.	15 min.	30 min.	1 hora	2 horas
1980-81	102,0	57,2	49,8	38,5	33,7
1981-82	145,2	87,6	70,4	57,7	50,7
1982-83	85,2	46,0	40,2	etc...	etc...
1983-84	124,8	67,2	58,2		
etc...	etc...	etc...	etc...		

Fuente: precipitaciones, Sánchez San Román.

Tabla 6: Intensidad de precipitación (mm/hr), calculada para diferentes periodos de retorno.

p. retorno	5 min.	15 min.	30 min.	1 hora	2 horas
2 años	75,0	51,3	36,8	22,5	12,9
5 años	92,2	67,6	46,4	27,7	16,7
10 años	125,2	86,0	63,2	etc...	etc...
25 años	154,8	109,2	81,5		
etc...	etc...	etc...	etc...		

Fuente: precipitaciones, sanchez San Roman

- Se presentan gráficamente los valores de la tabla 6: los minutos de duración en abscisas, cada una de las filas son valores de ordenadas: una curva para dos años, otra para 5 años, etc. (ver figura 9).

## Representación de las curvas IDF mediante expresiones matemáticas:

Aparicio Mijares (1987), en relación a las curvas IDF, señala:

Existen básicamente dos métodos con los que se puede determinar la relación entre las variables I, D y T para un sitio dado.

El primero, llamado de *intensidad-período de retorno*, relaciona estas dos variables para cada duración por separado mediante algunas de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología (visto en párrafos anteriores como método con datos empíricos).

El segundo método relaciona simultáneamente las tres variables en una familia de curvas cuya ecuación es:

$$i = \frac{K T^m}{(d + c)^n} \quad \text{Ec 2.32}$$

Dónde:  $k$ ,  $m$ ,  $n$  y  $c$  son constantes que se calculan mediante un análisis de correlación lineal múltiple.

Si se toman logaritmos de la ecuación 2.32, se obtiene:

$$\log i = \log k + m \log T - n \log(d + c) \quad \text{Ec 2.33}$$

O bien:

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 \quad \text{Ec 2.34}$$

Dónde:

$$y = \log i, a_0 = \log k, a_1 = m, x_1 = \log T, a_2 = -n, x_2 = \log(d + c)$$

Al hacer un ajuste de correlación lineal múltiple de una serie de tres tipos de datos, se obtiene un sistema de ecuaciones como el siguiente:

$$\sum y = N a_0 + a_1 \sum x_1 + a_2 \sum x_2 \quad \text{Ec 2.35}$$

$$\sum (x_1 y) = a_0 \sum x_1 + a_1 \sum (x_1^2) + a_2 \sum (x_1 x_2) \quad \text{Ec 2.36}$$

$$\sum (x_2 y) = a_0 \sum x_2 + a_1 \sum (x_1 x_2) + a_2 \sum (x_2^2) \quad \text{Ec 2.37}$$

Donde  $N$  es el número de datos y las incógnitas son  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$ ;  $x_1$ ,  $x_2$  e  $y$  son, respectivamente, los logaritmos del periodo de retorno, la duración (con el valor de “C” agregado de ser necesario) y la intensidad, obtenidos de un registro de precipitación. Una vez calculados los coeficientes  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  es posible evaluar los parámetros  $k$ ,  $m$  y  $n$  de la ecuación 2.32.

La ecuación 2.32 generalmente presenta esta gráfica, en forma de curva masa.

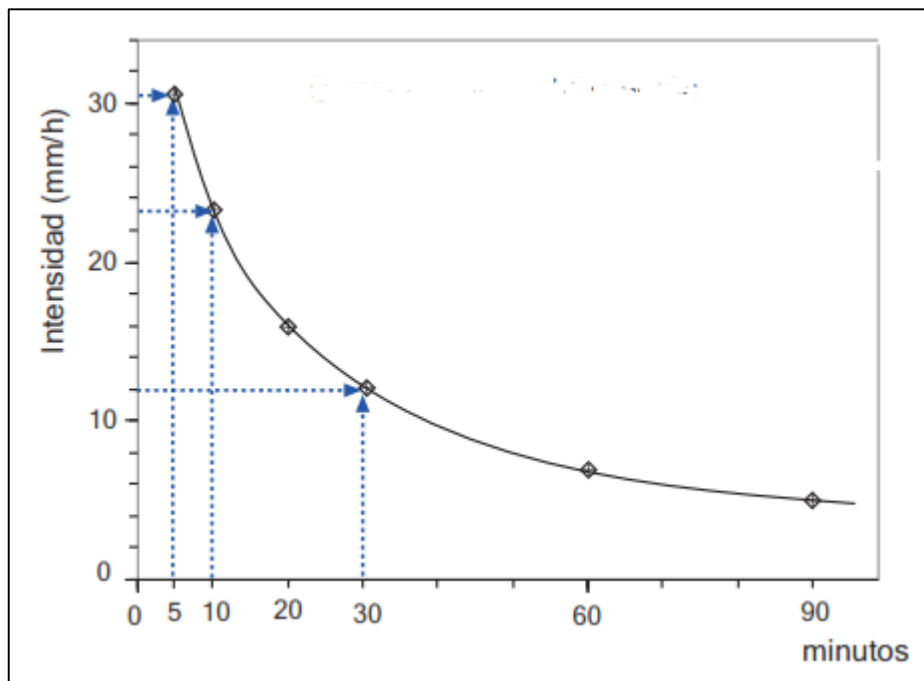


Figura 10: Gráfico típico dado por la ecuación 2.32, para cierto periodo de retorno. (Fuente: Precipitaciones, Sánchez San Román).

De una gráfica como la de la figura 10 es posible obtener un hietograma, el mismo que puede utilizarse como tormenta de diseño para alimentar algún modelo de la relación lluvia- escurrimiento.

Para obtener el valor del coeficiente de correlación múltiple, según Aparicio, se obtiene resolviendo la siguiente fórmula:

$$R = \left(1 - \frac{S_{Y|X1.X2}^2}{S_Y^2}\right)^{1/2} \quad \text{Ec 2.38}$$

Dónde:

$$S_{Y|X1.X2}^2 = \frac{1}{n-3} \sum (y_i - y'_i)^2 \quad \text{Ec 2.39}$$

$S_Y^2$  = Variancia de y.

$y'_i$  = valor estimado de y para X1 y x2.

**Notas:**

- cabe señalar que la ecuación 2.32 para expresar un conjunto de curvas IDF mediante una expresión matemática, la proponen tanto Aparicio, Máximo villón y el Manual de Hidrología elaborado por el MTC. La propuesta por Ven Te Chow es similar solo varía en los coeficientes, ya que este autor usa factores propios para zonas de Estados Unidos.
- Para ahondar más en los métodos de regresión lineal, regresión lineal múltiple y regresión no lineal, véase el apéndice B del libro “Fundamentos de la Hidrología de Superficie” ubicado en la página 291, cuyo autor es Francisco Aparicio.

### **Método Del Instituto Italo-Latinoamericano, SENAMHI Y UNI en la Obtención De Precipitaciones e Intensidades Máximas Anuales.**

En el año de 1982 se publicó el “Estudio de la Hidrología en el Perú”, que nació de la Cooperación Técnica entre el Instituto Italo-Latinoamericano (IILA), el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), el cual entre sus múltiples alcances, permite determinar los máximos anuales de altura e intensidades de lluvia en todo el Perú, para lo cual subdividió al país en 7 zonas y 38 sub zonas pluviométricas teniendo como fundamento de la investigación la climatología en el país, las alturas de lluvia anual, así como las alturas de lluvia máxima diaria, en periodos de observaciones más o menos largos otorgadas por las 1377 estaciones meteorológicas que en ese entonces se tenía instaladas en todo el país.

La fórmula de intensidad general, dada por el estudio es:

$$i_{t,T} = a(1 + Kg' \log T)t^{n-1} \quad \text{Ec 2.40}$$

La cual se cumple para duraciones de lluvia comprendidas entre: 3 horas  $\leq t \leq$  24 horas.

Para duraciones de lluvia menores a tres horas, se tiene la siguiente ecuación:

$$i_{t,T} = a(1 + Kg' \log T)(t + b)^{n-1} \quad \text{Ec 2.41}$$

El cálculo de la altura de lluvia o precipitación se puede calcular con la relación:

$$i_{t,T} = \frac{h_{t,T}}{t} \quad \text{Ec 2.42}$$

Dónde:

$i_{t,T}$ : Intensidad de la lluvia en “t” horas, para un determinado periodo de retorno “T”.

$h_{t,T}$ : Altura de lluvia en “t” horas, para un determinado periodo de retorno “T”.



**T:** Periodo de retorno en años.

**t:** Duración de la lluvia en horas.

**b:** Factor de aumento de duración de lluvia en horas, b: 0.5 horas (costa centro y sur), b: 0.4 horas (sierra), b: 0.2 horas (costa norte y selva). Usar este factor solo para duraciones de lluvia menores a tres horas.

**K':** Constante definida por las características de cada zona pluviométrica, asume un valor único en todos los puntos de la zona seleccionada (ver tabla 7).

**a:** Constante definida por las características de cada sub zona pluviométrica (ver Tabla 8).

**n:** Constante que junto con el factor "a" definen cada sub zona pluviométrica, la diferencia es que "n" toma un valor único por sub zona mientras "a" es un factor variable (ver Tabla 8).

El valor de "a", es calculado mediante la ecuación:

$$a(z) = \frac{\varepsilon_g(z)}{t_g^n} = \frac{e_g(z)}{15.2^n} \quad \text{Ec 2.43}$$

Dónde:

$\varepsilon_g(z)$ : Ley de variación propia de cada sub zona pluviométrica, varía en función de "z": el cual puede ser: altitud, distancia al mar o distancia a la cordillera (ver Tabla 7).

$t_g$ : Valor "t" equivalente al día, el cual deducido para diferentes estaciones varía en torno a un valor medio de 15.2 horas

**Nota:** Los criterios de estimación de "n" y "a" y de la ley  $\varepsilon_g(z)$  presuponen que en la zona exista algún pluviógrafo. Lo cual no ocurre para la mayor parte de las sub zonas, por lo que no queda otra cosa que:

- En las sub zonas donde se carece del dato “n” (ver Tabla 8), asumir para este un valor comprendido entre aquellos que caracterizan las subzonas vecinas.
- Fijado “n”, deducir la constante “a” con la relación ya mostrada,  $a = \frac{\varepsilon_g}{t_g^n} = \frac{\varepsilon_g}{15.2^n}$ .

Tabla 7: Subdivisión del territorio en zonas y sub zonas pluviométricas y valores de los parámetros Kg y  $\varepsilon_g$ , que definen las distribuciones de probabilidades de hg (máxima altura de lluvia anual) en cada punto de estas.

Zona	K'g	Sub zona	$\varepsilon_g$
123	K'g = 0.553	123-1	$\varepsilon_g = 85$
		123-2	$\varepsilon_g = 75$
		123-3	$\varepsilon_g = 100 - 0.022 y$
		123-4	$\varepsilon_g = 70 - 0.019 y$
		123-5	$\varepsilon_g = 24$
		123-6	$\varepsilon_g = 30.5$
		123-7	$\varepsilon_g = -2 + 0.006 y$
		123-8	$\varepsilon_g = 26.6$
		123-9	$\varepsilon_g = 23.3$
		123-10	$\varepsilon_g = 6 + 0.005 y$
		123-11	$\varepsilon_g = 1 + 0.005 y$
		123-12	$\varepsilon_g = 75$
		123-13	$\varepsilon_g = 70$
4	K'g = 0.861	4.- 1	$\varepsilon_g = 20$
5a	$K'g = 11 * \varepsilon_g^{-0.85}$	5 - a1	$\varepsilon_g = -7.6 + 0.006 y (y > 2300)$
		5 - a2	$\varepsilon_g = 32 + 0.177 Dc$
		5 - a3	$\varepsilon_g = -13 + 0.010 y (y > 2300)$
		5 - a4	$\varepsilon_g = 3.8 + 0.0053 y (y > 1500)$
		5 - a5	$\varepsilon_g = -6 + 0.007 y (y > 2300)$
		5 - a6	$\varepsilon_g = 1.4 + 0.0067$
		5 - a7	$\varepsilon_g = -2 + 0.007 y (y > 2000)$
		5 - a8	$\varepsilon_g = 24 + 0.0025 y$
		5 - a9	$\varepsilon_g = 9.4 + 0.0067 y$
		5 - a10	$\varepsilon_g = 18.8 + 0.0028 y$

		5 - a 11	$\epsilon g = 32.4 + 0.004 y$
		5 - a12	$\epsilon g = 19.0 + 0.005 y$
		5 - a13	$\epsilon g = 23.0 + 0.0143 y$
		5 - a14	$\epsilon g = 4.0 + 0.010 y$
<b>5b</b>	$K'g = 130 * \epsilon g^{(-1.4)}$	5 - b1	$\epsilon g = 4 + 0.010 y (y > 1000)$
		5 - b2	$\epsilon g = 41$
		5 - b3	$\epsilon g = 23.0 + 0.143 y$
		5 - b4	$\epsilon g = 32.4 + 0.004 y$
		5 - b5	$\epsilon g = 9.4 + 0.0067 y$
<b>6</b>	$K'g = 5.4 * \epsilon g^{(-0.6)}$	6. - 1	$\epsilon g = 30.0 - 0.50 Dc$
<b>9</b>	$K'g = 22.5 * \epsilon g^{(-0.85)}$	9.- 1	$\epsilon g = 61.5$
		9.- 2	$\epsilon g = -4.5 + 0.323 Dm (30 \leq Dm \leq 110)$
		9.- 3	$\epsilon g = 31 + 0.475 (Dm - 110) (Dm < 110)$
<b>10</b>	$K'g = 1.45$	10.- 1	$\epsilon g = 12.5 + 0.95 Dm$

Fuente: Estudio de la Hidrología del Perú, Tomo III.

Tabla 8: Parámetro “a” y “n” que junto con K’ definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las sub zonas.

Sub zona	número total de estaciones	valor de n	valor de a
<b>123-1</b>	2	0.357	32.2
<b>123-3</b>	3	0.405	$a = 37.85 - 0.0083 y$
<b>123-13</b>	2	0.432	
<b>123-5</b>	2	0.353	9.2
<b>123-6</b>	4	0.38	11
<b>123-8</b>	9	0.232	14
<b>123-9</b>	1	0.242	12.1
<b>123-10</b>	14	0.254	$a = 3.01 + 0.0025 Y$
<b>123-11</b>	5	0.286	$a = 0.46 + 0.0023 y$
<b>5 - a2</b>	2	0.301	$a = 14.1 - 0.78 Dc$
<b>5 - a5</b>	1	0.303	$a = -2.6 + 0.0031 y$
<b>5 - a10</b>	1	0.434	$a = 5.8 + 0.0009 y$

Fuente: Estudio de la Hidrología del Perú, Tomo III.

Tabla 9: ESTACIONES METEREOLÓGICAS: Número, estado y entidad operadora.

ENTIDAD	En Func.	Susp.	Total
<b>SENAMHI</b>	1011	70	1081
<b>Sector Agricultura</b>	31	77	108
<b>Sector Energía y Minas</b>	106	49	155
<b>Diversos</b>	11	22	33
<b>TOTAL</b>	1159	218	1377
<b>%</b>	84.2%	15.8%	100.0%

Fuente: Estudio de la Hidrología del Perú, Tomo I.

De las cuales solo se consideró en el estudio las estaciones de medida que disponen de un período de observaciones de al menos 6 años, la sub división según este criterio se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 10: Subdivisión de las estaciones pluviométricas en función de la duración ng, en años, del periodo de observación.

ng	Número de Estaciones
<b>6 - 10</b>	98
<b>11 - 16</b>	270
<b>17 - 25</b>	223
<b>&gt; 25</b>	27

Fuente: Estudio de la Hidrología del Perú, Tomo I.

### **Delimitación de las Zonas y sub zonas Pluviométricas**

Para la delimitación de las sub zonas, se ha hecho particular referencia al mapa ecológico del Perú a escala 1:1.000.000, publicado por la desaparecida Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN), también se tomó como base de criterio para la subdivisión, el mapa climático de Trewartha para el Perú, del cual se tomó como referencia las situaciones meteorológicas que pueden verificarse dentro del territorio peruano, y se pudo distinguir:

- Un clima tropical A, que afecta a la selva amazónica (clima A<sub>r</sub>, tropical húmedo) y la parte más al norte de la faja litoral del pacífico (clima A<sub>w</sub> tropical húmedo y seco);
- Un clima B, desértico, que afecta a la parte restante de la faja litoral del pacífico;
- Un clima H, de las tierras altas, que afecta a todo el relieve andino.

De lo cual se pudieron distinguir 10 zonas pluviométricas:

La Zona 1, en la selva amazónica, con el clima A<sub>b</sub>, al sur y con el clima H<sub>a</sub>, al norte.

La zona 2, en la vertiente amazónica del relieve andino, con clima H<sub>a</sub>.

Las zonas 3 y 4, con la zona 4 que interrumpe la continuidad de la zona 3, en el altiplano con clima H<sub>b</sub>.

La zona 5 y 6, con la zona 6 que interrumpe la continuidad de la zona 5, en la vertiente del pacífico y la vertiente del norte (cuena del marañón) del relieve andino con clima H<sub>c</sub>.

La zona 7, en la faja litoral del pacífico situada al sur 10° de latitud sur con clima B.

Las zonas 8 y 9, en la faja del pacífico inmediatamente al norte de la zona 7, con clima A<sub>c</sub>.

La zona 10, en el extremo norte de la faja litoral del Pacífico con clima A<sub>d</sub>.

Finalmente, en base al valor K' característico de cada zona, determinado por los registros pluviométricos, se definió K' = constante, sólo para las zonas 1, 2, 3, 4 y 10. Además desde el punto de vista estadístico se determinó que la diferencia de los valores de K' para las zonas 1, 2 y 3 no eran significativas, por lo que se les agrupo en una sola zona denominada con el símbolo 123.

La zona 5 en referencia al valor K' fue subdividida en las zonas 5a y 5b.

Todo esto permitió al estudio concluir que el territorio puede ser subdividido en 7 zonas pluviométricas: 123, 4, 5a, 5b, 6, 9 y 10 dejando fuera las zonas 7 y 8 de la faja litoral, en las cuales la distribución de probabilidad de  $h_g$  (altura de la lluvia diaria máxima) y  $h_t$  (altura de la lluvia máxima en “t” horas) no tiene interés.



Figura 11: Mapa de la división de las 7 zonas y 38 subzonas en todo el Perú. (Fuente: IILA-SENAMHI-UNI).

## **Hietogramas de Precipitación de Diseño Utilizando las Relaciones IDF**

*Ven Te Chow y otros (1998)*, en relación a los hietogramas de precipitación de diseño, señalan:

En los métodos de diseño en hidrología desarrollados hace muchos años, tal como el método racional, sólo se utilizaba el caudal pico. No existía consideración alguna sobre el tiempo de distribución del caudal (el hidrograma del caudal) o sobre la distribución temporal de la precipitación (el hietograma de precipitación). Sin embargo, los métodos de diseño desarrollados más recientemente, los cuales utilizan el análisis de flujo no permanente, requieren de predicciones confiables del hietograma de diseño para obtener los hidrogramas de diseño.

### **Método del Bloque Alterno**

El método del bloque alternativo es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una curva de intensidad-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en  $n$  intervalos de tiempos sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n\Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t$ ,  $2\Delta t$ ,  $3\Delta t$ ,... Y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo  $\Delta t$ . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida  $T_d$  y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño.



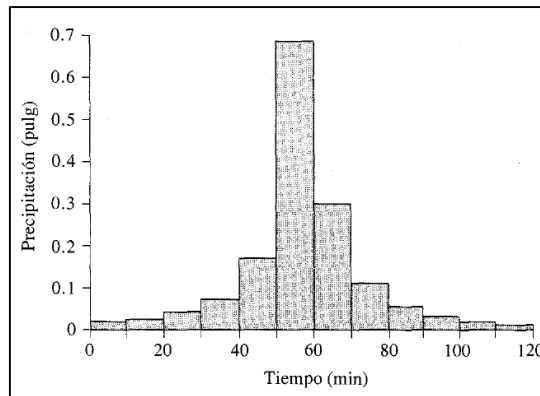


Figura 12: Hietograma de diseño por el método de bloque alterno. (Fuente: Hidrología Aplicada, Ven Te Chow).

### Obtención del Hietograma de Diseño

*Sánchez San Román (2008)*, en relación a la obtención del hietograma de diseño señala:

En algunos países catálogos de aguacero en los que facilita la forma del hietograma, que podremos adaptar a la cantidad de precipitación concreta. Si no disponemos de esta vía, será necesario elaborar un hietograma de diseño.

Para esto existen diversos procedimientos, varios de ellos se basan en las curvas Intensidad-duración-frecuencia. El más usado es el de métodos de bloques alternos, para esto elegimos la curva de intensidad-duración correspondiente al periodo de retorno deseado, o una ecuación que refleje dicha curva. En cualquiera de los casos, podremos leer gráficamente u obtener la ecuación de intensidad de precipitación para diversos incrementos de tiempo.

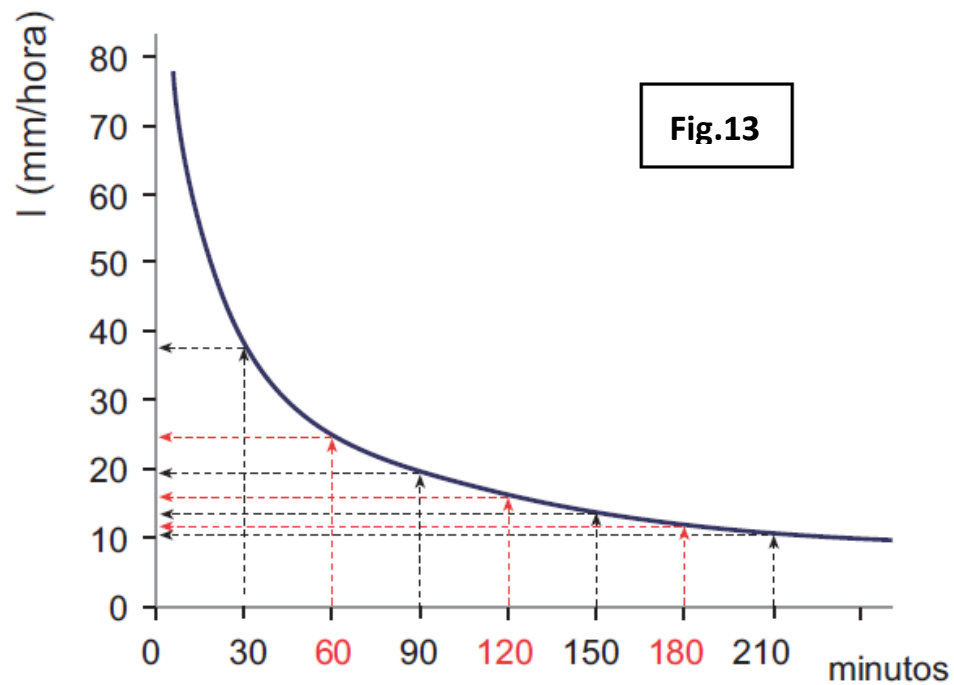


Figura 13: Método bloques alternos, aplicado en curva IDF. (Fuente: Hietogramas de diseño, Sánchez San Román).

Si se dispone de hietogramas reales de la región, será aconsejable redistribuir los bloques, si observamos, por ejemplo, que el máximo suele producirse en el primer tercio de la tormenta.

Si deseamos un hietograma expresados en *intensidades* (mm/hr) y los intervalos utilizados son de minutos, habría que multiplicar la altura de cada bloque por 60/m.

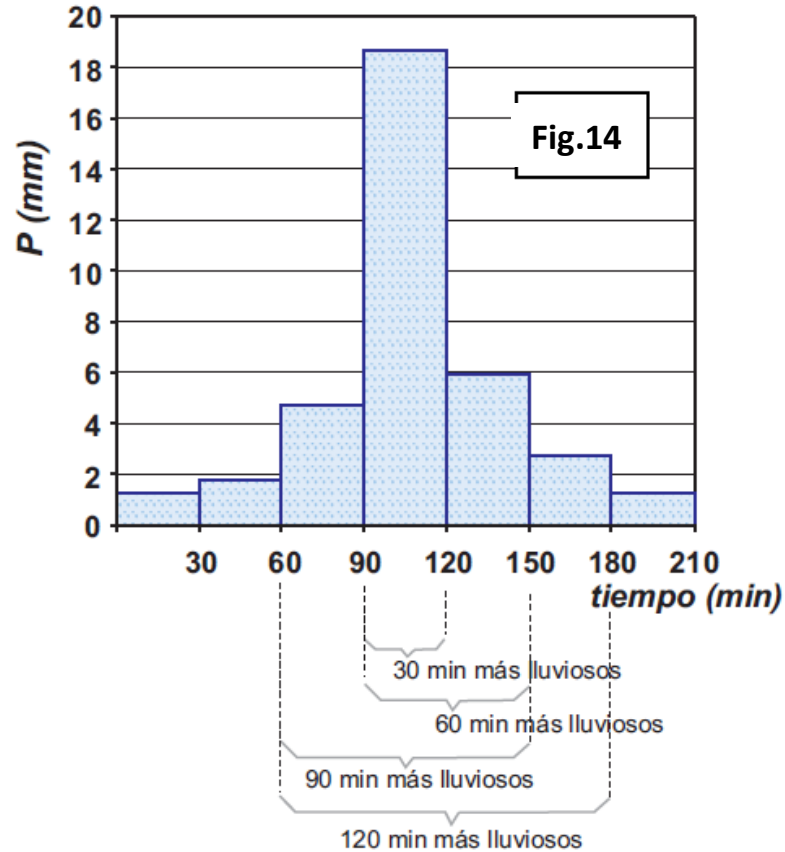


Figura 14: Hietograma típico de diseño con el bloque mayor redistribuido al medio. (Fuente: Hietogramas de diseño, Sánchez San Román).

### Visual Basic

*Para Javier García de Jalón y otros, señalan:*

Visual Basic es una excelente herramienta de programación que permite crear aplicaciones propias (programas) para Windows NT. Con ella se puede crear desde una simple calculadora hasta una hoja de cálculo de la talla de Excel, pasando por un procesador de textos o cualquier otra aplicación que se le ocurra al programador. Sus aplicaciones en Ingeniería son casi ilimitadas: representación de movimientos mecánicos o de funciones matemáticas, gráficas termodinámicas, simulación de circuitos, etc. Este programa permite crear ventanas, botones, menús y cualquier otro elemento de Windows de una forma fácil e intuitiva.

## El entorno de Visual Basic

Según Javier García de Jalón y otros, Visual Basic tiene todos los elementos que caracterizan a los programas de Windows e incluso alguno menos habitual. En cualquier caso, el entorno de Visual Basic es muy lógico y natural, y además se puede obtener una descripción de la mayoría de los elementos clicando en ellos para seleccionarlos y pulsando luego la tecla F1.

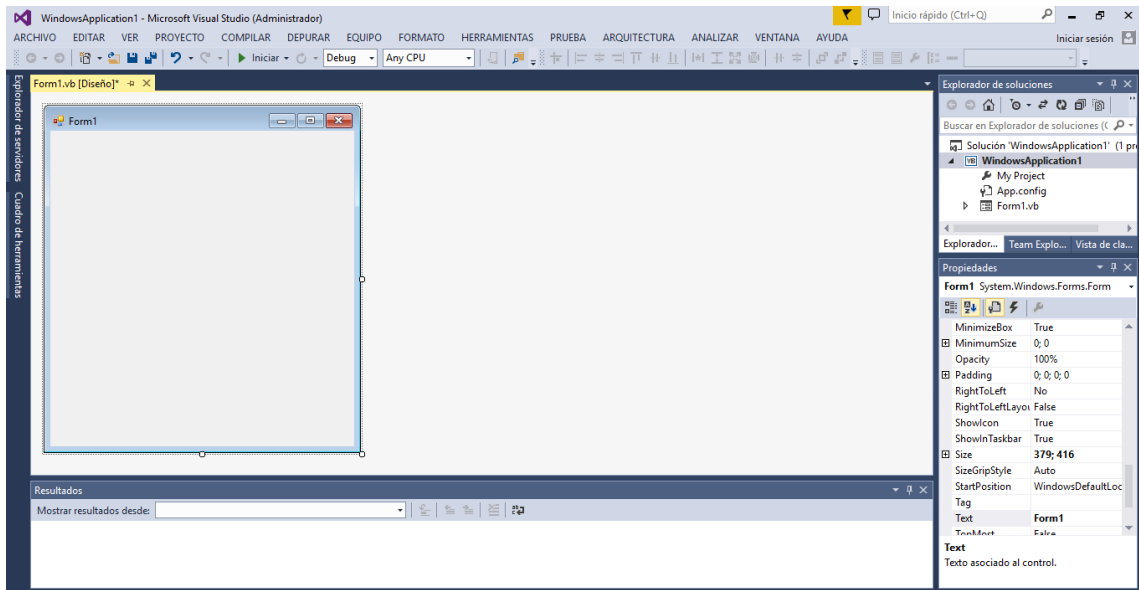


Figura 15: Entorno Visual Basic. (Fuente: Propia).

### La barra de menús y las barras de herramientas

La barra de menús de Visual Basic resulta similar a la de cualquier otra aplicación de Windows, tal y como aparece en la Figura 16. Bajo dicha barra aparecen las barras de herramientas, con una serie de botones que permiten acceder fácilmente a las opciones más importantes de los menús. En Visual Basic existen cuatro barras de herramientas: Debug, Edit, Form Editor y Standard.

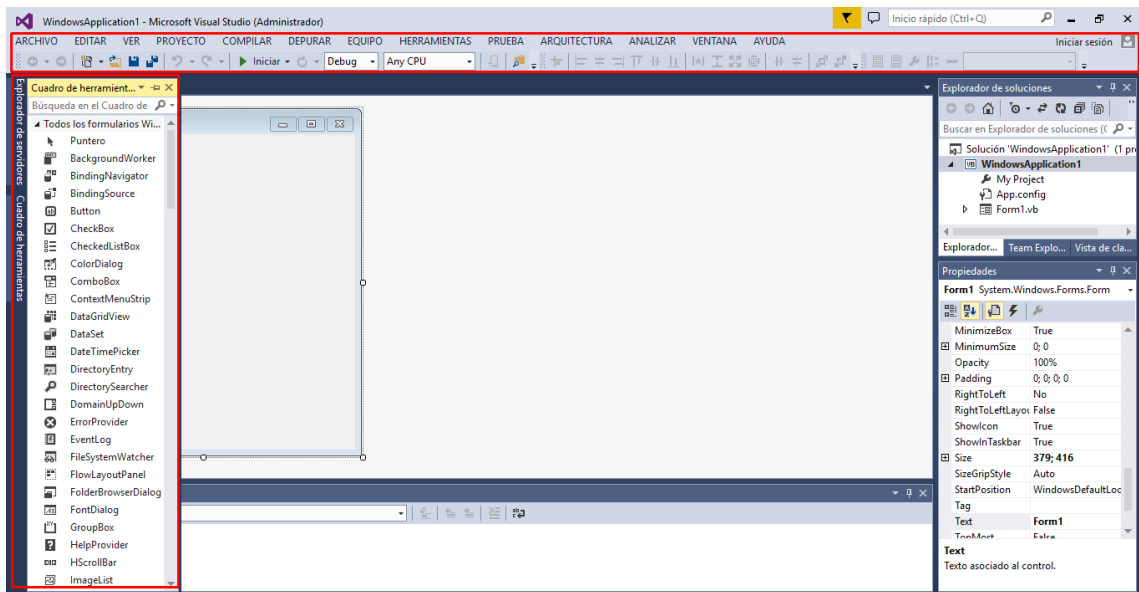


Figura 16: Barra de menús y barra de herramientas (Fuente: Propia).

## Las Herramientas (toolbox)

La Figura 17 muestra la caja de herramientas, que incluye los controles con los que se puede diseñar la pantalla de la aplicación. Estos controles son por ejemplo botones, etiquetas, cajas de texto, zonas gráficas, etc. Para introducir un control en el formulario simplemente hay que clicar en el icono adecuado de la toolbox y colocarlo en el formulario con la posición y el tamaño deseado, clicando y arrastrando con el ratón. Clicando dos veces sobre el icono de un control aparece éste en el centro del formulario y se puede modificar su tamaño y/o trasladar con el ratón como se desee. El número de controles que pueden aparecer en esta ventana varía con la configuración del sistema.

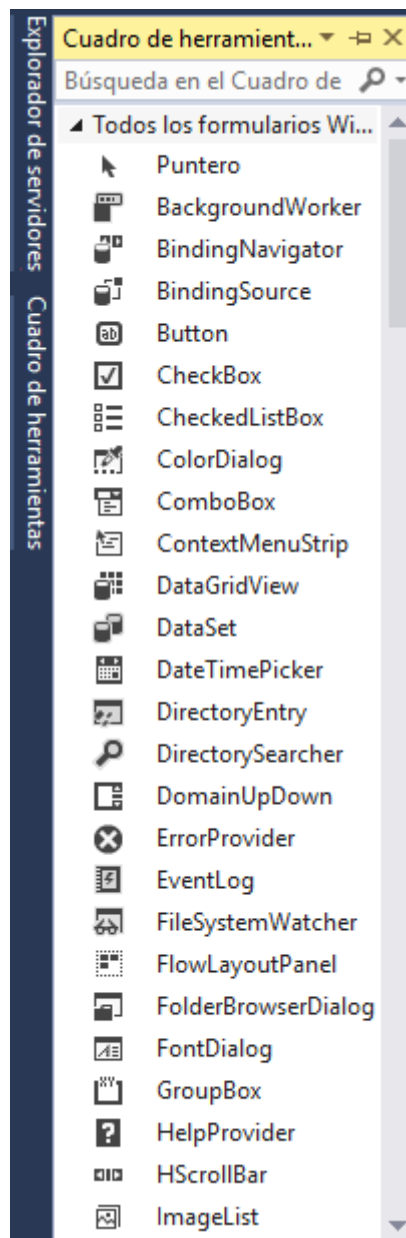


Figura 17: Caja de herramientas en Visual Basic (Fuente: Propia).

### **Formularios (forms) y Módulos**

Los formularios son las zonas de la pantalla sobre las que se diseña el programa y sobre las que se sitúan los controles o herramientas de la toolbox. Al ejecutar el programa, el form se convertirá en la ventana de la aplicación, donde aparecerán los botones, el texto, los gráficos, etc. Para lograr una mejor

presentación existe una malla o retícula (grid) que permite alinear los controles manualmente de una forma precisa (evitando tener que introducir coordenadas continuamente). Esta malla sólo será visible en el proceso de diseño del programa; al ejecutarlo no se verá.

### **La ventana de Proyecto (project)**

Esta ventana, mostrada en la Figura 18, permite acceder a los distintos formularios y módulos que componen el proyecto. Desde ella se puede ver el diseño gráfico de dichos formularios (botón View Object), y también permite editar el código que contienen (botón View Code). Estos botones están situados en la parte superior de la ventana, debajo de la barra de títulos.

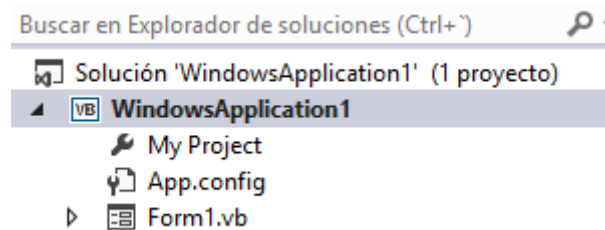


Figura 18: Ventana de proyecto en Visual Basic (Fuente: Propia).

## **8. OBJETIVOS**

### **8.1. General**

Determinar la confiabilidad del método Italo Latino Americano para el cálculo de hietogramas de diseño en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche.

### **8.2. Específicos**

- Elaborar el software denominado: “HydroIIA”, para la automatización del método Italo Latino Americano, haciendo uso del lenguaje de programación “Visual Basic”.
- Calcular los hietogramas de diseño por el método Italo-Latino Americano usando el programa “HydroIIA”, de las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán - Cuenca Moche.
- Calcular los hietogramas de diseño en base al registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán - Cuenca Moche.
- Contrastar los hietogramas de diseño calculados por el método Italo-Latino Americano haciendo uso del programa “HydroIIA” y los obtenidos en base al registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche.

## **9. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

### **9.1. Hipótesis**

El porcentaje de confiabilidad del Método Italo Latino Americano para el cálculo de hietogramas de diseño en las estaciones pluviométricas de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche será de un 80%.



## **9.2. Variables**

### **9.2.1 Independientes:**

- Registro histórico de precipitaciones máximas anuales en 24 horas.
- Periodo de retorno (en años).
- Duración de la lluvia (en horas o minutos)
- Intervalos de tiempo de la duración de la lluvia (horas o minutos)
- Altitud de la estación pluviométrica.
- Ubicación de la zona y sub zona pluviométrica.
- Factor “n” de sub zona pluviométrica

### **9.2.2 Dependientes:**

- Hietogramas de diseño obtenidos en base al método ILLA.
- Hietogramas de diseño obtenidos a partir de registros históricos de precipitaciones máximas anuales en 24 horas, en las estaciones pluviométricas de Quiruvilca, Salpo y Julcán.

## **10. METODOLOGÍA**

### **10.1. Hietogramas de Diseño a Partir de Datos de Precipitaciones Máximas mensuales en 24 Horas.**

#### **A. Ubicación del Area de Estudio**

Los tesisistas han seleccionado analizar la parte alta de la cuenca Moche, en específico las estaciones pluviométricas de Qiruvilca, Salpo, Julcán y Otuzco. Esta delimitación hecha corresponde también con el área que abarca la sub zona 5a-7 propuesta por el método ILLA (ver figura 11), el detalle de esta selección y el mapa de delimitación se puede observar en la figura 33, que corresponde al desarrollo del tema.

## **B. Selección de las estaciones Pluviométricas**

Para la selección de las estaciones pluviométricas, se siguieron tres criterios:

- Que las estaciones se encuentren dentro de los distritos de Quiruvilca, Salpo, Julcán y Otuzco (cueca moche parte alta).
- Que se encuentren dentro de la sub zona 5a-7 propuesta por el método IILA.
- Que sus periodos de registro superen los 30 años de observación.

## **C. Recopilación de la Información Pluviométrica**

Se obtuvo el registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas mensualizado de las estaciones: Quiruvilca, Salpo y Julcán; Todo esto gracias al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

Los periodos de registros de cada estación fueron:

- Para la estación Quiruvilca desde 1965 hasta el año 2010.
- Para la estación Salpo desde 1963 hasta el año 2010.
- Para la estación Julcán desde 1963 hasta 2011.

## **D. Selección de la estación Patrón o Índice**

Se realizó un tratamiento a la información inicial dada por el SENAMHI, eliminando años con poco registro y homogenizando los años de registro para las tres estaciones en estudio, con el fin de elaborar el análisis gráfico de doble masa y seleccionar así la estación patrón, para complementar este análisis se utilizó el software “Hydracces” que utiliza el concepto de vector regional para determinar la estación patrón.

## **E. Completación de la información faltante en los registros históricos**

Obtenida la estación índice, se procedió a completar la data faltante para algunos años de las estaciones Quiruvilca y Julcán, para ello se utilizó los métodos de completación de: “media y desviación estándar” y “regresión lineal simple”.

#### **F. Analisis de Consistecia: Saltos**

Completada la información en todas las estaciones, se procedió a realizar un análisis de saltos con el fin de identificar y corregir errores sistématicos u ocurridos por la intervención de la mano del hombre, para ello se hizo uso de un análisis gráfico mediante hidrogramas y otro numérico aplicando las pruebas estadísticas de T student y F de Fisher para la consistencia a la media y a la desviación estándar respectivamente.

#### **G. Análisis de Tendencias: A la media y Desviación Estándar.**

Teniendo la información libre de saltos se procedió a analizar sus tendencias a la media y desviación estándar, haciendo para ello uso de el concepto de regresión lineal y de la prueba de T student para evaluar si cumplen con ambas tendencias. En este paso solo se hizo la evaluación mas no la corrección debido a que los datos variaban notablemente respecto a la data inicial.

#### **H. Periodos de Retorno Asignados**

Analizada, completada y corregida en algún caso la data pluviométrica inicial de precipitaciones máximas mensualizadas, se procedió a obtener las precipitaciones máximas anuales de cada estación, luego de ello se consideró analizar periodos de retorno con números de años bajos, así como aquellos con número de años altos, los periodos de retorno seleccionados fueron: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años.

#### **I. Las Funciones de Distribución de Probabilidad Asignadas**

Como se dijo en el marco teórico, de las múltiples funciones de probabilidad que nos da la estadística, solo se escogieron aquellas que son más usadas en la hidrología, las cuales son: Función Normal, Función Log Normal, Función Gumbel, Función Log Gumbel, Función Pearson o Gamma 3 parámetros y la Función Log Pearson.

## **J. Pruebas de Ajuste Utilizadas**

Las pruebas que se usaron:

- La de ajuste gráfico, donde se graficará en el eje de las abscisas la probabilidad empírica y en las ordenadas la probabilidad acumulada calculada, la función de mejor ajuste será la que más acerque a la forma de una recta.
- La prueba de Kolmogorov-smirnov, que tiene ventaja sobre la de chi cuadrado ya que compara datos estadísticos sin necesidad de agruparlos.

## **K. Obtención de las precipitaciones máximas para cada periodo de retorno.**

Seleccionado la función de distribución de probabilidad con mejor ajuste, hallamos en función a su periodo de retorno la precipitación máxima en 24 horas de diseño.

## **L. Disgregación de la lluvia máxima en precipitaciones e intensidades parciales, de acuerdo a los factores seleccionados.**

De los diversos métodos de disgregación, seleccionamos aquel que se ajustó más a la realidad hidrológica y climática de la zona.

## **M. Regresión lineal múltiple para la obtención matemática de Curvas I-D-F.**

Se realizó la regresión múltiple de las variables: tiempo de retorno, duración e intensidad. Con el objetivo de obtener la ecuación matemática de las curvas I-D-F, esto se realiza con cada estación de estudio.

## **N. Obtención de Hietogramas de diseño utilizando las curvas I-D-F, método de bloques alternos.**

Con las curvas IDF obtenidas de cada estación, se procedió a obtener sus hietogramas con el método de bloque alternos, cada periodo de retorno tiene un hietograma de diseño específico.

## **10.2. Hietogramas de Diseño Obtenidos Aplicando El Método Italo Latino Americano, Senamhi Y Uni.**

### **A. Ubicación del proyecto y definición de zona y subzona pluviométrica.**

En base a la ubicación del proyecto, se definió una zona y subzona que propone el método ILLA (ver figura 11), que para nuestro caso es la subzona 5a-7.

### **B. Duración de la lluvia**

Se definió una duración de lluvia, necesaria para decidir cuál de las dos ecuaciones de intensidad usar, si la ec. 2.40 o la ec. 2.41, para ambas la duración de lluvia no debe superar las 24 horas.

### **C. Definir los parámetros de zona pluviométrica y sub zona pluviométrica**

Al haberse asignado la subzona pluviométrica implícitamente se obtiene también su ley de variación " $\epsilon_g$ " (véase la tabla 7), que depende o bien de la altitud, o de la distancia al mar o en su defecto de la distancia a la cordillera. Asimismo, se definió el factor  $K_g$  característico de cada zona pluviométrica (véase la tabla 7), ambos factores definieron la distribución de probabilidad de lluvia. Por último, se definió el valor de "n" (véase la tabla 8) propio de cada subzona pluviométrica y de los años de registro, el valor de "a" se calculará automáticamente en base a la ecuación 2.43.

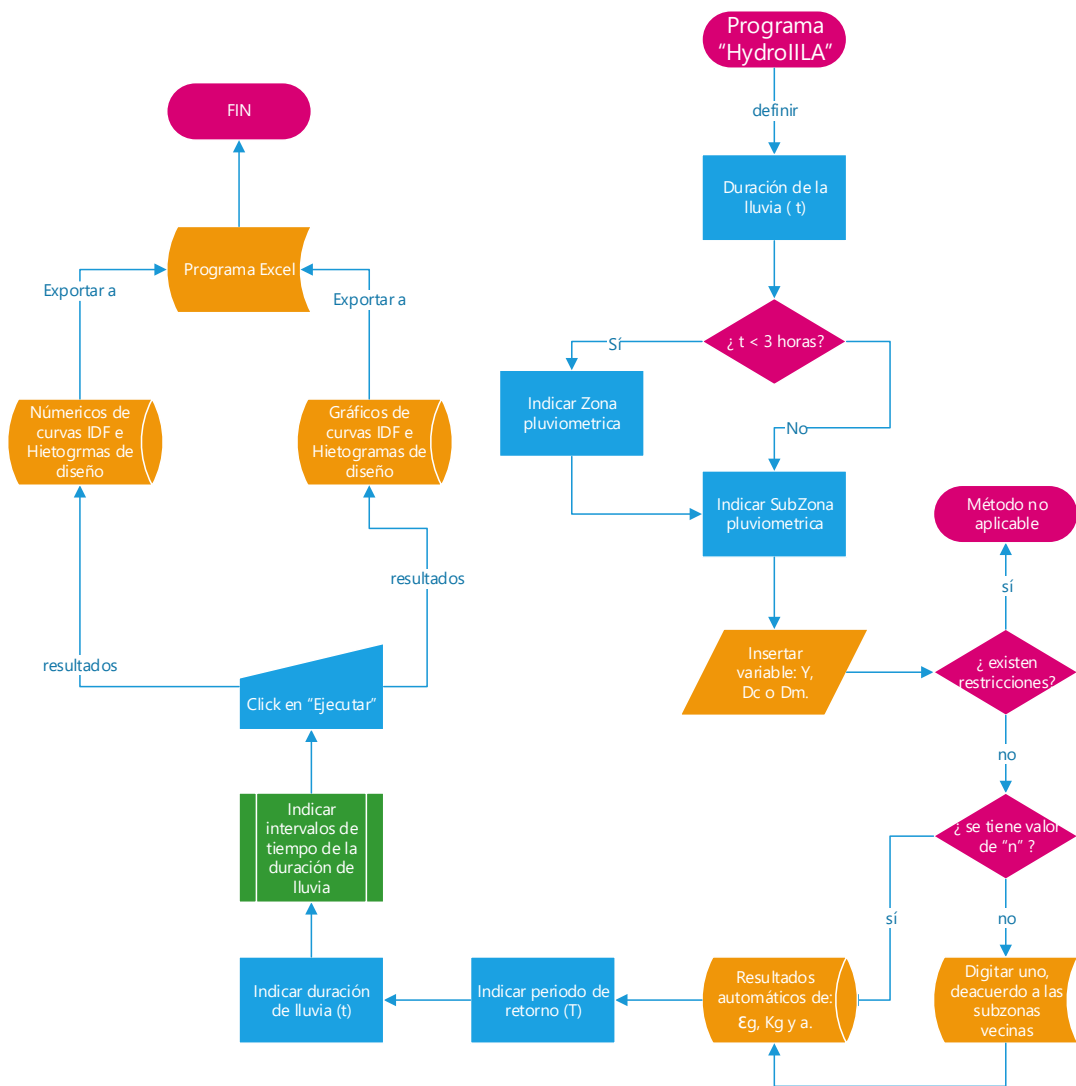
### **D. Ecuación de Intensidad definida y Curvas I-D-F**

De los parámetros anteriores obtenidos además se asignó una duración en horas y un periodo de retorno determinado en años, con esto se obtuvo los valores de intensidad (véase ec. 2.40 y ec. 2.41). A cada ecuación obtenida se le asignó diferentes periodos de retorno que fueron: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años; Así como intervalos de duración de la lluvia en horas. Con estos datos se pudo obtener y graficar las curvas IDF.

**E. Obtención de Hietogramas de diseño utilizando las curvas I-D-F, método de bloques alternos.**

De las curvas IDF obtenidas de cada estación con el método IILA, se procedió a obtener sus hietogramas mediante el método de bloque alternos, cada periodo de retorno tiene un hietograma de diseño específico.

**10.3. Flujograma para el cálculo de hietogramas de diseño haciendo uso del programa “HydroIILA”**



Flujograma que muestra el uso del programa “HydroIILA” en la obtención de hietogramas de diseño. Fuente: Propia

## 11. DESARROLLO

### CÁPITULO I

#### DESARROLLO DEL PROGRAMA HYDROIIILA

En la automatización del método Italo-Latino Americano se usó el lenguaje de programación “Visual Basic” con la finalidad de crear el software que los tesisistas denominamos “HydroIIILA”. A continuación, se detallará paso a paso el proceso de programación que se desarrolló.

#### Creación Del Formulario

En Visual Basic se creó el formulario “HydroIIILA V1.0.” Aquí se insertaron las herramientas necesarias para la programación e interfaz del programa.

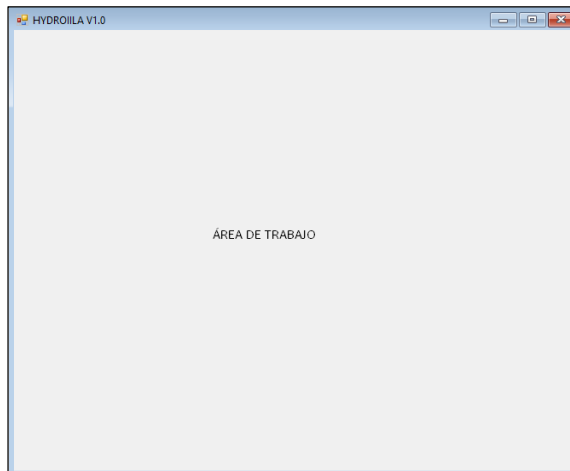


Figura 19: Ventana de creación del formulario (Fuente: Propia).

#### Duración De La Precipitación

Es la primera variable en análisis que permitirá definir la fórmula de Intensidad a usarse. Para tal fin se crearon dos botones de elección, uno para  $t < 3$  horas y otro cuando  $t \geq 3$  horas, según sea el caso se podrá visualizar en la parte derecha la fórmula de intensidad correspondiente. Tal como se representa en la figura 20 y 21.

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN

t < 3h

t >= 3h

$$i_{(t,T)} = a(1 + K_g \text{Log}T)(t + b)^{n-1}$$

Figura 20: Duración de la precipitación menor a tres horas. (Fuente: Propia).

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN

t < 3h

t >= 3h

$$i_{(t,T)} = a(1 + K_g \text{Log}T)t^{n-1}$$

Figura 21: Duración de la precipitación mayor e igual a tres horas. (Fuente: Propia).

**Código:**

```
Private Sub rbMenor_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles rbMenor.CheckedChanged
    cbZona.Enabled = True
    cbSubzona.Enabled = False
    cbZona.Focus()
    pbmayor.Visible = False
    pbmenor.Visible = True
    clear()
End Sub
```

```
Private Sub rbtMayor_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles rbtMayor.CheckedChanged
    cbSubzona.Enabled = True
    cbZona.Enabled = False
    cbZona.Focus()
    pbmayor.Visible = True
    pbmenor.Visible = False
    clear()
End Sub
```



## Datos De Entrada

Los datos de entrada dependerán de la fórmula establecida para el cálculo de la intensidad.

### Zona y Subzona:

**Cuando  $t < 3h$** , se activará la opción “zona” y aparecerá un cuadro desplegable con las tres zonas establecidas por el método ILLA, Costa Centro y Sur, Sierra y Costa Norte y Selva, para tal fin se insertó un comboBox que contenga dicha clasificación, tal como se puede apreciar en la figura 22.

The screenshot shows a software interface with two main sections. The top section is titled "DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN" and contains two radio buttons: "t < 3h" (which is selected) and "t >= 3h". To the right of these buttons is a text box containing the formula: 
$$i_{(t,T)} = a(1 + K_g \text{Log}T)(t + b)^{n-1}$$
. The bottom section is titled "DATOS DE ENTRADA" and contains a label "ZONA" next to a dropdown menu. The dropdown menu is open, showing three options: "Costa centro y sur", "Sierra", and "Costa Norte y Selva".

Figura 22: Creación del comboBox de zonas. (Fuente: Propia)

### Código:

```
Private Sub rbMenor_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles rbMenor.CheckedChanged
    rbMenor.CheckedChanged
    cbZona.Enabled = True
    cbSubzona.Enabled = False
    cbZona.Focus()
    pbmayor.Visible = False
    pbmenor.Visible = True
    clear()
End Sub
```

Una vez elegida la zona en estudio, seguidamente se activará el recuadro de Subzona, donde se deberá determinar aquella donde se encuentre el proyecto en estudio. Para ello también se

creó una lista desplegable conteniendo las 38 subzonas propuestas por el método ILLA. La imagen siguiente lo detalla:

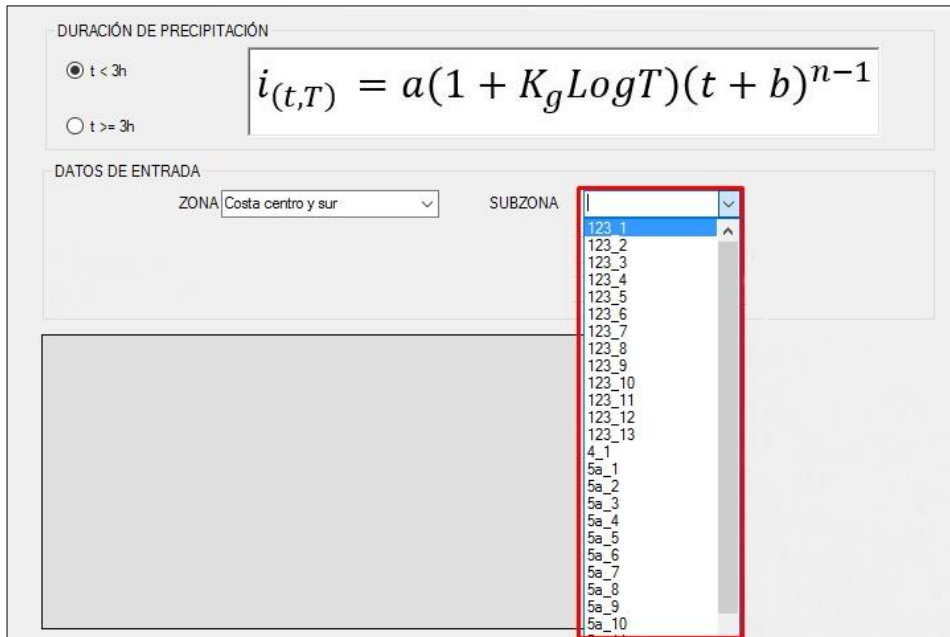


Figura 23: Creción del comboBox de subzonas. (Fuente: Propia).

**Cuando t >= 3h**, se activará directamente la opción “Subzona”.

**Código:**

```
Private Sub rbtMayor_CheckedChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles
rbtMayor.CheckedChanged
cbSubzona.Enabled = True
cbZona.Enabled = False
cbZona.Focus()
pbmayor.Visible = True
pbmenor.Visible = False
clear()
```

End Sub

Una vez fijada la zona y Subzona en estudio, según sea el caso, se activarán los casilleros de los parámetros faltantes u otros cargados por defectos. Se deberá digitar la información solicitada por HydrollLA.

Para definir los datos de entrada restantes como son:

**b, Eg, kg, a y n:** Son factores de la zona y Subzona en análisis.

**Cota:** Elevación sobre el nivel del mar (metros).

**Dc:** Distancia a la cordilla (metros).

**Dm:** Distancia al mar (metros).

**T:** Periodo de retorno (años).

**t:** Duración de la tormenta (minutos).

**Intervalo:** Es el intervalo de tiempo en que se dividirá t.

Se tuvo que insertar para cada valor un textBox, tal como se puede visualizar en la figura 24.

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN

t < 3h

t >= 3h

$$i(t,T) = a(1 + K_g \text{Log} T)t^{n-1}$$

DATOS DE ENTRADA

ZONA  SUBZONA

b =  Eg =  kg =  a =  Cota =  n =

Dc =  Dm =  T =  t (min) =  Intervalo (min) = 5

Figura 24: Creación del textBox de subzonas. (Fuente: Propia).

### Parámetro b:

El valor de “b” depende directamente de la Subzona elegida.

Costa centro y sur = 0.5

Sierra = 0.4

Costa Norte y Selva = 0.2

### **Código:**

```
Private Sub cbZona_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles cbZona.SelectedIndexChanged
    If cbZona.SelectedIndex = 0 Then
        txtB.Text = 0.5

    End If
    If cbZona.SelectedIndex = 1 Then
        txtB.Text = 0.4

    End If
    If cbZona.SelectedIndex = 2 Then
        txtB.Text = 0.2
    End If
    cbSubzona.Enabled = True
    cbSubzona.Focus()
End Sub
```

### **Parámetros Eg, kg, a, n, cota, Dc y Dm:**

La estimación de los valores de Eg, kg, a y n es brindada por el método IILA, tal como se detalla en las tablas 7 y 8, estos dependerán de la Subzona elegida. Algunos valores de Kg dependerán de la cota, Dc y Dm.

Para activar los textBox anteriormente se tuvo que fijar la Subzona en análisis, respectivamente mostrará los parámetros necesarios para digitar como otros por defecto.

### **Código**

#### **Casos:**

```
Private Sub cbSubzona_SelectedIndexChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles cbSubzona.SelectedIndexChanged
    Dim a, eg, kg, n As Decimal
    Dim campos As Boolean
    txtN.Enabled = False
    txtCota.Enabled = False
```

```

txtDc.Enabled = False
txtDm.Enabled = False
txtT.Enabled = True
txtThm.Enabled = True
nudIntervalo.Enabled = True

' clear()
Select Case cbSubzona.SelectedIndex
Case 0 : eg = 85 : kg = 0.553 : a = 32.2 : n = 0.357 : estadocal =
True : txtT.Focus()
Case 1 : campon()
Case 2 : campocota()
Case 3 : campos = True
Case 4 : eg = 24 : kg = 0.553 : n = 0.353 : a = 9.2 : estadocal =
True : txtT.Focus()
Case 5 : eg = 30.5 : kg = 0.553 : n = 0.38 : a = 11 : estadocal =
True : txtT.Focus()
Case 6 : campos = True
Case 7 : eg = 26.6 : kg = 0.553 : n = 0.232 : a = 14 : estadocal =
True : txtT.Focus()
Case 8 : eg = 23.3 : kg = 0.553 : n = 0.242 : a = 12.1 : estadocal
= True : txtT.Focus()
Case 9 : campocota()
Case 10 : campocota()
Case 11 : campon()
Case 12 : eg = 70 : kg = 0.553 : n = 0.432 : a = eg / (15.2 ^ n) :
estadocal = True : txtT.Focus()
Case 13 : campon()
Case 14 : campos = True
Case 15 : txtDc.Enabled = True : txtDc.Clear() : txtDc.Focus()
Case 16 : campos = True
Case 17 : campos = True
Case 18 : campocota()
Case 19 : campos = True
Case 20 : campos = True
Case 21 : campos = True
Case 22 : campos = True
Case 23 : campocota()
Case 24 : campos = True
Case 25 : campos = True
Case 26 : campos = True
Case 27 : campos = True
Case 28 : campos = True
Case 29 : campon()
Case 30 : campos = True

```

```

Case 31 : campos = True
Case 32 : campos = True
Case 33 : txtDc.Enabled = True : txtDc.Clear() : txtN.Enabled =
True : txtN.Clear() : txtN.Focus()
Case 34 : campon()
Case 35 : txtDm.Enabled = True : txtN.Enabled = True :
txtN.Clear() : txtDm.Clear() : txtN.Focus()
Case 36 : txtDm.Enabled = True : txtN.Enabled = True :
txtN.Clear() : txtDm.Clear() : txtN.Focus()
Case 37 : txtDm.Enabled = True : txtN.Enabled = True :
txtN.Clear() : txtDm.Clear() : txtN.Focus()
End Select
If campos = True Then
txtCota.Enabled = True
txtN.Enabled = True
txtN.Clear()
txtCota.Clear()
End If
txtEg.Text = Math.Round(eg, 3)
txtKg.Text = Math.Round(kg, 3)
txtA.Text = Math.Round(a, 3)
    txtN.Text = Math.Round(n, 3)

```

### Desarrollo de Casos:

```

Private Sub Calcular()
Dim y, a, eg, kg, dc, dm As Decimal
If txtCota.Text <> "" Then : y = txtCota.Text : End If
If txtN.Text <> "" Then : n = Convert.ToDecimal(txtN.Text) : End If
If txtDm.Text <> "" Then : dm = txtDm.Text : End If
If txtDc.Text <> "" Then : dc = txtDc.Text : End If
a = 0
Select Case cbSubzona.Text
Case "123_2" : eg = 75 : kg = 0.553 : a = eg / (15.2 ^ n)
Case "123_3" : eg = 100 - (0.022 * y) : kg = 0.553 : n = 0.405 : a
= 37.85 - 0.0083 * y
Case "123_4" : eg = 70 - (0.019 * y) : kg = 0.553
Case "123_7" : eg = (0.006 * y) - 2 : kg = 0.553 : n = Val(txtN.Text)
Case "123_10" : eg = 6 + (0.005 * y) : kg = 0.553 : n = 0.254 : a
= .01 + 0.0025 * y
Case "123_11" : eg = 1 + (0.005 * y) : kg = 0.553 : n = 0.286 : a
= 0.46 + 0.0023 * y
Case "123_12" : eg = 75 : kg = 0.553
Case "4_1" : eg = 20 : kg = 0.861

```

```

Case "5a_1" : If y > 2300 Then : eg = (0.006 * y) - 7.6 : kg = 11 *
(eg ^ -0.85) : End If
Case "5a_2" : eg = 32 - (0.177 * dc) : kg = 11 * (eg ^ -0.85) : n =
0.301 : a = 14.1 - 0.078 * dc
Case "5a_3" : If y > 2300 Then : eg = (0.01 * y) - 13 : kg = 11 *
(eg ^ -0.85) : End If
Case "5a_4" : If y > 1500 Then : eg = 3.8 + 0.0053 * y : kg = 11 *
(eg ^ -0.85) : End If
Case "5a_5" : If y > 2300 Then : eg = (0.007 * y) - 6 : kg = 11 *
(eg ^ -0.85) : End If : n = 0.303 : a = -2.6 + 0.0031 * y
Case "5a_6" : eg = 1.4 + 0.0067 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5a_7" : If y > 2000 Then : eg = (0.007 * y) - 2 : kg = 11 *
(eg ^ -0.85) : End If
Case "5a_8" : eg = 24 + 0.0025 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5a_9" : eg = 9.4 + 0.0067 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5a_10" : eg = 18.8 + 0.0028 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85) : n
= 0.434 : a = 5.8 + 0.0009 * y
Case "5a_11" : eg = 32.4 + 0.004 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5a_12" : eg = 19 + 0.005 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5a_13" : eg = 23 + 0.0143 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5a_14" : eg = 4 + 0.01 * y : kg = 11 * (eg ^ -0.85)
Case "5b_1" : If y > 1000 Then : eg = 4 + (0.01 * y) : kg = 130 *
(eg ^ -1.4) : End If
Case "5b_2" : eg = 41 : kg = 130 * (eg ^ -1.4)
Case "5b_3" : eg = 23 + 0.143 * y : kg = 130 * (eg ^ -1.4)
Case "5b_4" : eg = 32.4 + 0.004 * y : kg = 130 * (eg ^ -1.4)
Case "5b_5" : eg = 9.4 + 0.0067 * y : kg = 130 * (eg ^ -1.4)
Case "6_1" : eg = 30 - 0.5 * dc : kg = 5.4 * (eg ^ -0.6) : txtN.Focus()
Case "9_1" : eg = 61.5 : kg = 22.5 * (eg ^ -0.85)
Case "9_2" : If dm >= 30 And dm <= 110 Then : eg = -4.5 + 0.323
* dm : kg = 22.5 * (eg ^ -0.85) : End If
Case "9_3" : If dm < 110 Then : eg = 31 + 0.475 * (dm - 110) :
End If : kg = 22.5 * (eg ^ -0.85)
Case "10_1" : eg = 12.5 + 0.95 * dm : kg = 1.45
End Select
If a = 0 Then
a = eg / (15.2 ^ n)
End If

txtEg.Text = Math.Round(eg, 3)
txtKg.Text = Math.Round(kg, 3)
txtA.Text = Math.Round(a, 3)
txtN.Text = Math.Round(n, 3)

```

### **Periodo de Retorno (T):**

El textBox que representa al periodo de retorno se configuró de digitalización libre y número entero.

#### **Código:**

```
Private Sub txtT_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles txtT.TextChanged
```

```
End Sub
```

### **Duración de la Tormenta (t):**

Este textBox que representa la duración de la tormenta o lluvia, se configuró de digitalización libre y se expresa en minutos.

#### **Código:**

```
Private Sub txtThm_TextChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles txtThm.TextChanged
```

```
txtTh.Text = Val(txtThm.Text) / 60
```

```
End Sub
```

### **Intervalo:**

Este textBox de intervalo, se configuró de digitalización libre y se expresa en minutos, teniendo como máximo valor en su data 60 minutos.

#### **Código:**

```
Private Sub nudIntervalo_ValueChanged(sender As Object, e As EventArgs) Handles nudIntervalo.ValueChanged
```

```
txtIntervalo.Text = Val(nudIntervalo.Value) / 60
```

```
End Sub
```

### **Matriz De Resultados**

La fórmula de intensidad de precipitación propuesta por método IILA permitió definir la matriz de resultados la cual presenta 7 columnas, el



número de filas se determinó en base a la duración de la tormenta y el intervalo de tiempo. El área de la matriz de trabajo se puede observar en la figura 25, es representada mediante un datagridview.

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN

t < 3h

t >= 3h

$$i_{(t,T)} = a(1 + K_g \text{Log} T)t^{n-1}$$

DATOS DE ENTRADA

ZONA  SUBZONA

b =  Eg =  kg =  a =  Cota =  n =

Dc =  Dm =  T =  t (min) =  Intervalo (min) =

ÁREA DE LA MATRIZ DEFINIDA

Figura 25: Área de la matriz de resultados. (Fuente: Propia).

En la columna 1 se apreciará el número de datos (n), columna 2 la duración de la tormenta en incrementos según el intervalo de tiempo (min), columna 3 la intensidad de la lluvia (mm/hr), columna 4 el valor de la precipitación (mm), columna 5 la diferencia de precipitaciones (pi-pi), columna 6 la intensidad parcial y por último en la columna 7 el valor del hietograma según el método de los bloques alternados, tal como se muestra en la figura 26.

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN

t < 3h  
 t >= 3h

$$i_{(t,T)} = a(1 + K_g \text{Log}T)(t + b)^{n-1}$$

DATOS DE ENTRADA

ZONA Costa Norte y Selva SUBZONA 123\_1

b = 0.2 Eg = 85 kg = 0.553 a = 32.2 Cota = n = 0.357

Dc = Dm = T = 100 t (min) = 120 Intervalo (min) = 5

	n	t(min)	i(mm/hr)	P(mm)	pi-pi(mm)	Int. Par	Prec. Alt
▶	1	5	152.58	12.71	12.71	152.58	1.48
	2	10	129.27	21.54	8.83	106.01	1.58
	3	15	113.32	28.33	6.79	81.47	1.71
	4	20	101.59	33.86	5.53	66.4	1.85
	5	25	92.54	38.56	4.7	56.36	2.03
	6	30	85.29	42.65	4.09	49.04	2.27
	7	35	79.34	46.28	3.63	43.6	2.57
	8	40	74.35	49.57	3.29	39.43	3
	9	45	70.09	52.57	3	35.94	3.63

Figura 26: Generación de valores en la matriz de resultados. (Fuente: Propia).

**Código:**

```
Private Sub dgvLista_CellContentClick(sender As Object, e As
DataGridViewCellEventArgs) Handles dgvLista.CellContentClick
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button2.Click
```

```
Dim itemp As Decimal
```

```
txtIntervalo.Text = nudIntervalo.Value / 60
```

```
If Val(txtT.Text) > 0 And Val(txtThm.Text) > 0 Then
```

```
If estadocal = False Then
```

```
Call Calcular()
```

```
estadocal = True
```

```
End If
```

```
a = txtA.Text
```

```
kg = txtKg.Text
```

```
TH = txtTh.Text
```

```
If txtN.Text <> "" Then : n = txtN.Text : End If
```

```
If txtB.Text <> "" Then : b = txtB.Text : End If
```

```

intr = Convert.ToDecimal(txtIntervalo.Text)
'intr = txtIntervalo.Text
T = Math.Log10(Val(txtT.Text))
nf = Math.Round(TH / intr)
itemp = Val(txtThm.Text) / nf
intr = itemp / 60
txtIntervalo.Text = intr
pipi1 = 0
dgvLista.ColumnCount = 7
dgvLista.RowCount = nf
dgvLista.RowHeadersWidth = 70
f1 = 0
f11 = 1
If nf Mod 2 = 0 Then
f2 = (nf / 2) - 1
f22 = (nf / 2)
Else
txtnftempo.Text = nf / 2
f2 = Convert.ToInt16(Val(txtnftempo.Text))
f22 = Convert.ToInt16(Val(txtnftempo.Text)) + 1
End If

```

```

If rbMenor.Checked = True Then
pipi = a * ((1 + kg * T)) * (intr + b) ^ (n - 1)
For f = 0 To nf - 1

```

```

fila = f
Call llenar_matriz()
'Inicio llenar matriz

```

```

'Fin llenar Matriz
Next
Elseif rbtMayor.Checked = True Then
pipi = TH * (a * (1 + kg * T) * (TH ^ (n - 1)))
For f = 0 To nf - 1
fila = f
Call llenar_matriz()

```

```

'Fin llenar matriz
Next
End If
For f = 0 To nf - 1

```

```

Me.dgvLista.AutoSizeColumnsMode =
DataGridViewAutoSizeColumnMode.AllCells

```

```

Me.dgvLista.Columns(0).Name = "n"
Me.dgvLista.Columns(1).Name = "t(min)"
Me.dgvLista.Columns(2).Name = "i(mm/hr)"
Me.dgvLista.Columns(3).Name = "P(mm)"
Me.dgvLista.Columns(4).Name = "pi-pi(mm)"
Me.dgvLista.Columns(5).Name = "Int. Par"
Me.dgvLista.Columns(6).Name = "Prec. Alt"
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(0).Value = matriz(f, 0).ToString
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(1).Value = matriz(f, 7).ToString
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(2).Value = matriz(f, 2).ToString
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(3).Value = matriz(f, 3).ToString
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(4).Value = matriz(f, 4).ToString
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(5).Value = matriz(f, 5).ToString
Me.dgvLista.Rows(f).Cells(6).Value = matriz(f, 6).ToString
Next
Desactivar()
rbMenor.Enabled = False
rbtMayor.Enabled = False
btmGraficar.Enabled = True
btmExportar.Enabled = True
Else
MsgBox("Falta datos para realizar los cálculos",
MsgBoxStyle.Critical)
End If
End Sub

```

### Botón Ejecutar

El botón ejecutar, denominado button2 permitirá realizar todos los cálculos concernientes a la data de la matriz. Si faltase llenar algún dato de entrada, el programa no realizará el cálculo referente y abortará.

### Código:

```

Private Sub Button2_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles Button2.Click
Dim itemp As Decimal
txtIntervalo.Text = nudIntervalo.Value / 60
If Val(txtT.Text) > 0 And Val(txtThm.Text) > 0 Then
If estadocal = False Then
Call Calcular()
estadocal = True
End If
a = txtA.Text

```

```

kg = txtKg.Text
TH = txtTh.Text
If txtN.Text <> "" Then : n = txtN.Text : End If
If txtB.Text <> "" Then : b = txtB.Text : End If
End Sub

```

### Botón Gráficos

El button “gráficos” permitió graficar el hietograma de diseño y la curva IDF en base a la matriz de data generada.

#### Código:

```

Private Sub Graficar_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles btmGraficar.Click
Dim TH, intr, nf, l, pr, t, tvi As Decimal
If dgvLista.RowCount.ToString > 1 Then
TH = Convert.ToDecimal(txtTh.Text)
intr = Convert.ToDecimal(txtIntervalo.Text)
nf = TH / intr
For l = 0 To (nf - 1)
pr = matriz(l, 6).ToString
t = matriz(l, 1).ToString
tvi = matriz(l, 2).ToString
frmGraficos.chrBarras.Series("Series1").Points.AddXY(t, pr)
frmGraficos.chrCurva.Series("Series1").ChartType =
DataVisualization.Charting.SeriesChartType.Spline
frmGraficos.chrCurva.Series("Series1").Points.AddXY(t, tvi)
Next
frmGraficos.Show()
Else
MsgBox("No hay registros para Gráficar", MsgBoxStyle.Critical)
End If

End Sub

```

### Botón Exportar

El button “exportar” permitió exportar la matriz de data a una hoja en Excel, a su vez programado para que grafique los hietogramas de diseño y las curvas IDF directamente en Excel. Este botón solo se activará cuando se haya ejecutado la información.

### **Código 1:**

```
Private Sub btmExportar_Click(sender As Object, e As
EventArgs) Handles btmExportar.Click
If dgvLista.RowCount.ToString > 1 Then
GridAExcel(dgvLista)
Else
MsgBox("No hay registros para Exportar", MsgBoxStyle.Critical)
End If

End Sub
```

### **Código 2:**

```
Public Function GridAExcel(ByVal DGV As DataGridView) As
Boolean

'Creamos las variables
Dim final, inicio, ini_fin, iniciob, finalb As String
Dim exApp As New Microsoft.Office.Interop.Excel.Application
Dim exLibro As Microsoft.Office.Interop.Excel.Workbook
Dim exHoja As Microsoft.Office.Interop.Excel.Worksheet
Dim Rango As Microsoft.Office.Interop.Excel.Range
Dim oChart As Microsoft.Office.Interop.Excel.Chart
Dim oSeries As Microsoft.Office.Interop.Excel.Series
Try
exLibro = exApp.Workbooks.Add
exHoja = exLibro.Worksheets.Add()

' ¿Cuántas columnas y cuántas filas?
Dim NCol As Integer = DGV.ColumnCount
Dim NRow As Integer = DGV.RowCount
'recorremos todas las filas, y por cada fila todas las columnas
'y vamos escribiendo.

'Grafico en excel
inicio = "G1" : final = "G" + Convert.ToString(NRow + 1) : ini_fin =
"G1" + ":" + final
iniciob = "B2" : finalb = Convert.ToString("B" +
Convert.ToString(NRow + 1))
Rango = exHoja.Range(ini_fin)
oChart = exHoja.Parent.Charts.Add()
With oChart
```

```

.ChartWizard(Rango, Excel.XIChartType.xl3DColumn, ,
Excel.XIRowCol.xlColumns)
oSeries = .SeriesCollection(1)
.SeriesCollection(1).name = " (mm)"
oSeries.XValues = exHoja.Range("B2", "B625652")
.HasTitle = True
.ChartTitle.Characters.Font.Size = 12
.ChartTitle.Text = "HIETOGRAMA"
.SeriesCollection(1).Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(145, 145,
245)
.SeriesCollection(1).Format.Line.ForeColor.RGB = RGB(145,
145, 245)
.Location(Excel.XIChartLocation.xlLocationAsObject,
exHoja.Name)
End With

```

```

Dim Axis2 As Excel.Axis =
CType(exApp.ActiveChart.Axes(Excel.XIAxisType.xlCategory,
Excel.XIAxisGroup.xlPrimary), Excel.Axis)
With Axis2
.HasTitle = True 'Se agrega el título , sin recuadro
.AxisTitle.Text = "Minutos" 'Se da nombre al rótulo
.AxisTitle.Characters.Font.Italic = True 'Fuente del título
.AxisTitle.Characters.Font.Size = 10 'Tamaño de la fuente
.AxisTitle.Characters.Font.Color = Color.Blue 'Color de la fuente
del título
.HasMajorGridlines = True 'Líneas de grilla verticales
.TickLabels.Font.Color = RGB(0, 0, 0) 'Color de la fuente del
rótulo
End With
'Colores de grafico
With exHoja.ChartObjects(1)
.Name = "HIETOGRAMA"
.Chart.ChartTitle.Format.Line.Visible = True 'se hace visible el
marco del titulo
' .Chart.ChartTitle.Format.Line.ForeColor.RGB = RGB(127, 115,
210) 'color del marco del titulo
'' .Chart.ChartTitle.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(172, 209,
242) 'color del fonfo del titulo
.Chart.PlotArea.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(255, 255,
255) 'color del area de trazado
.Chart.ChartArea.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(133, 171,
227) 'color del area del grafico

```

```

.Chart.Legend.Format.Line.Visible = True 'se hace visible el
marco de la leyenda
.Chart.Legend.Format.Line.ForeColor.RGB = RGB(250, 250,
250) 'color del marco de la leyenda
.Chart.Legend.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(250, 250, 250)
'color del fondo de la leyenda
End With
'Posicion
With exHoja.Shapes.Item("HIETOGRAMA")
.Top = exHoja.Rows(2).Top
Left = exHoja.Columns(10).Left
End With
'Tamaño
With exHoja.ChartObjects("HIETOGRAMA")
.Width = 350
.Height = 200
End With

'Grafico de Curva IDF
inicio = "" : final = "" : ini_fin = ""
inicio = "C1"
final = "C" + Convert.ToString(NRow + 1)
ini_fin = "C1" + ":" + final
Rango = exHoja.Range(ini_fin)
oChart = exHoja.Parent.Charts.Add()
With oChart
.ChartWizard(Rango, Excel.XIChartType.xlLine, ,
Excel.XIRowCol.xlColumns)
oSeries = .SeriesCollection(1)
.SeriesCollection(1).name = "(mm/hr)"
oSeries.XValues = exHoja.Range("B2", finalb)
.HasTitle = True
.ChartTitle.Characters.Font.Size = 12
.ChartTitle.Text = "CURVA IDF"
.SeriesCollection(1).Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(1, 145,
245)
.SeriesCollection(1).Format.Line.ForeColor.RGB = RGB(145,
145, 245)
.Location(Excel.XIChartLocation.xlLocationAsObject,
exHoja.Name)
End With

Dim Axis3 As Excel.Axis =
CType(exApp.ActiveChart.Axes(Excel.XIAxisType.xlCategory,
Excel.XIAxisGroup.xlPrimary), Excel.Axis)

```



```

With Axis3
.HasTitle = True 'Se agrega el título , sin recuadro
.AxisTitle.Text = "Minutos" 'Se da nombre al rótulo
.AxisTitle.Characters.Font.Italic = True 'Fuente del título
.AxisTitle.Characters.Font.Size = 10 'Tamaño de la fuente
.AxisTitle.Characters.Font.Color = Color.Blue 'Color de la fuente
del título
.HasMajorGridlines = True 'Líneas de grilla verticales
.TickLabels.Font.Color = RGB(0, 0, 0) 'Color de la fuente del
rótulo
End With
'Colores de grafico
With exHoja.ChartObjects(2)
.Name = "IDF"

.Chart.ChartTitle.Format.Line.Visible = True 'se hace visible el
marco del titulo
.Chart.ChartTitle.Format.Line.ForeColor.RGB = RGB(127, 115,
210) 'color del marco del titulo
''.Chart.ChartTitle.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(172, 209,
242) 'color del fonfo del titulo
.Chart.PlotArea.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(255, 255,
255) 'color del area de trazado
.Chart.ChartArea.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(133, 171,
227) 'color del area del grafico
.Chart.Legend.Format.Line.Visible = True 'se hace visible el
marco de la leyenda
.Chart.Legend.Format.Line.ForeColor.RGB = RGB(250, 250,
250) 'color del marco de la leyenda
.Chart.Legend.Format.Fill.ForeColor.RGB = RGB(250, 250, 250)
'color del fondo de la leyenda
End With
'Posicion
With exHoja.Shapes.Item("IDF")
.Top = exHoja.Rows(18).Top
.Left = exHoja.Columns(10).Left
End With
'Tamaño
With exHoja.ChartObjects("IDF")
.Width = 350
.Height = 200
End With

For i As Integer = 1 To NCol
exHoja.Cells.Item(1, i) = DGV.Columns(i - 1).Name.ToString

```

```
Next
Dim dato As Double
For Fila As Integer = 0 To NRow - 1
For Col As Integer = 0 To NCol - 1
dato = DGV.Rows(Fila).Cells(Col).Value
exHoja.Cells.Item(Fila + 2, Col + 1) = dato
```

```
Next
```

```
'Titulo en negrita, Alineado
exHoja.Rows.Item(1).Font.Bold = 1
exHoja.Rows.Item(1).HorizontalAlignment = 3
exHoja.Columns.AutoFit()
'para visualizar el libro
exApp.Application.Visible = True
exHoja = Nothing
exLibro = Nothing
exApp = Nothing
```

```
Catch ex As Exception
MsgBox(ex.Message, MsgBoxStyle.Critical, "Error al exportar a
Excel")
```

```
Return False
End Try
Return True
End Function
```

### **Botón Limpiar**

El button “limpiar” se programó con la finalidad que al terminar un proceso de cálculo y se desee hacer otro nuevo, este permitirá limpiar todos los registros visualizados en la pantalla y poder iniciar un nuevo proyecto.

#### **Código:**

```
Private Sub Button3_Click(sender As Object, e As EventArgs)
Handles btnLimpiar.Click
rbMenor.Checked = False
rbtMayor.Checked = False
dgvLista.Columns.Clear()
clear()
```

```
Desactivar()  
estadocal = False  
cbSubzona.Enabled = False  
cbZona.Enabled = False  
rbMenor.Enabled = True  
rbtMayor.Enabled = True  
  
End Sub
```

### **Botón Calculadora**

El button “calculadora” permitirá mostrar la calculadora de Windows como una herramienta de ayuda.

#### **Código:**

```
Private Sub btnCalculadora_Click(sender As Object, e As  
EventArgs) Handles btnCalculadora.Click  
Calculadora = Process.Start("calc.exe")  
End Sub
```

### **Botón Salir**

El button “salir” permitirá cerrar el programa HydrollLA.

#### **Código:**

```
Private Sub btnSalir_Click(sender As Object, e As EventArgs)  
Handles btnSalir.Click  
SplashScreen1.Close()  
Me.Close()  
End Sub
```

### **Cuadro De Imagen De Autoria**

Este pictureBox muestra en pantalla la autoría y asesoría en la creación del programa HydrollLA V1.0.

Los botones descritos con anterioridad se pueden visualizar en la figura 27.



Figura 27: Botón ejecutar, exportar, limpiar, calculadora, salir y la imagen de autoría. (Fuente: Propia).

### Herramientas

El toolStripmenuItem “herramientas” contiene las opciones de calculadora y exportación a Excel.

#### Código:

```
Private Sub HERRAMIENTASToolStripMenuItem_Click(sender  
As Object, e As EventArgs) Handles  
HERRAMIENTASToolStripMenuItem.Click
```

```
End Sub
```

### Ayudas

El toolStripmenuItem “ayudas” contiene el mapa de las subzonas de la división del Perú en formato kmz y jpg, a su vez se puede encontrar la descripción “acerca del programa”, tal como se puede apreciar en la figura 28.

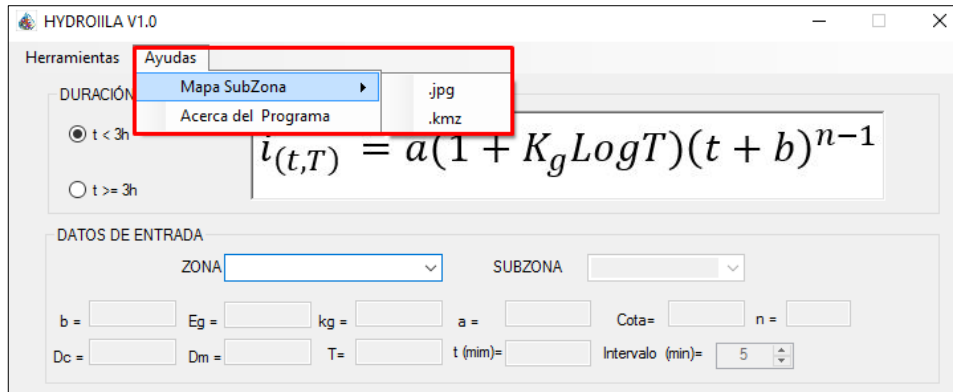


Figura 28: Generación de la pestaña de “ayudas”. (Fuente: Propia).

### Código:

```
Private Sub AyudasToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles AyudasToolStripMenuItem.Click
```

```
End Sub
```

### Mapa de Subzonas

El toolStripmenuItem “mapa subzonas” contiene la opción de jpg y kmz.

### Código JPG:

```
Private Sub JpgToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles JpgToolStripMenuItem.Click
    frmMapajpg.Show()
End Sub
```

### Código KMZ:

```
Private Sub KmzToolStripMenuItem_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles KmzToolStripMenuItem.Click
    'kmz
    Process.Start("D:\Pthydroiila\pjhydroiila\imagenes\IILA_MAPA.kmz")
    kmz = Process.Start("C:\Pthydroiila\IILA_MAPA.kmz")
End Sub
```

## Acerca del Programa

El formulario “acerca del programa” describe la funcionalidad de HydroIIILA, los autores y los asesores que contribuyeron a la creación del software, tal como se aprecia en la figura 29.

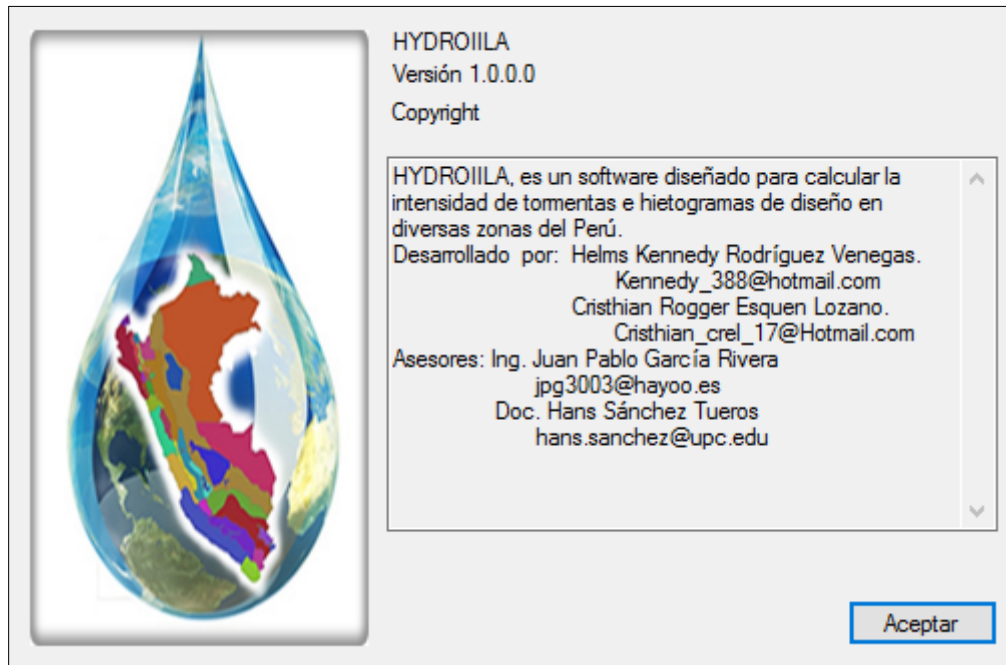


Figura 29: Formulario “acerca del programa” (Fuente: Propia).

### Código:

```
Private Sub  
AcercaDelProgramaToolStripMenuItem_Click(sender As Object,  
e As EventArgs) Handles  
AcercaDelProgramaToolStripMenuItem.Click  
AboutBox1.Show()  
End Sub
```

### Ventana De Bienvenida

Esta venta fue configurada para que se mostrara al momento de ejecutar el programa, tal como se muestrea en la figura 30.



Figura 30: Ventana de bienvenida al programa (Fuente: propia).

**Código:**

```
Private Sub SplashScreen1_Load(ByVal sender As Object,
ByVal e As System.EventArgs) Handles Me.Load
```

```
Timer1.Start()
End Sub
```

**Icono**

En la figura 31 se presenta el ícono diseñado por los tesisas para el programa HydroIIILA.



Figura 31: Icono del programa (Fuente: Propia).

## Interfaz De Hydroiila V1.0

En la figura 32 se presenta la interfaz de HydroILLA V1.0, la cual presenta las siguientes características:

- 1: Herramientas y Ayudas.
- 2: Duración de la Precipitación.
- 3: Datos de Entrada.
- 4: Matriz de Resultados.
- 5: Botones de procesamiento de datos.

HYDROILLA V1.0

Herramientas Ayudas 1

DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN 2

t < 3h

t >= 3h

$$i(t,T) = a(1 + K_g \text{Log} T)(t + b)^{n-1}$$

DATOS DE ENTRADA 3

ZONA Costa centro y sur SUBZONA 123\_1

b = 0.5 Eg = 85 kg = 0.553 a = 32.2 Cota = n = 0.357

Dc = Dm = T = 100 t (min) = 120 Intervalo (min) = 5

	n	t(min)	i(mm/hr)	P(mm)	pi-pi(mm)	Int. Par	Prec. Alt
▶	1	5	95.9	7.99	7.99	95.9	1.6
	2	10	88.01	14.67	6.68	80.14	1.7
	3	15	81.59	20.4	5.73	68.74	1.84
	4	20	76.25	25.42	5.02	60.19	2
	5	25	71.72	29.88	4.46	53.54	2.18
	6	30	67.81	33.91	4.03	48.32	2.42
	7	35	64.41	37.57	3.66	43.96	2.72
	8	40	61.41	40.94	3.37	40.47	3.12
	9	45	58.75	44.06	3.12	37.46	3.66

Ejecutar Graficos

Exportar Limpiar

Salir

Autores:  
-Helms K. Rodríguez Venegas  
-Cristhian R. Esquen Lozano

Asesores:  
-Ing. Juan P. García Rivera  
-Doc. Hans Sánchez Tueros

Figura 32: Interfaz del programa y características. (Fuente: Propia).

## Compilación

Fue el último paso de la creación de “HydroILLA V1.0”, este proceso sirvió para convertir nuestro proyecto realizado en Visual Basic en un ejecutable e instalable para Windows.



## CÁPITULO II

### FASE PRELIMINAR

#### Ubicación del Proyecto

En un inicio se definió el área de estudio, eligiéndose la parte alta de la cuenca moche, que a abarca los distritos de Quiruvilca, Salpo, Julcán y Otuzco. Además, se verificó que los distritos mencionados se encuentran dentro de una misma subzona pluviométrica planteada por el método IILA en base a su mapa de subzonas (véase figura 11), siendo esta la sub zona 5a-7 y por ende dentro de la zona 5a; Por último, para este análisis también se verificó que dentro de los distritos seleccionados existan registros de precipitaciones otorgados por los pluviómetros de la zona. La ubicación de las estaciones pluviométricas del estudio dentro de la cuenca Moche y la delimitación de subzonas vecinas se puede apreciar en el mapa siguiente:

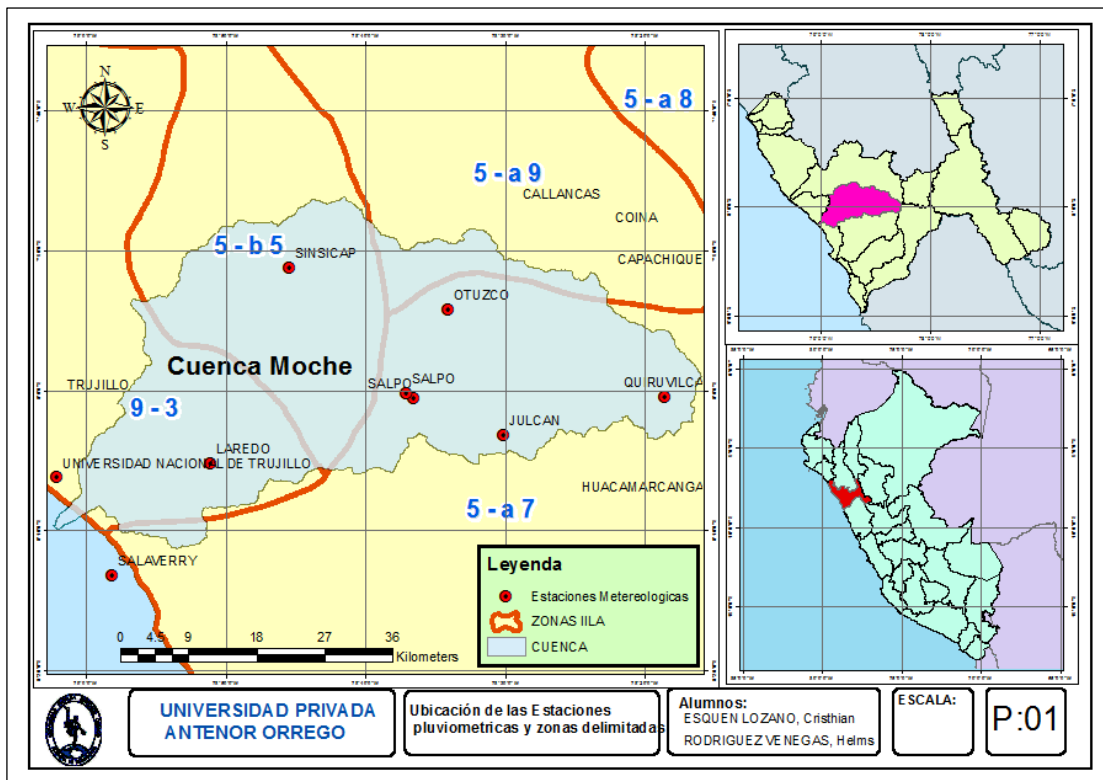


Figura 33: Mapa de ubicación de las estaciones y división de las subzonas vecinas. (Fuente: Propia).

De lo dicho anteriormente y en base al mapa de la figura 33, se tiene:

Tabla II. 1 Ubicación geográfica de las estaciones en estudio.

ESTACIONES	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	CUENCA	SUB-ZONA
<b>Quiruvilca</b>	-8.007676°	-78.309879°	3993	Moche	5A - 7
<b>Julcan</b>	-8.053452°	-78.502164°	3448	Moche	5A - 7
<b>Salpo</b>	-8.008785°	-78.609278°	3412	Moche	5A - 7
<b>Otuzco</b>	-7.903452°	-78.568832°	2659	Moche	5A - 7

Fuente: Propia

### Selección de Las Estaciones Pluviométricas

A parte de la ubicación de los pluviómetros mostrada en la fase anterior, se procedió a realizar un criterio más de selección, que estuvo basado en el periodo de años de registro de cada pluviómetro, la bibliografía nos dice que debe ser mayor a 30 años para poder realizar un correcto análisis de distribución, por lo que se tuvo:

Tabla II. 2 Periodos de registro de las estaciones en estudio.

Estación	Desde	Hasta	N° años de registro
<b>QUIRUVILCA</b>	1966	2009	44
<b>SALPO</b>	1964	2009	46
<b>JULCAN</b>	1963	2011	49
<b>OTUZCO</b>	1964	1979-1993	17

Fuente: Propia

En base al criterio y lo mostrado por la tabla 12, se escogieron solo las estaciones de Quiruvilca, Salpo y Julcán; Dejando de lado a la estación Otuzco.

**CAPITULO III**  
**HIETOGRAMAS DE DISEÑO APLICANDO EL MÉTODO ITALO-LATINO-**  
**AMERICANO, SENAMHI Y UNI**

**Estación Quiruvilca**

**A. Ubicación del proyecto y definición de zona y subzona pluviométrica.**

La estación Quiruvilca se encuentra ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de la Libertad. Sus coordenadas geográficas son: Latitud de 8° 00' 27", Longitud de 78° 18' 35" y a una altitud de 3993 m.s.n.m. Estos datos son suficientes para elegir la sub zona y zona pluviométrica en base al método IILA.

**Ubicación de las coordenadas en el programa:**

En la interfaz del programa "HydroIILA" se muestra la pestaña ayuda, que contiene un archivo jpg. Que corresponde a la imagen de las zonas y sub zonas pluviométricas y un archivo con extensión Kmz. Que permite visualizar las zonas y subzonas pluviométricas en el programa Google earth.

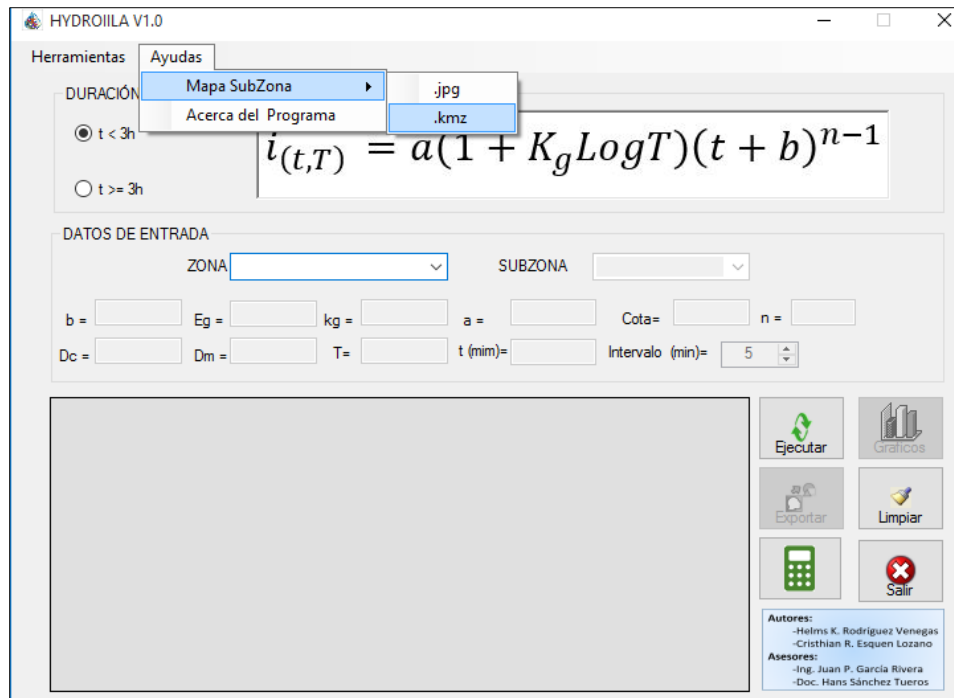


Figura 34: Visualización de la ruta para obtener los mapas de subzonas pluviométricas (Fuente: Propia).

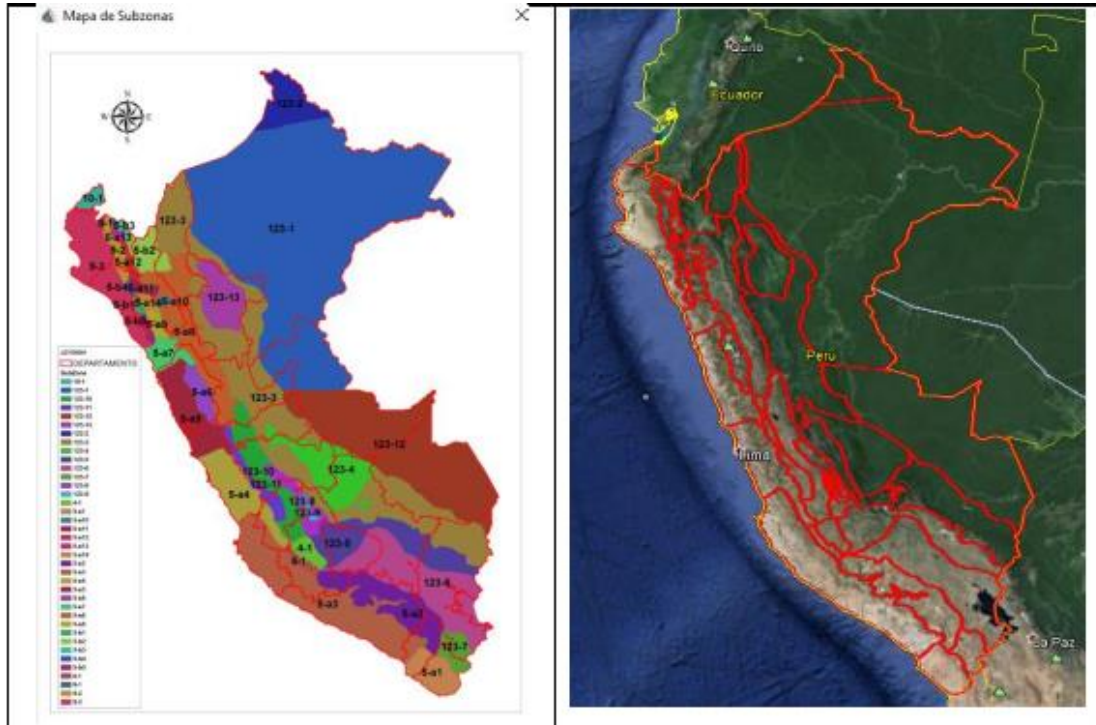


Figura 35: Imagen del mapa de las 38 subzonas pluviométricas en formatos jpg y kmz. (Fuente: Propia).

Al abrir el archivo Kmz, solo nos queda insertar las coordenadas de la estación Quiruvilca, ubicándola como se puede observar en la siguiente imagen:

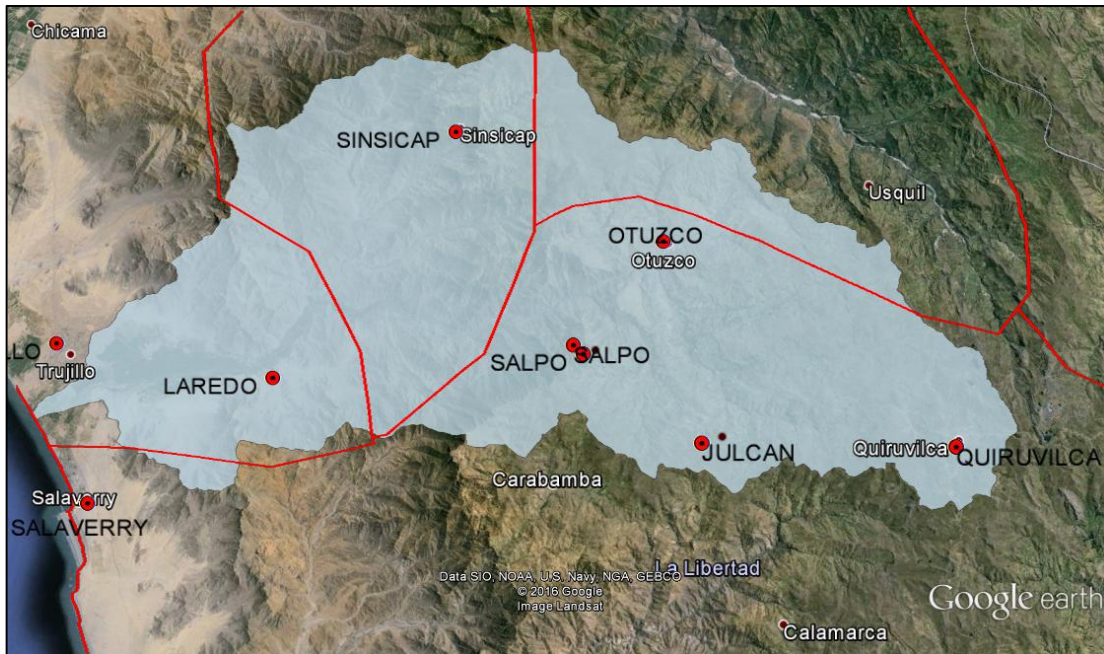


Figura 36: Imagen satelital de las estaciones pluviométricas en el programa google earth. (Fuente: Propia).

Con este procedimiento queda definida la zona y subzona pluviométrica, las cuales para el presente estudio son: zona 5a y sub zona 5a-7

**Nota:** En lo sucesivo, para las demás estaciones en estudio se obviará este paso por ser redundante.

#### **B. Duración de la lluvia**

Este parámetro se define según los episodios de lluvia que se registran en las estaciones, para nuestro estudio hemos considerado usar una lluvia de 24 horas de duración y con intervalos de tiempo de una hora.

#### **C. Parámetros de zona pluviométrica y sub zona pluviométrica**

Al conocerse la duración de lluvia de 24 horas, se selecciona la opción “ $t \geq 3h$ ”, y automáticamente se activará el casillero desplegable de subzonas,

eligiéndose la subzona 5a 7, tal como se muestra resaltada en la siguiente imagen:

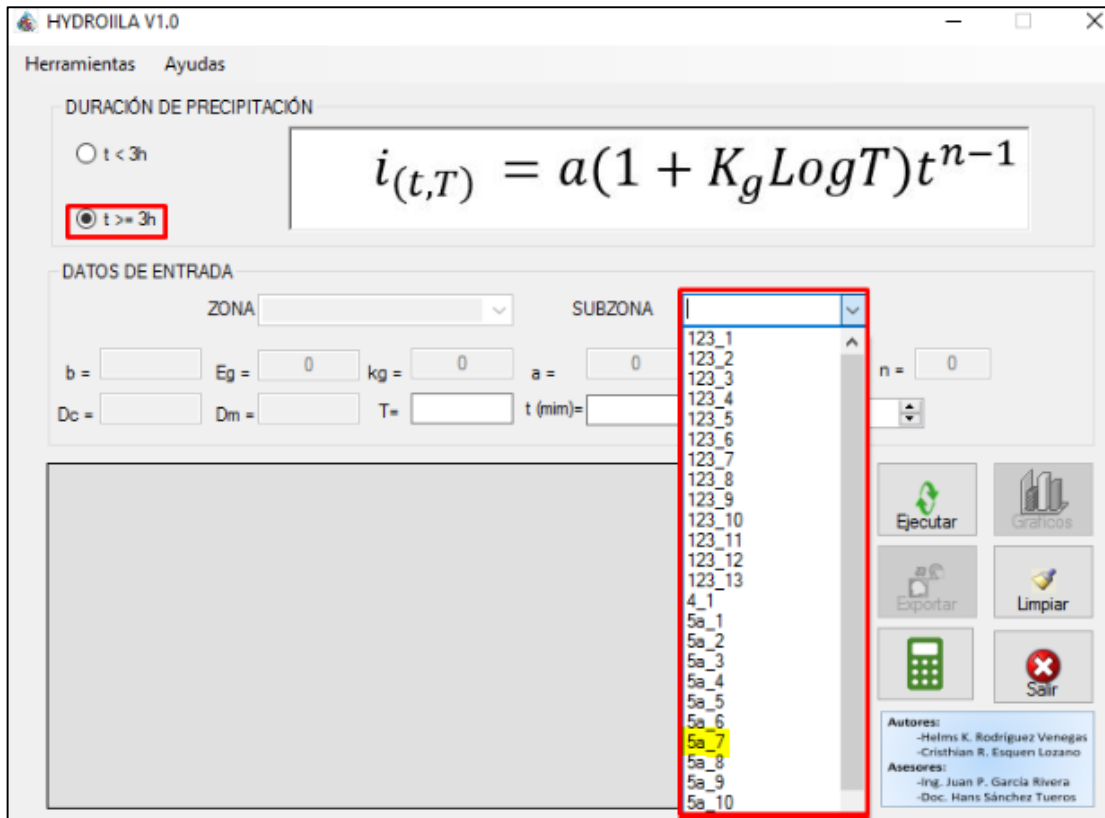


Figura 37: Selección de la subzona pluviométrica 5a-7 en el programa “HydroILLA” (Fuente: Propia).

Para esta subzona (véase tabla 7), el programa automáticamente nos pide el valor de altitud de la estación el cual es de: 3993 m.s.n.m.; Es necesario además digitalizar el valor de “n”, cuyo valor en función al promedio de las subzonas vecinas (5a- 5 y 5a-10) es de 0.33; Por último, llenamos los tres últimos casilleros de “T” (periodo de retorno), la duración de la tormenta y los intervalos de tiempo, parámetros que ya han sido definidos. En adelante para el cálculo el único parámetro que será variable es el periodo de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Digitados estos parámetros la interfaz se observará de la siguiente manera:

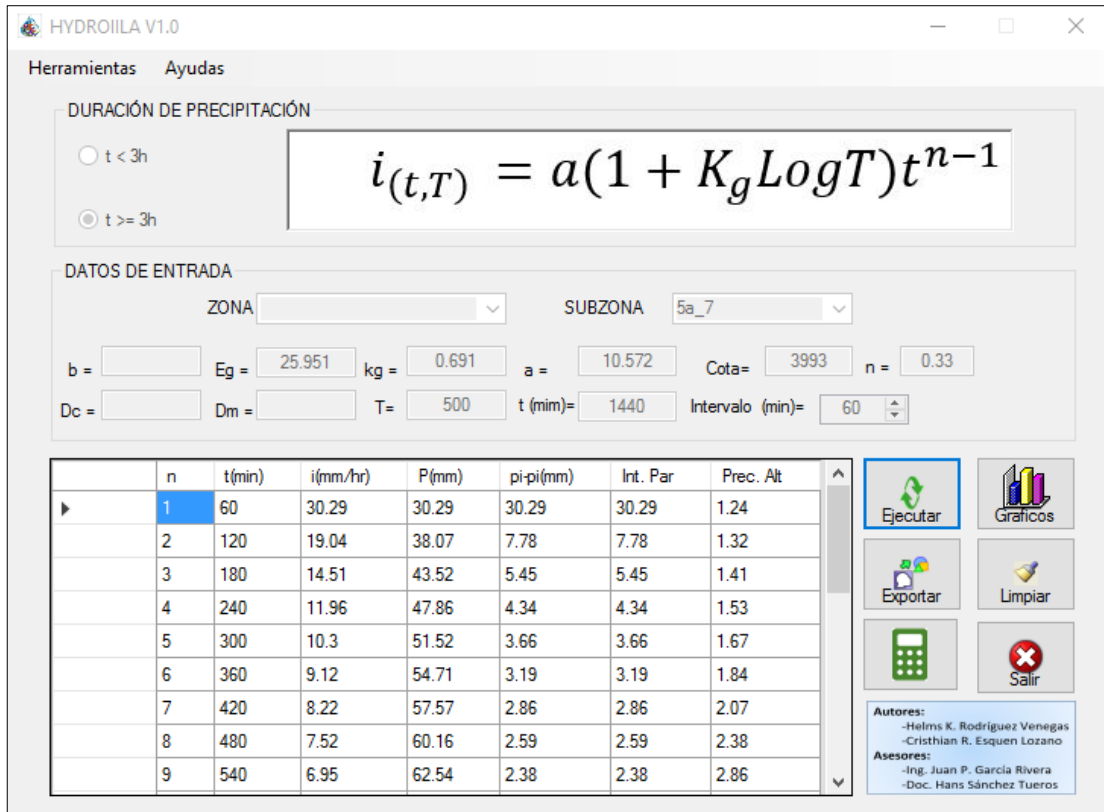


Figura 38: Resultados mostrados en la interfaz del programa “HydroILLA” para la estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

#### D. Curvas IDF y Hietogramas de diseño

Se mostrarán los resultados numéricos de las curvas IDF y el hietograma de diseño del programa “HydroILLA” en formato Excel, obtenidos al hacer click en la opción “exportar”; Los gráficos serán propios del programa, obtenidos al hacer click en la opción “Gráficos”. Los resultados se mostrarán para cada periodo de retorno.

**Para T: 500 años:**

Tabla III. 1 Valores de Hietograma de diseño por método IILA para un T: 500 años, estación Quiruvilca.

n	t(min)	i(mm/hr)	P(mm)	pi-pi(mm)	Int. Par	Prec. Alt
1	60	30.29	30.29	30.29	30.29	1.24
2	120	19.04	38.07	7.78	7.78	1.32
3	180	14.51	43.52	5.45	5.45	1.41
4	240	11.96	47.86	4.34	4.34	1.53
5	300	10.3	51.52	3.66	3.66	1.67
6	360	9.12	54.71	3.19	3.19	1.84
7	420	8.22	57.57	2.86	2.86	2.07
8	480	7.52	60.16	2.59	2.59	2.38
9	540	6.95	62.54	2.38	2.38	2.86
10	600	6.48	64.76	2.22	2.22	3.66
11	660	6.08	66.83	2.07	2.07	5.45
12	720	5.73	68.77	1.94	1.94	30.29
13	780	5.43	70.61	1.84	1.84	7.78
14	840	5.17	72.36	1.75	1.75	4.34
15	900	4.94	74.03	1.67	1.67	3.19
16	960	4.73	75.62	1.59	1.59	2.59
17	1020	4.54	77.15	1.53	1.53	2.22
18	1080	4.37	78.62	1.47	1.47	1.94
19	1140	4.21	80.03	1.41	1.41	1.75
20	1200	4.07	81.4	1.37	1.37	1.59
21	1260	3.94	82.72	1.32	1.32	1.47
22	1320	3.82	84	1.28	1.28	1.37
23	1380	3.71	85.24	1.24	1.24	1.28
24	1440	3.6	86.45	1.21	1.21	1.21

Fuente: Propia



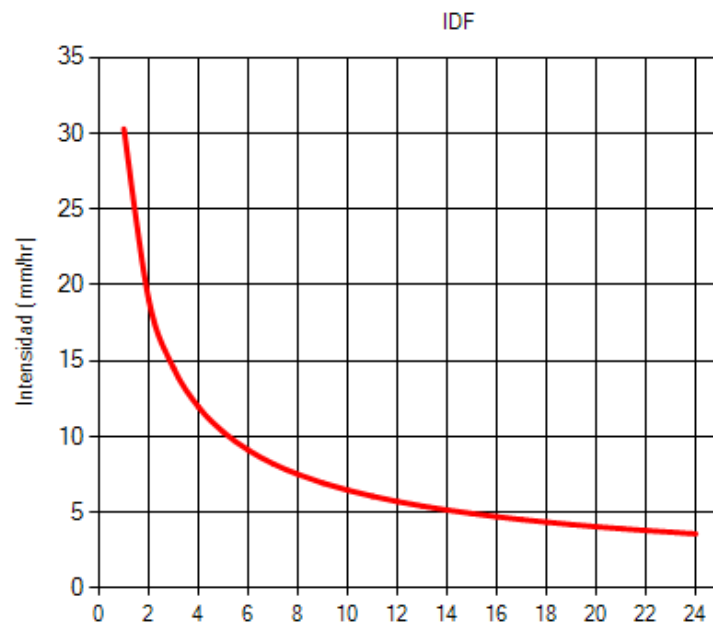


Gráfico 1: Curva IDF, para un T: 500 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

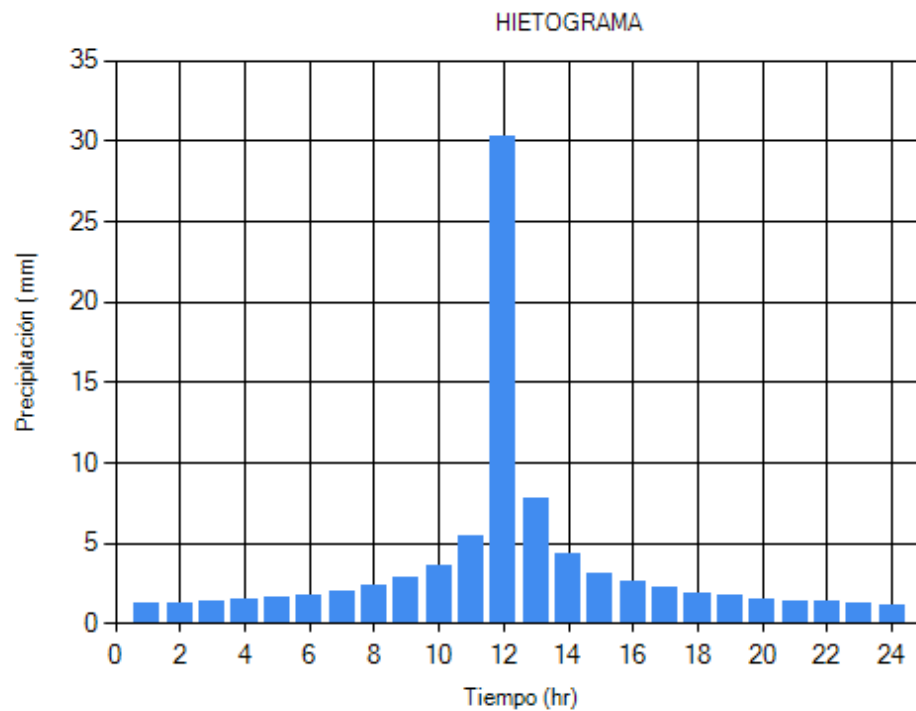


Gráfico 2: Hietograma de diseño, para un T: 500 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

**Para T: 100 años**

Tabla III. 2 Valores de Hietograma de diseño para un T: 100 años, estación Quiruvilca.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	25.18	25.18	25.18	25.18	1.03
2	120	15.83	31.65	6.47	6.47	1.1
3	180	12.06	36.19	4.54	4.54	1.18
4	240	9.95	39.79	3.6	3.6	1.27
5	300	8.57	42.83	3.04	3.04	1.39
6	360	7.58	45.49	2.66	2.66	1.53
7	420	6.84	47.86	2.37	2.37	1.72
8	480	6.25	50.02	2.16	2.16	1.98
9	540	5.78	52	1.98	1.98	2.37
10	600	5.38	53.84	1.84	1.84	3.04
11	660	5.05	55.56	1.72	1.72	4.54
12	720	4.76	57.18	1.62	1.62	25.18
13	780	4.52	58.71	1.53	1.53	6.47
14	840	4.3	60.16	1.45	1.45	3.6
15	900	4.1	61.55	1.39	1.39	2.66
16	960	3.93	62.87	1.32	1.32	2.16
17	1020	3.77	64.14	1.27	1.27	1.84
18	1080	3.63	65.36	1.22	1.22	1.62
19	1140	3.5	66.54	1.18	1.18	1.45
20	1200	3.38	67.68	1.14	1.14	1.32
21	1260	3.28	68.78	1.1	1.1	1.22
22	1320	3.17	69.84	1.06	1.06	1.14
23	1380	3.08	70.87	1.03	1.03	1.06
24	1440	2.99	71.87	1	1	1

Fuente: Propia

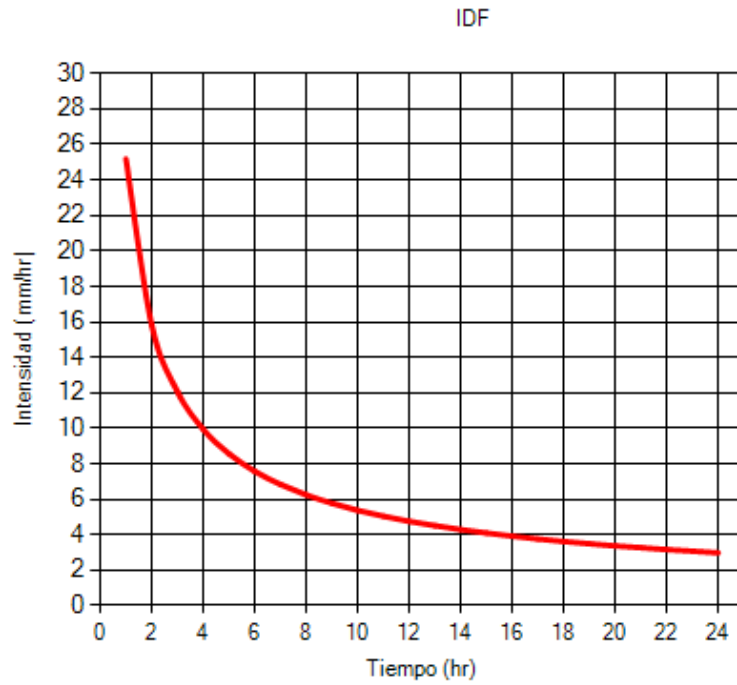


Gráfico 3: Curva IDF, para un T: 100 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

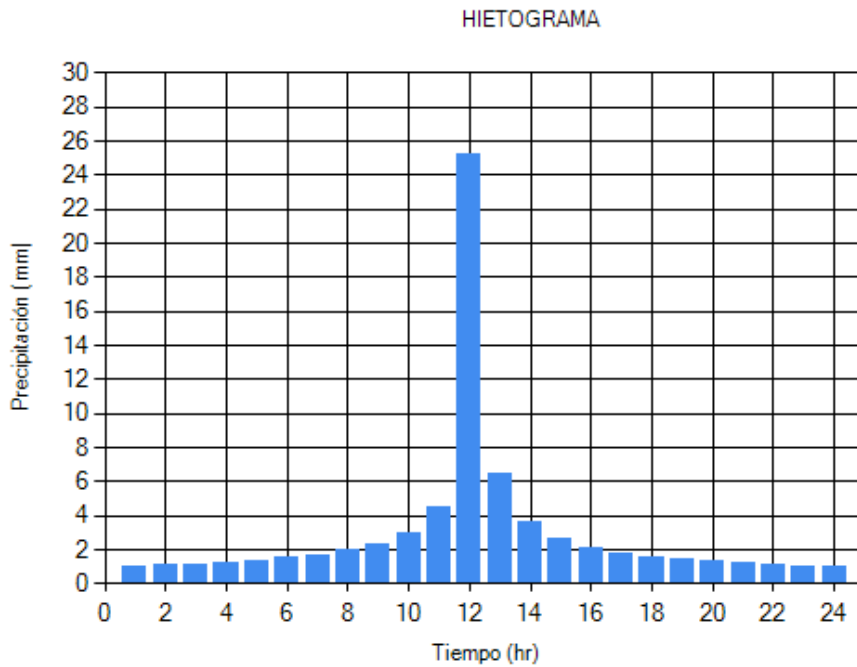


Gráfico 4: Hietograma de diseño, para un T: 100 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

**Para T: 50 años**

Tabla III. 3 Valores de Hietograma de diseño para un T: 50 años, estación Quiruvilca.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	22.98	22.98	22.98	22.98	0.94
2	120	14.45	28.89	5.91	5.91	1
3	180	11.01	33.03	4.14	4.14	1.07
4	240	9.08	36.32	3.29	3.29	1.16
5	300	7.82	39.09	2.77	2.77	1.26
6	360	6.92	41.51	2.42	2.42	1.4
7	420	6.24	43.68	2.17	2.17	1.57
8	480	5.71	45.65	1.97	1.97	1.81
9	540	5.27	47.46	1.81	1.81	2.17
10	600	4.91	49.14	1.68	1.68	2.77
11	660	4.61	50.71	1.57	1.57	4.14
12	720	4.35	52.18	1.47	1.47	22.98
13	780	4.12	53.58	1.4	1.4	5.91
14	840	3.92	54.91	1.33	1.33	3.29
15	900	3.74	56.17	1.26	1.26	2.42
16	960	3.59	57.38	1.21	1.21	1.97
17	1020	3.44	58.54	1.16	1.16	1.68
18	1080	3.31	59.66	1.12	1.12	1.47
19	1140	3.2	60.73	1.07	1.07	1.33
20	1200	3.09	61.77	1.04	1.04	1.21
21	1260	2.99	62.77	1	1	1.12
22	1320	2.9	63.74	0.97	0.97	1.04
23	1380	2.81	64.68	0.94	0.94	0.97
24	1440	2.73	65.6	0.92	0.92	0.92

Fuente: Propia

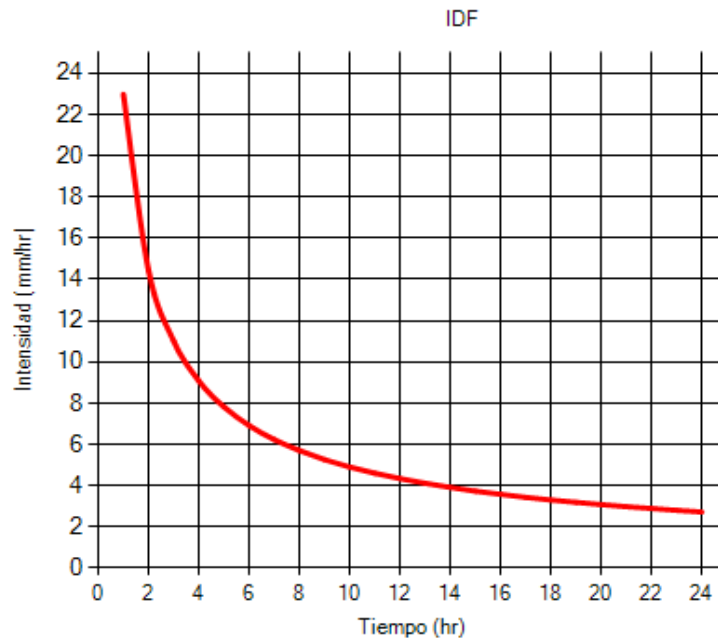


Gráfico 5: Curva IDF, para un T: 50 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

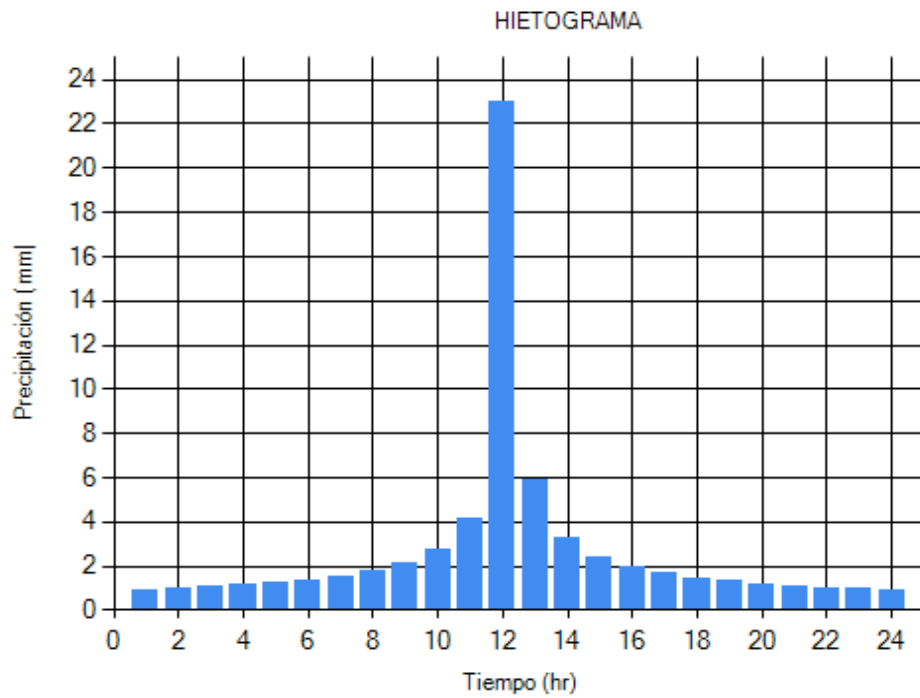


Gráfico 6: Hietograma de diseño, para un T: 50 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

**Para T: 25 años**

Tabla III. 4 Valores de Hietograma de diseño para un T: 25 años, estación Quiruvilca.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	20.78	20.78	20.78	20.78	0.85
2	120	13.06	26.13	5.35	5.35	0.9
3	180	9.96	29.87	3.74	3.74	0.97
4	240	8.21	32.84	2.97	2.97	1.05
5	300	7.07	35.35	2.51	2.51	1.15
6	360	6.26	37.54	2.19	2.19	1.26
7	420	5.64	39.5	1.96	1.96	1.42
8	480	5.16	41.28	1.78	1.78	1.64
9	540	4.77	42.92	1.64	1.64	1.96
10	600	4.44	44.44	1.52	1.52	2.51
11	660	4.17	45.86	1.42	1.42	3.74
12	720	3.93	47.19	1.33	1.33	20.78
13	780	3.73	48.45	1.26	1.26	5.35
14	840	3.55	49.65	1.2	1.2	2.97
15	900	3.39	50.8	1.15	1.15	2.19
16	960	3.24	51.89	1.09	1.09	1.78
17	1020	3.11	52.94	1.05	1.05	1.52
18	1080	3	53.95	1.01	1.01	1.33
19	1140	2.89	54.92	0.97	0.97	1.2
20	1200	2.79	55.86	0.94	0.94	1.09
21	1260	2.7	56.76	0.9	0.9	1.01
22	1320	2.62	57.64	0.88	0.88	0.94
23	1380	2.54	58.49	0.85	0.85	0.88
24	1440	2.47	59.32	0.83	0.83	0.83

Fuente: Propia

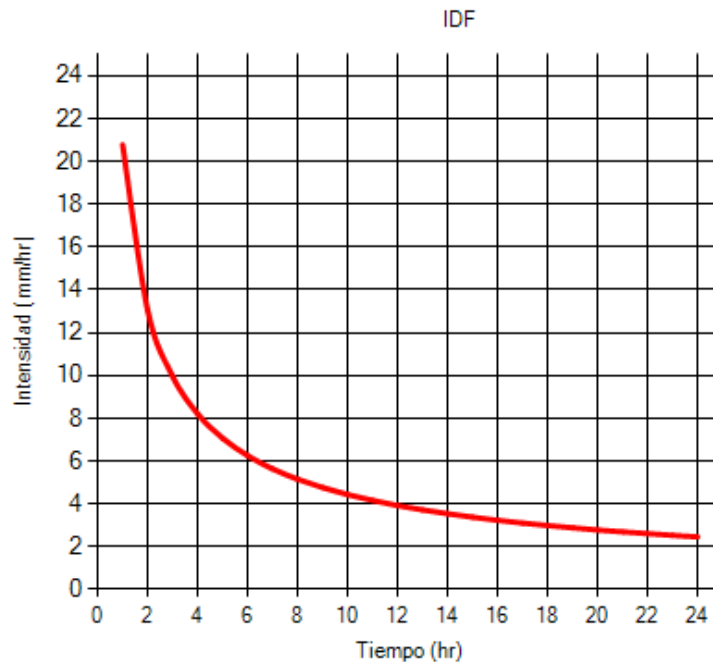


Gráfico 7: Curva IDF, para un T: 25 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

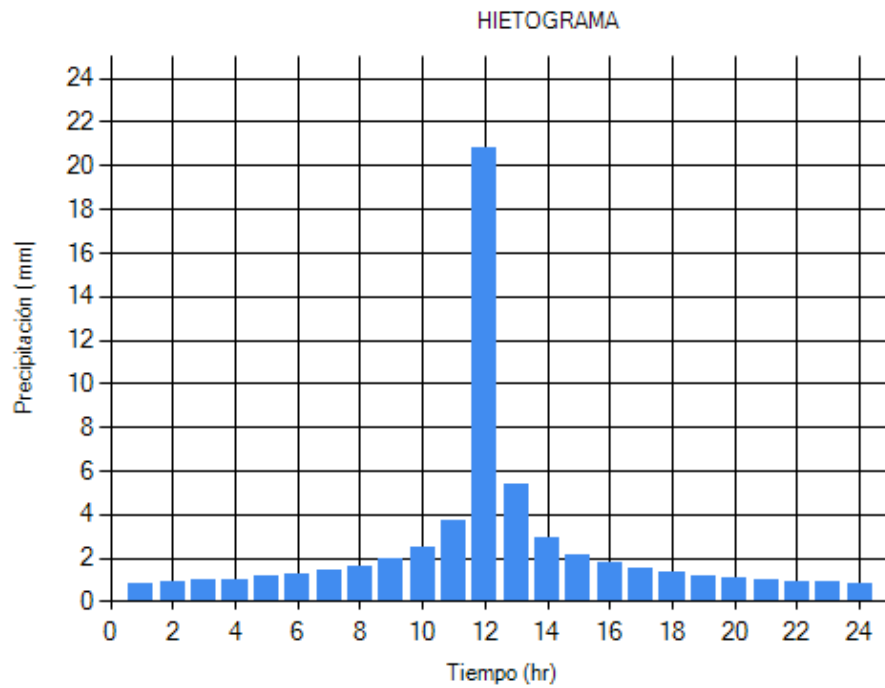


Gráfico 8: Hietograma de diseño, para un T: 25 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

**Para T: 10 años**

Tabla III. 5 Valores de Hietograma de diseño para un T: 10 años, estación Quiruvilca.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
<b>1</b>	60	17.88	17.88	17.88	17.88	0.73
<b>2</b>	120	11.24	22.47	4.59	4.59	0.78
<b>3</b>	180	8.56	25.69	3.22	3.22	0.84
<b>4</b>	240	7.06	28.25	2.56	2.56	0.91
<b>5</b>	300	6.08	30.41	2.16	2.16	0.98
<b>6</b>	360	5.38	32.29	1.88	1.88	1.09
<b>7</b>	420	4.85	33.98	1.69	1.69	1.22
<b>8</b>	480	4.44	35.51	1.53	1.53	1.4
<b>9</b>	540	4.1	36.91	1.4	1.4	1.69
<b>10</b>	600	3.82	38.22	1.31	1.31	2.16
<b>11</b>	660	3.59	39.44	1.22	1.22	3.22
<b>12</b>	720	3.38	40.59	1.15	1.15	17.88
<b>13</b>	780	3.21	41.68	1.09	1.09	4.59
<b>14</b>	840	3.05	42.71	1.03	1.03	2.56
<b>15</b>	900	2.91	43.69	0.98	0.98	1.88
<b>16</b>	960	2.79	44.63	0.94	0.94	1.53
<b>17</b>	1020	2.68	45.54	0.91	0.91	1.31
<b>18</b>	1080	2.58	46.4	0.86	0.86	1.15
<b>19</b>	1140	2.49	47.24	0.84	0.84	1.03
<b>20</b>	1200	2.4	48.04	0.8	0.8	0.94
<b>21</b>	1260	2.32	48.82	0.78	0.78	0.86
<b>22</b>	1320	2.25	49.58	0.76	0.76	0.8
<b>23</b>	1380	2.19	50.31	0.73	0.73	0.76
<b>24</b>	1440	2.13	51.02	0.71	0.71	0.71

Fuente: Propia



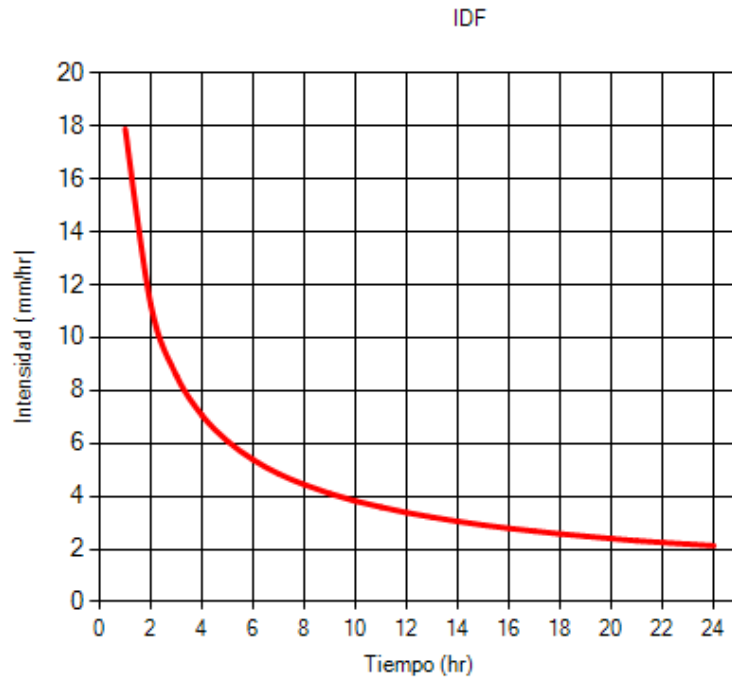


Gráfico 9: Curva IDF, para un T: 10 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

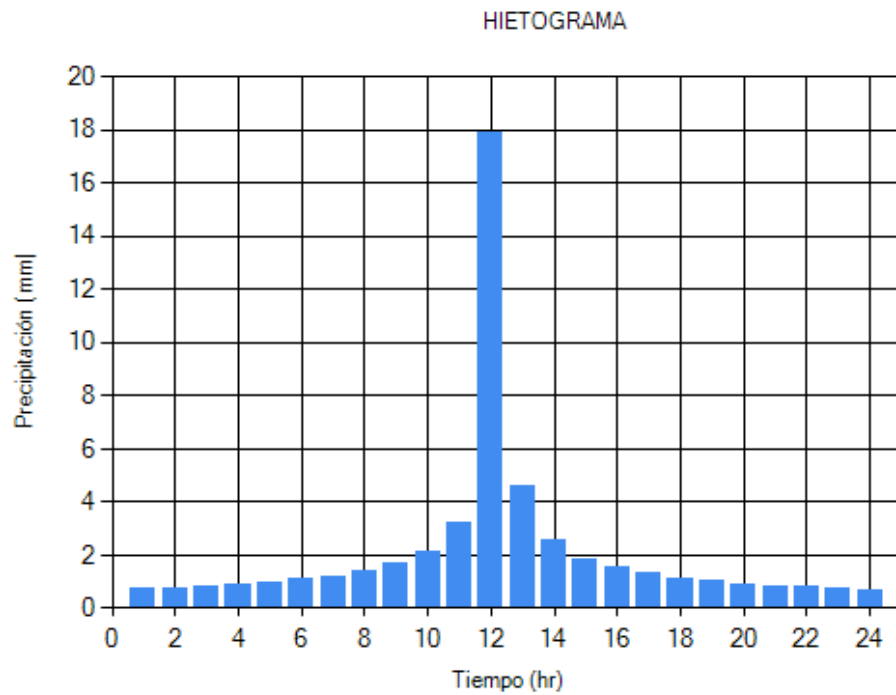


Gráfico 10: Hietograma de diseño, para un T: 10 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

**Para T: 5 años**

Tabla III. 6 Valores de Hietograma de diseño para un T: 5 años, estación Quiruvilca.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	15.68	15.68	15.68	15.68	0.64
2	120	9.85	19.71	4.03	4.03	0.69
3	180	7.51	22.53	2.82	2.82	0.74
4	240	6.19	24.77	2.24	2.24	0.79
5	300	5.33	26.67	1.9	1.9	0.86
6	360	4.72	28.32	1.65	1.65	0.95
7	420	4.26	29.8	1.48	1.48	1.07
8	480	3.89	31.14	1.34	1.34	1.23
9	540	3.6	32.37	1.23	1.23	1.48
10	600	3.35	33.52	1.15	1.15	1.9
11	660	3.14	34.59	1.07	1.07	2.82
12	720	2.97	35.6	1.01	1.01	15.68
13	780	2.81	36.55	0.95	0.95	4.03
14	840	2.68	37.46	0.91	0.91	2.24
15	900	2.55	38.32	0.86	0.86	1.65
16	960	2.45	39.14	0.82	0.82	1.34
17	1020	2.35	39.93	0.79	0.79	1.15
18	1080	2.26	40.69	0.76	0.76	1.01
19	1140	2.18	41.43	0.74	0.74	0.91
20	1200	2.11	42.13	0.7	0.7	0.82
21	1260	2.04	42.82	0.69	0.69	0.76
22	1320	1.98	43.48	0.66	0.66	0.7
23	1380	1.92	44.12	0.64	0.64	0.66
24	1440	1.86	44.75	0.63	0.63	0.63

Fuente: Propia

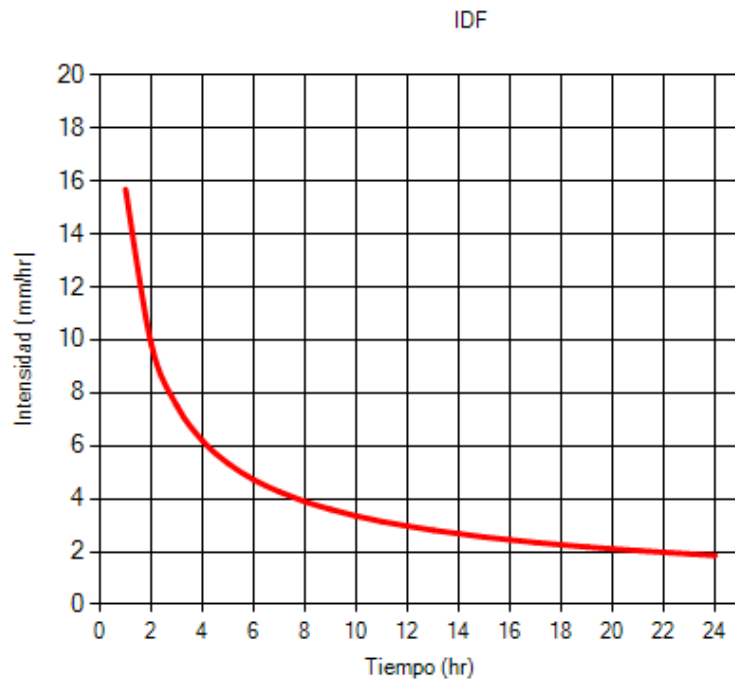


Gráfico 11: Curva IDF, para un T: 5 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

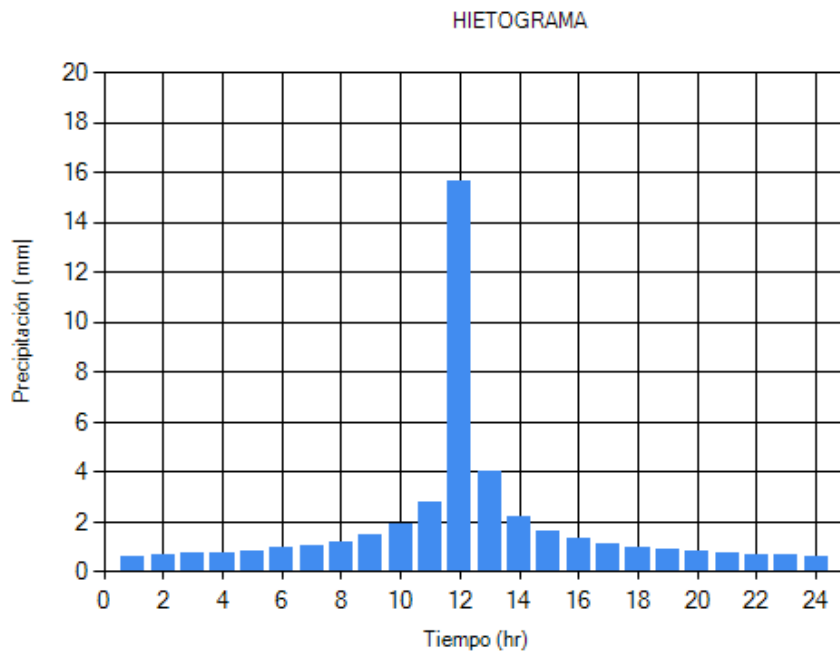


Gráfico 12: Hietograma de diseño, para un T: 5 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

**Para T: 2 años**

Tabla III. 7 Valores de Hietograma de diseño para un T: 2 años, estación Quiruvilca.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	12.77	12.77	12.77	12.77	0.52
2	120	8.03	16.05	3.28	3.28	0.56
3	180	6.12	18.35	2.3	2.3	0.6
4	240	5.04	20.18	1.83	1.83	0.64
5	300	4.34	21.72	1.54	1.54	0.7
6	360	3.84	23.07	1.35	1.35	0.77
7	420	3.47	24.27	1.2	1.2	0.88
8	480	3.17	25.37	1.1	1.1	1
9	540	2.93	26.37	1	1	1.2
10	600	2.73	27.3	0.93	0.93	1.54
11	660	2.56	28.18	0.88	0.88	2.3
12	720	2.42	29	0.82	0.82	12.77
13	780	2.29	29.77	0.77	0.77	3.28
14	840	2.18	30.51	0.74	0.74	1.83
15	900	2.08	31.21	0.7	0.7	1.35
16	960	1.99	31.89	0.68	0.68	1.1
17	1020	1.91	32.53	0.64	0.64	0.93
18	1080	1.84	33.15	0.62	0.62	0.82
19	1140	1.78	33.75	0.6	0.6	0.74
20	1200	1.72	34.32	0.57	0.57	0.68
21	1260	1.66	34.88	0.56	0.56	0.62
22	1320	1.61	35.42	0.54	0.54	0.57
23	1380	1.56	35.94	0.52	0.52	0.54
24	1440	1.52	36.45	0.51	0.51	0.51

Fuente: Propia

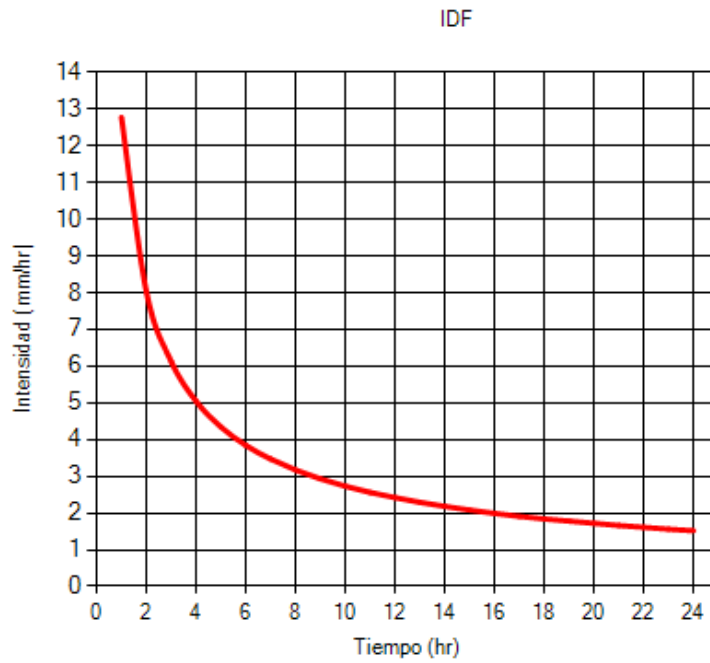


Gráfico 13: Curva IDF, para un T: 2 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

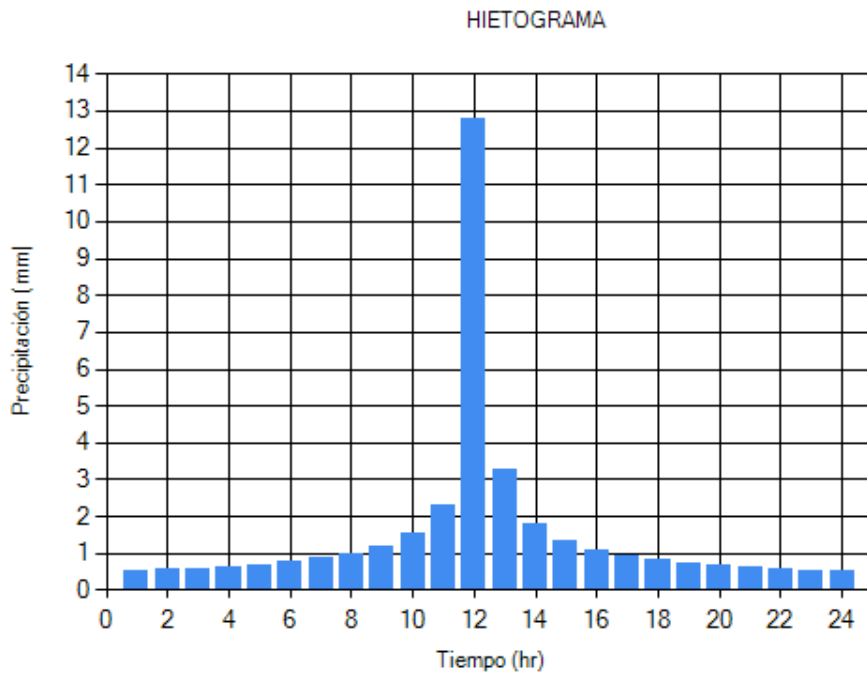


Gráfico 14: Hietograma de diseño, para un T: 2 años, estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

## **Estación Julcán**

### **A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y SUB ZONA PLUVIOMÉTRICA**

La estación Julcán se encuentra ubicada en el distrito de Julcán, provincia de Julcán, departamento de La Libertad. Sus coordenadas geográficas son: Latitud de 8° 03' 12.4", Longitud de 78° 30' 7.79" y una altitud de 3448 m.s.n.m. Como se puede apreciar en la figura 33, la estación Julcán también se encuentra ubicada dentro de la zona 5a y la sub zona pluviométrica 5a7.

### **B. PÁRAMETROS DE ZONA Y SUB ZONA PLUVIOMÉTRICA.**

En base a la zona y sub zona pluviométrica, solo nos queda por definir en el programa:

La altitud: 3448 m.s.n.m.

n: 0.33

Periodo de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años

Duración de la lluvia: 24 horas

Intervalos de tiempo: Cada una hora.

Digitados, todos estos parámetros, la interfaz del programa, nos queda así:

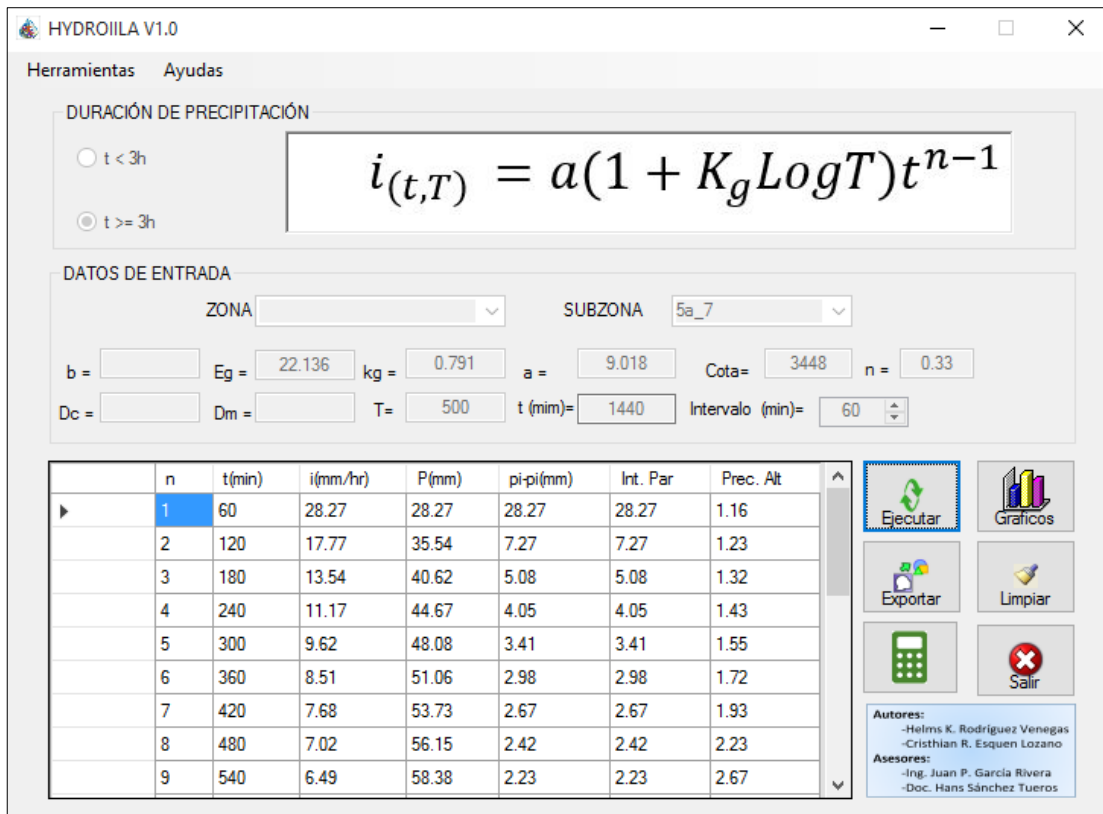


Figura 39: Resultados mostrados en la interfaz del programa “HydroILLA” para la estación Julcán (Fuente: Propia).

### C. CURVAS IDF E HIETOGRAMAS DE DISEÑO

Se mostrarán los resultados numéricos de las curvas IDF y el hietograma de diseño del programa HydroILLA en formato Excel, obtenidos al hacer click en la opción “exportar”; Los gráficos serán propios del programa, obtenidos al hacer click en la opción “Gráficos”. Los resultados se mostrarán para cada periodo de retorno.

**Para T: 500 años**

Tabla III. 8 Valores de Hietograma de diseño para un T: 500 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	28.27	28.27	28.27	28.27	1.16
2	120	17.77	35.54	7.27	7.27	1.23
3	180	13.54	40.62	5.08	5.08	1.32
4	240	11.17	44.67	4.05	4.05	1.43
5	300	9.62	48.08	3.41	3.41	1.55
6	360	8.51	51.06	2.98	2.98	1.72
7	420	7.68	53.73	2.67	2.67	1.93
8	480	7.02	56.15	2.42	2.42	2.23
9	540	6.49	58.38	2.23	2.23	2.67
10	600	6.04	60.44	2.06	2.06	3.41
11	660	5.67	62.37	1.93	1.93	5.08
12	720	5.35	64.19	1.82	1.82	28.27
13	780	5.07	65.91	1.72	1.72	7.27
14	840	4.82	67.54	1.63	1.63	4.05
15	900	4.61	69.09	1.55	1.55	2.98
16	960	4.41	70.58	1.49	1.49	2.42
17	1020	4.24	72.01	1.43	1.43	2.06
18	1080	4.08	73.38	1.37	1.37	1.82
19	1140	3.93	74.7	1.32	1.32	1.63
20	1200	3.8	75.98	1.28	1.28	1.49
21	1260	3.68	77.21	1.23	1.23	1.37
22	1320	3.56	78.4	1.19	1.19	1.28
23	1380	3.46	79.56	1.16	1.16	1.19
24	1440	3.36	80.69	1.13	1.13	1.13

Fuente: Propia



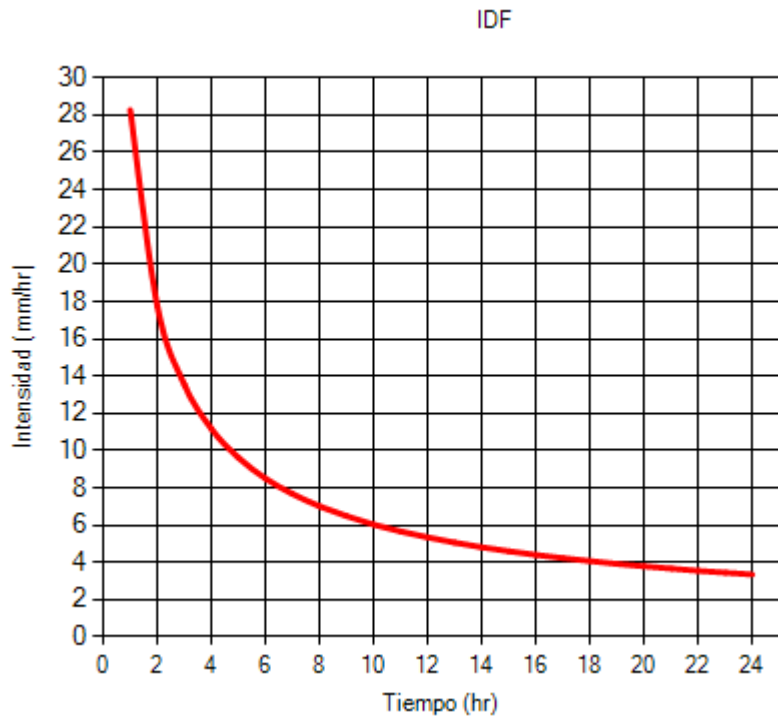


Gráfico 15: Curva IDF, para un T: 500 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

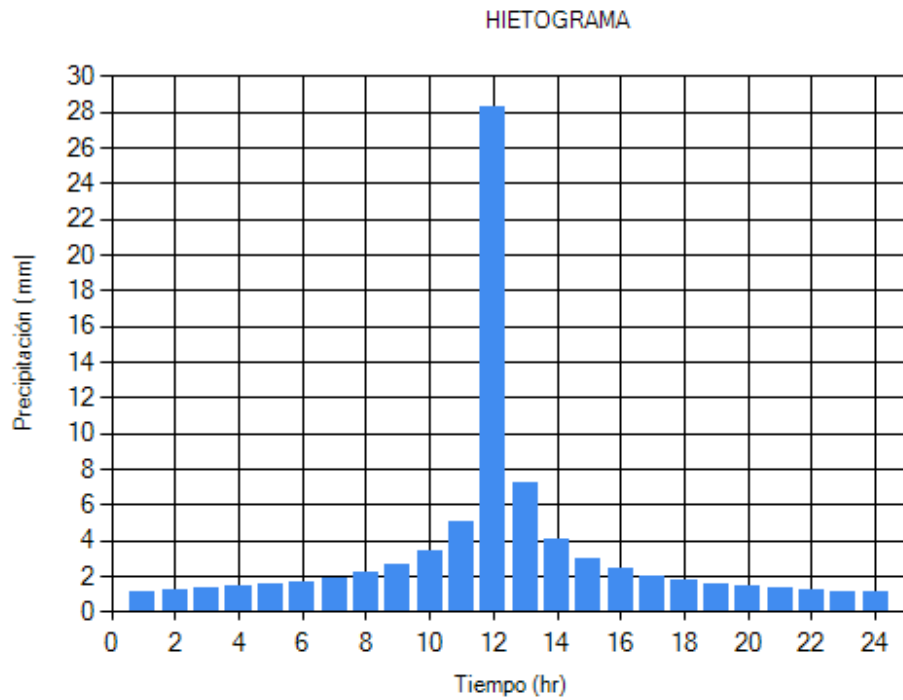


Gráfico 16: Hietograma de diseño, para un T: 500 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

**Para T: 100 años**

Tabla III. 9 Valores de Hietograma de diseño para un T: 100 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
<b>1</b>	60	23.28	23.28	23.28	23.28	0.95
<b>2</b>	120	14.63	29.27	5.99	5.99	1.01
<b>3</b>	180	11.15	33.46	4.19	4.19	1.09
<b>4</b>	240	9.2	36.79	3.33	3.33	1.18
<b>5</b>	300	7.92	39.6	2.81	2.81	1.28
<b>6</b>	360	7.01	42.06	2.46	2.46	1.41
<b>7</b>	420	6.32	44.25	2.19	2.19	1.59
<b>8</b>	480	5.78	46.25	2	2	1.83
<b>9</b>	540	5.34	48.08	1.83	1.83	2.19
<b>10</b>	600	4.98	49.78	1.7	1.7	2.81
<b>11</b>	660	4.67	51.37	1.59	1.59	4.19
<b>12</b>	720	4.41	52.87	1.5	1.5	23.28
<b>13</b>	780	4.18	54.28	1.41	1.41	5.99
<b>14</b>	840	3.97	55.63	1.35	1.35	3.33
<b>15</b>	900	3.79	56.91	1.28	1.28	2.46
<b>16</b>	960	3.63	58.13	1.22	1.22	2
<b>17</b>	1020	3.49	59.31	1.18	1.18	1.7
<b>18</b>	1080	3.36	60.44	1.13	1.13	1.5
<b>19</b>	1140	3.24	61.53	1.09	1.09	1.35
<b>20</b>	1200	3.13	62.58	1.05	1.05	1.22
<b>21</b>	1260	3.03	63.59	1.01	1.01	1.13
<b>22</b>	1320	2.94	64.58	0.99	0.99	1.05
<b>23</b>	1380	2.85	65.53	0.95	0.95	0.99
<b>24</b>	1440	2.77	66.46	0.93	0.93	0.93

Fuente: Propia

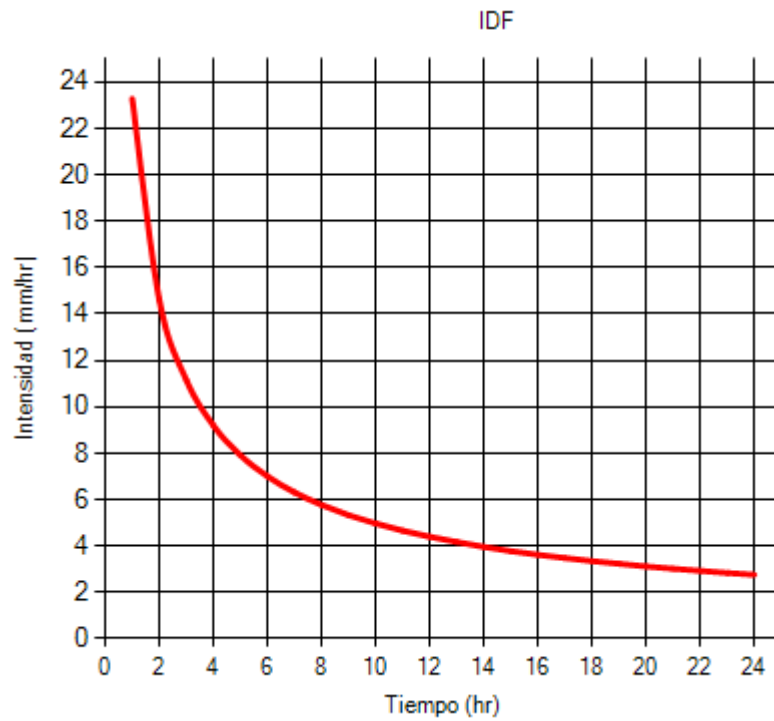


Gráfico 17: Curva IDF, para un T: 100 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

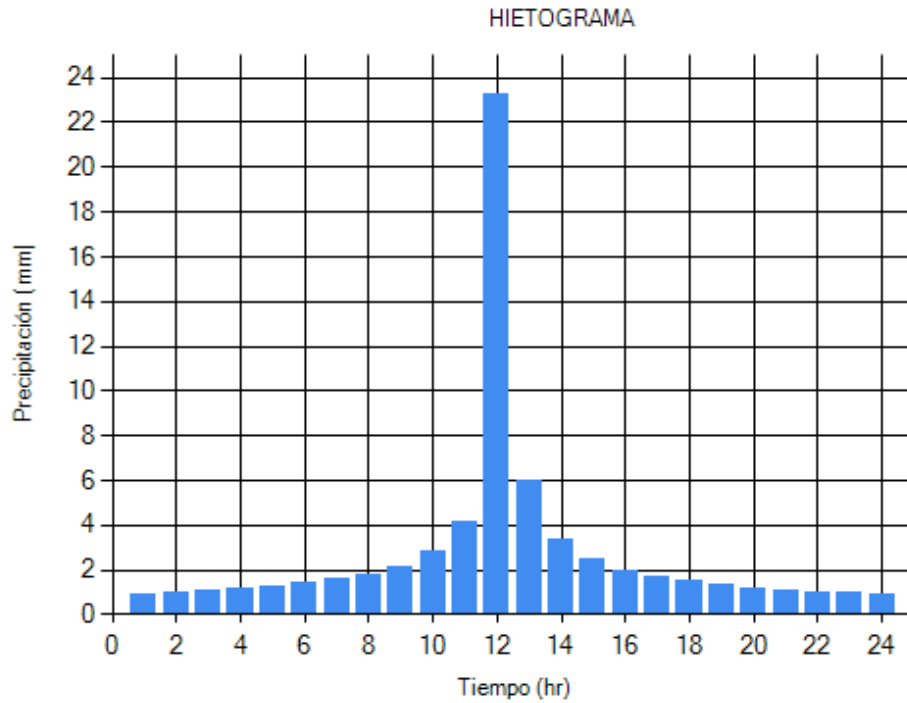


Gráfico 18: Hietograma de diseño, para un T: 100 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

**Para T: 50 años**

Tabla III. 10 Valores de Hietograma de diseño para un T: 50 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	21.14	21.14	21.14	21.14	0.87
2	120	13.28	26.57	5.43	5.43	0.93
3	180	10.12	30.37	3.8	3.8	0.99
4	240	8.35	33.4	3.03	3.03	1.07
5	300	7.19	35.95	2.55	2.55	1.16
6	360	6.36	38.18	2.23	2.23	1.29
7	420	5.74	40.17	1.99	1.99	1.44
8	480	5.25	41.98	1.81	1.81	1.67
9	540	4.85	43.65	1.67	1.67	1.99
10	600	4.52	45.19	1.54	1.54	2.55
11	660	4.24	46.63	1.44	1.44	3.8
12	720	4	47.99	1.36	1.36	21.14
13	780	3.79	49.28	1.29	1.29	5.43
14	840	3.61	50.5	1.22	1.22	3.03
15	900	3.44	51.66	1.16	1.16	2.23
16	960	3.3	52.77	1.11	1.11	1.81
17	1020	3.17	53.84	1.07	1.07	1.54
18	1080	3.05	54.86	1.02	1.02	1.36
19	1140	2.94	55.85	0.99	0.99	1.22
20	1200	2.84	56.8	0.95	0.95	1.11
21	1260	2.75	57.73	0.93	0.93	1.02
22	1320	2.66	58.62	0.89	0.89	0.95
23	1380	2.59	59.49	0.87	0.87	0.89
24	1440	2.51	60.33	0.84	0.84	0.84

Fuente: Propia

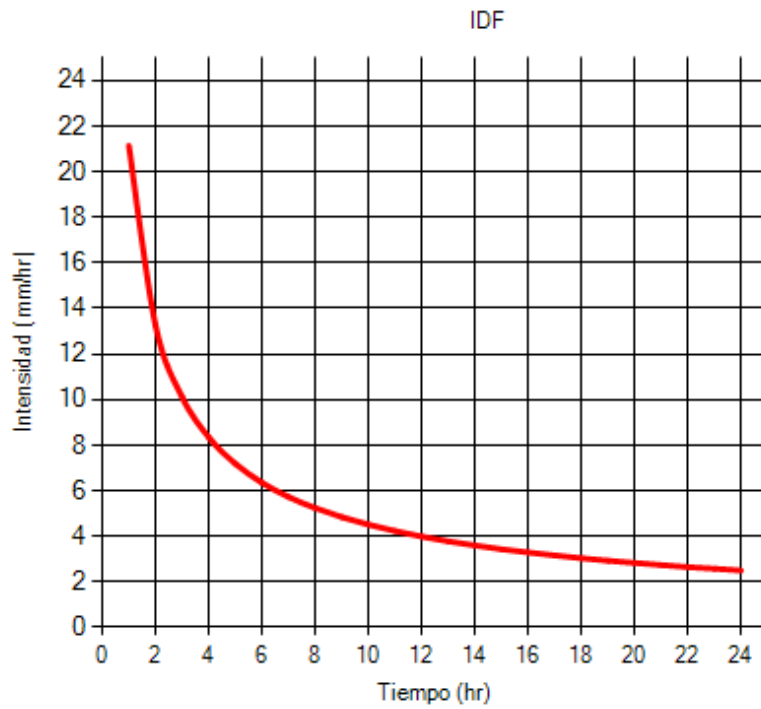


Gráfico 19: Curva IDF, para un T: 50 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

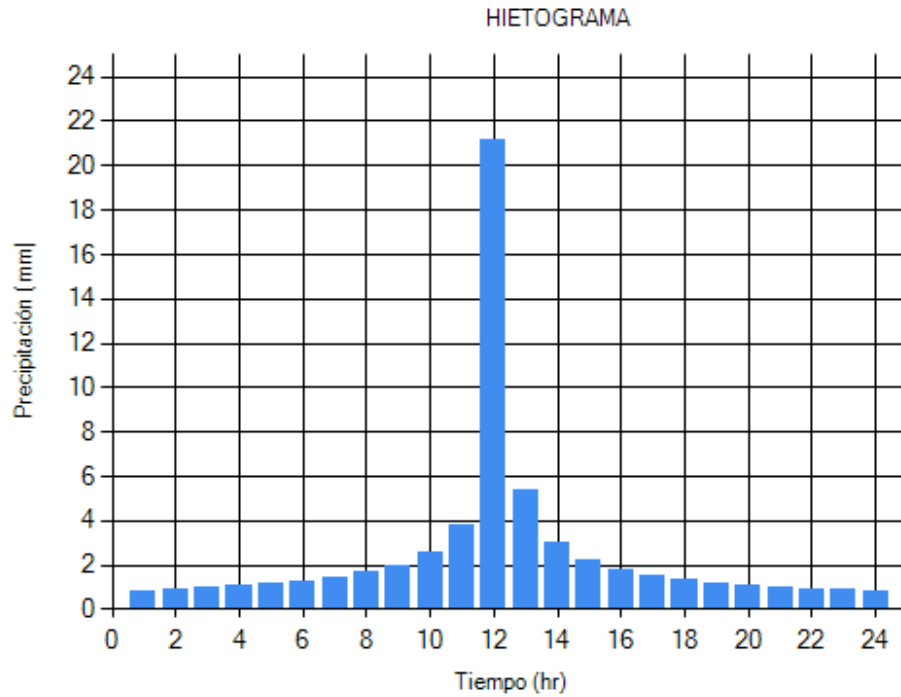


Gráfico 20: Hietograma de diseño, para un T: 50 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

**Para T: 25 años**

Tabla III. 11 Valores de Hietograma de diseño para un T: 25 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	18.99	18.99	18.99	18.99	0.78
2	120	11.94	23.87	4.88	4.88	0.83
3	180	9.1	27.29	3.42	3.42	0.89
4	240	7.5	30.01	2.72	2.72	0.96
5	300	6.46	32.3	2.29	2.29	1.04
6	360	5.72	34.3	2	2	1.15
7	420	5.16	36.09	1.79	1.79	1.3
8	480	4.71	37.72	1.63	1.63	1.49
9	540	4.36	39.21	1.49	1.49	1.79
10	600	4.06	40.6	1.39	1.39	2.29
11	660	3.81	41.9	1.3	1.3	3.42
12	720	3.59	43.12	1.22	1.22	18.99
13	780	3.41	44.27	1.15	1.15	4.88
14	840	3.24	45.37	1.1	1.1	2.72
15	900	3.09	46.41	1.04	1.04	2
16	960	2.96	47.41	1	1	1.63
17	1020	2.85	48.37	0.96	0.96	1.39
18	1080	2.74	49.29	0.92	0.92	1.22
19	1140	2.64	50.18	0.89	0.89	1.1
20	1200	2.55	51.03	0.85	0.85	1
21	1260	2.47	51.86	0.83	0.83	0.92
22	1320	2.39	52.66	0.8	0.8	0.85
23	1380	2.32	53.44	0.78	0.78	0.8
24	1440	2.26	54.2	0.76	0.76	0.76

Fuente: Propia

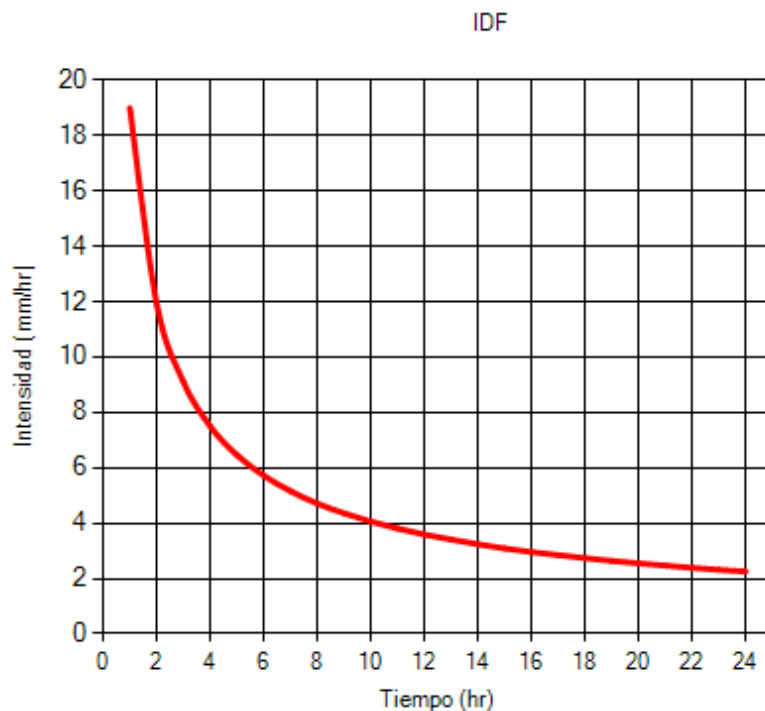


Gráfico 21: Curva IDF, para un T: 25 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

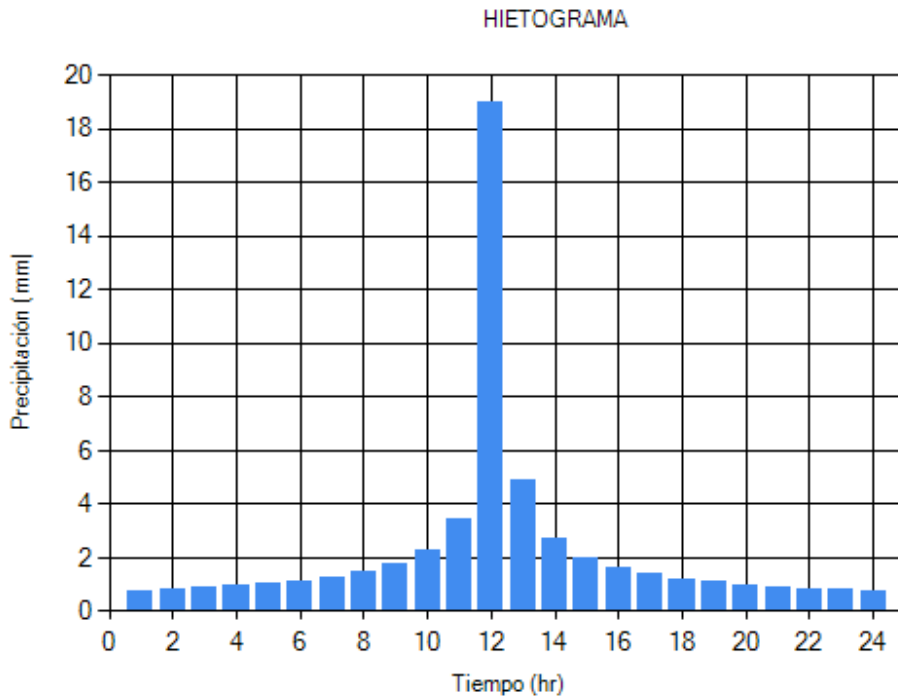


Gráfico 22: Hietograma de diseño, para un T: 25 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

**Para T: 10 años**

Tabla III. 12 Valores de Hietograma de diseño para un T: 10 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	16.15	16.15	16.15	16.15	0.66
2	120	10.15	20.3	4.15	4.15	0.7
3	180	7.74	23.21	2.91	2.91	0.76
4	240	6.38	25.52	2.31	2.31	0.82
5	300	5.49	27.47	1.95	1.95	0.88
6	360	4.86	29.17	1.7	1.7	0.98
7	420	4.39	30.7	1.53	1.53	1.1
8	480	4.01	32.08	1.38	1.38	1.27
9	540	3.71	33.35	1.27	1.27	1.53
10	600	3.45	34.53	1.18	1.18	1.95
11	660	3.24	35.63	1.1	1.1	2.91
12	720	3.06	36.67	1.04	1.04	16.15
13	780	2.9	37.65	0.98	0.98	4.15
14	840	2.76	38.59	0.94	0.94	2.31
15	900	2.63	39.47	0.88	0.88	1.7
16	960	2.52	40.32	0.85	0.85	1.38
17	1020	2.42	41.14	0.82	0.82	1.18
18	1080	2.33	41.92	0.78	0.78	1.04
19	1140	2.25	42.68	0.76	0.76	0.94
20	1200	2.17	43.41	0.73	0.73	0.85
21	1260	2.1	44.11	0.7	0.7	0.78
22	1320	2.04	44.79	0.68	0.68	0.73
23	1380	1.98	45.45	0.66	0.66	0.68
24	1440	1.92	46.1	0.65	0.65	0.65

Fuente: Propia



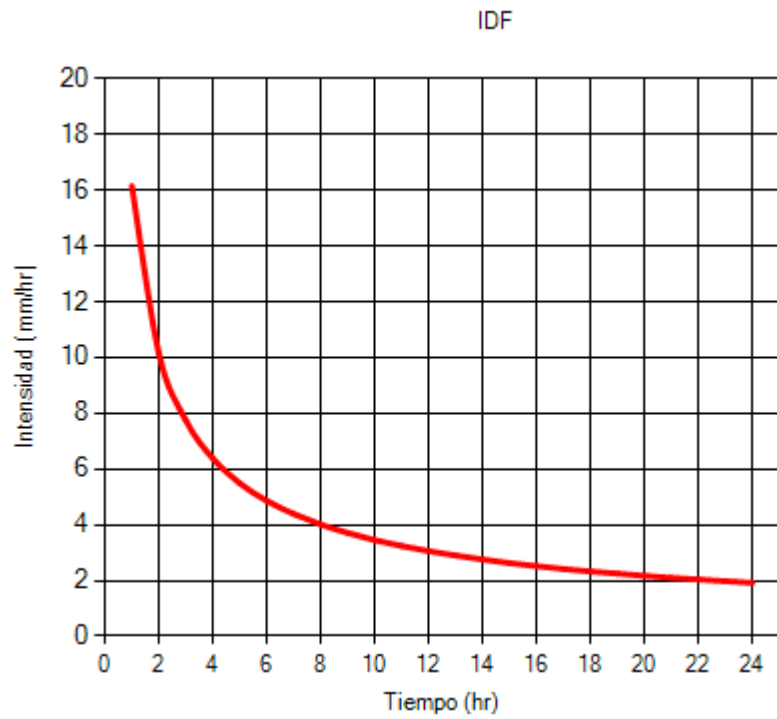


Gráfico 23: Curva IDF, para un T: 10 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

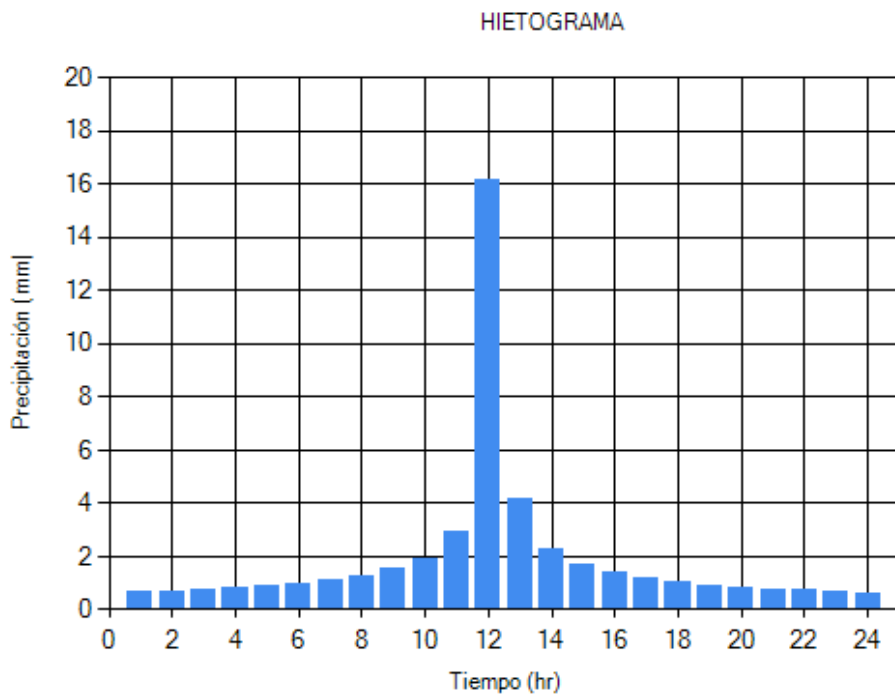


Gráfico 24: Hietograma de diseño, para un T: 10 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

**Para T: 5 años**

Tabla III. 13 Valores de Hietograma de diseño para un T: 5 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	14	14	14	14	0.57
2	120	8.8	17.6	3.6	3.6	0.62
3	180	6.71	20.12	2.52	2.52	0.65
4	240	5.53	22.13	2.01	2.01	0.71
5	300	4.76	23.82	1.69	1.69	0.77
6	360	4.22	25.3	1.48	1.48	0.85
7	420	3.8	26.62	1.32	1.32	0.96
8	480	3.48	27.81	1.19	1.19	1.11
9	540	3.21	28.92	1.11	1.11	1.32
10	600	2.99	29.94	1.02	1.02	1.69
11	660	2.81	30.9	0.96	0.96	2.52
12	720	2.65	31.8	0.9	0.9	14
13	780	2.51	32.65	0.85	0.85	3.6
14	840	2.39	33.46	0.81	0.81	2.01
15	900	2.28	34.23	0.77	0.77	1.48
16	960	2.19	34.96	0.73	0.73	1.19
17	1020	2.1	35.67	0.71	0.71	1.02
18	1080	2.02	36.35	0.68	0.68	0.9
19	1140	1.95	37	0.65	0.65	0.81
20	1200	1.88	37.63	0.63	0.63	0.73
21	1260	1.82	38.25	0.62	0.62	0.68
22	1320	1.77	38.84	0.59	0.59	0.63
23	1380	1.71	39.41	0.57	0.57	0.59
24	1440	1.67	39.97	0.56	0.56	0.56

Fuente: Propia

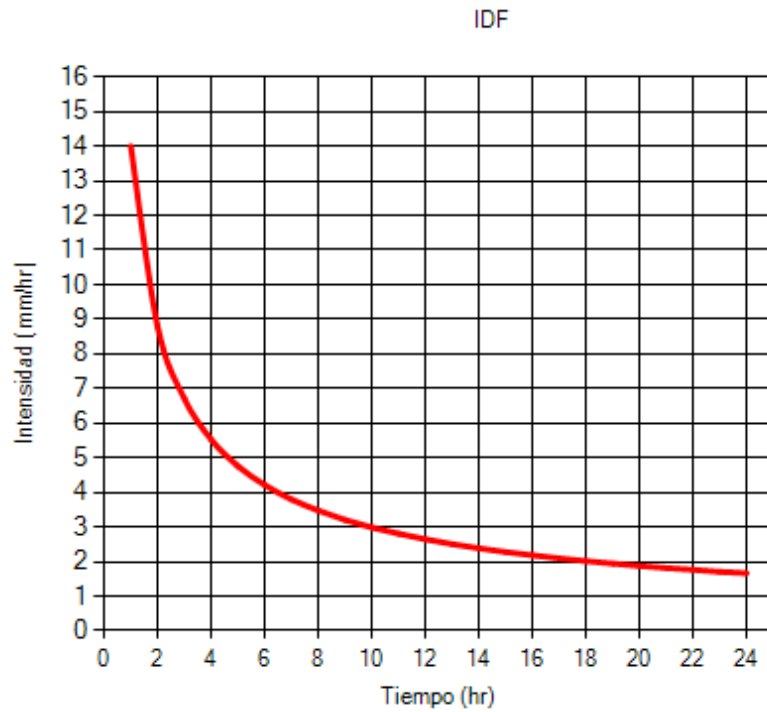


Gráfico 25: Curva IDF, para un T: 5 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

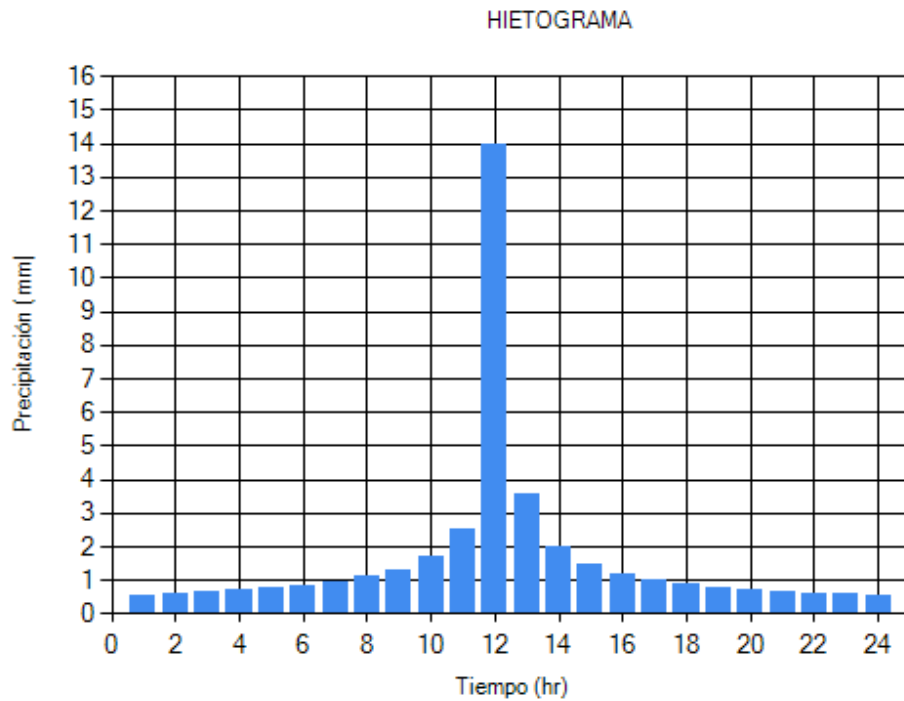


Gráfico 26: Hietograma de diseño, para un T: 5 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

**Para T: 2 años**

Tabla III. 14 Valores de Hietograma de diseño para un T: 2 años, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	11.17	11.17	11.17	11.17	0.46
2	120	7.02	14.03	2.86	2.86	0.48
3	180	5.35	16.04	2.01	2.01	0.52
4	240	4.41	17.64	1.6	1.6	0.56
5	300	3.8	18.99	1.35	1.35	0.62
6	360	3.36	20.17	1.18	1.18	0.68
7	420	3.03	21.22	1.05	1.05	0.76
8	480	2.77	22.18	0.96	0.96	0.88
9	540	2.56	23.06	0.88	0.88	1.05
10	600	2.39	23.87	0.81	0.81	1.35
11	660	2.24	24.63	0.76	0.76	2.01
12	720	2.11	25.35	0.72	0.72	11.17
13	780	2	26.03	0.68	0.68	2.86
14	840	1.91	26.67	0.64	0.64	1.6
15	900	1.82	27.29	0.62	0.62	1.18
16	960	1.74	27.88	0.59	0.59	0.96
17	1020	1.67	28.44	0.56	0.56	0.81
18	1080	1.61	28.98	0.54	0.54	0.72
19	1140	1.55	29.5	0.52	0.52	0.64
20	1200	1.5	30.01	0.51	0.51	0.59
21	1260	1.45	30.49	0.48	0.48	0.54
22	1320	1.41	30.96	0.47	0.47	0.51
23	1380	1.37	31.42	0.46	0.46	0.47
24	1440	1.33	31.87	0.45	0.45	0.45

Fuente: Propia

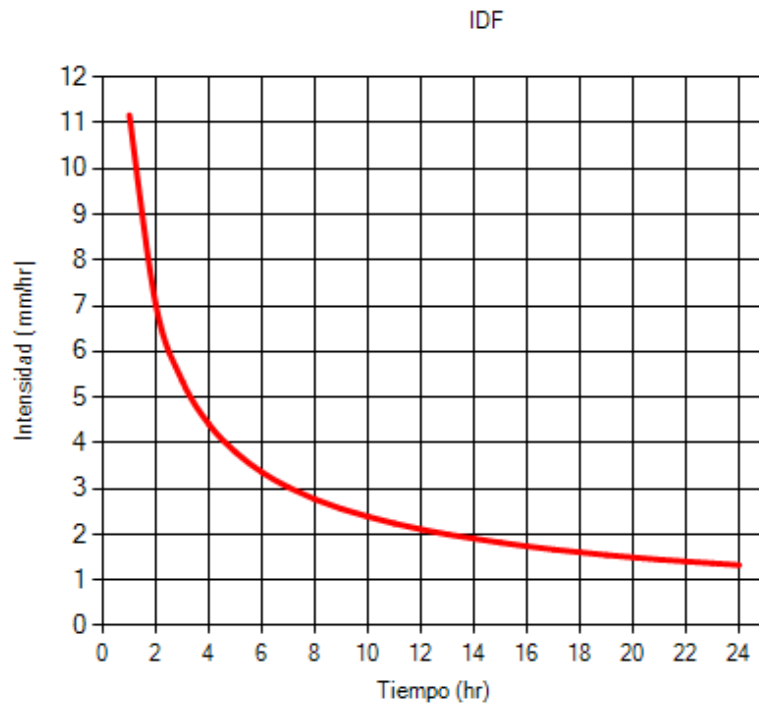


Gráfico 27: Curva IDF, para un T: 2 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

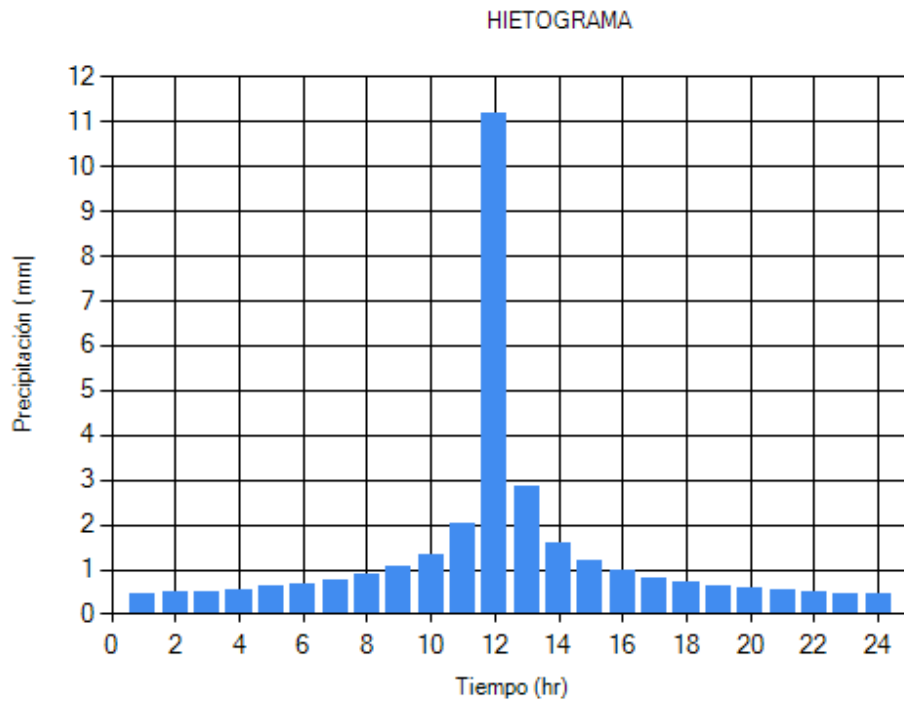


Gráfico 28: Hietograma de diseño, para un T: 2 años, estación Julcán (Fuente: Propia).

## **Estación Salpo**

### **A. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y SUB ZONA PLUVIOMÉTRICA**

La estación Salpo se encuentra ubicada en el distrito de Salpo, provincia de Otuzco, departamento de La Libertad. Sus coordenadas geográficas son: Latitud de 8° 00' 31.6", Longitud de 78° 36' 33.4" y una altitud de 3412 m.s.n.m. Como se puede apreciar en la figura 33, la estación Salpo también se encuentra ubicada dentro de la zona 5a y la sub zona pluviométrica 5a7.

### **B. PARÁMETROS DE ZONA Y SUB ZONA PLUVIOMÉTRICA.**

En base a la zona y sub zona pluviométrica, solo nos queda por definir en el programa:

La altitud: 3412 m.s.n.m.

n: 0.33

Periodo de retorno: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años

Duración de la lluvia: 24 horas

Intervalos de tiempo: cada una hora.

Digitados, todos estos parámetros, la interfaz del programa, nos queda así:

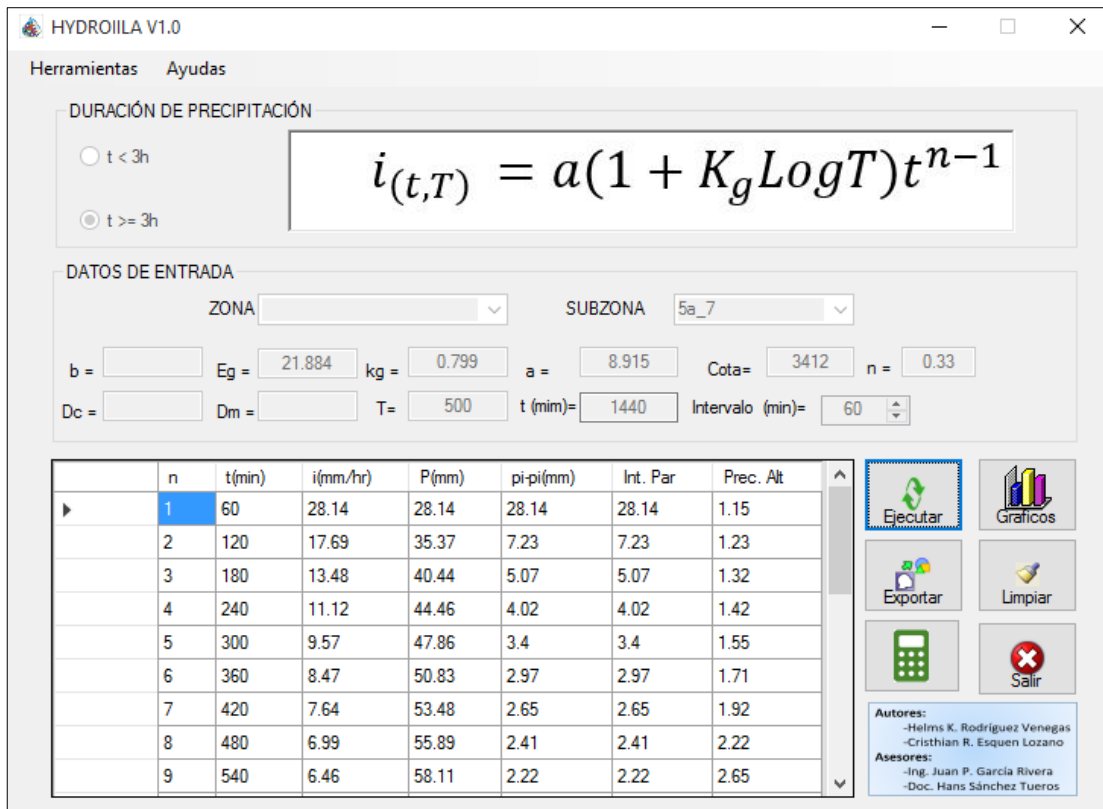


Figura 40: Resultados mostrados en la interfaz del programa “HydroIIILA” para la estación Salpo (Fuente: Propia).

### C. CURVAS IDF E HIETOGRAMAS DE DISEÑO

Se mostrarán los resultados numéricos de las curvas IDF y el hietograma de diseño del programa HydroIIILA en formato Excel, obtenidos al hacer click en la opción “exportar”; Los gráficos serán propios del programa, obtenidos al hacer click en la opción “Gráficos”. Los resultados se mostrarán para cada periodo de retorno.

**Para T: 500 años**

Tabla III. 15 Valores de Hietograma de diseño para un T: 500 años, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	28.14	28.14	28.14	28.14	1.15
2	120	17.69	35.37	7.23	7.23	1.23
3	180	13.48	40.44	5.07	5.07	1.32
4	240	11.12	44.46	4.02	4.02	1.42
5	300	9.57	47.86	3.4	3.4	1.55
6	360	8.47	50.83	2.97	2.97	1.71
7	420	7.64	53.48	2.65	2.65	1.92
8	480	6.99	55.89	2.41	2.41	2.22
9	540	6.46	58.11	2.22	2.22	2.65
10	600	6.02	60.16	2.05	2.05	3.4
11	660	5.64	62.08	1.92	1.92	5.07
12	720	5.32	63.89	1.81	1.81	28.14
13	780	5.05	65.6	1.71	1.71	7.23
14	840	4.8	67.23	1.63	1.63	4.02
15	900	4.59	68.78	1.55	1.55	2.97
16	960	4.39	70.26	1.48	1.48	2.41
17	1020	4.22	71.68	1.42	1.42	2.05
18	1080	4.06	73.04	1.36	1.36	1.81
19	1140	3.91	74.36	1.32	1.32	1.63
20	1200	3.78	75.62	1.26	1.26	1.48
21	1260	3.66	76.85	1.23	1.23	1.36
22	1320	3.55	78.04	1.19	1.19	1.26
23	1380	3.44	79.19	1.15	1.15	1.19
24	1440	3.35	80.31	1.12	1.12	1.12

Fuente: Propia



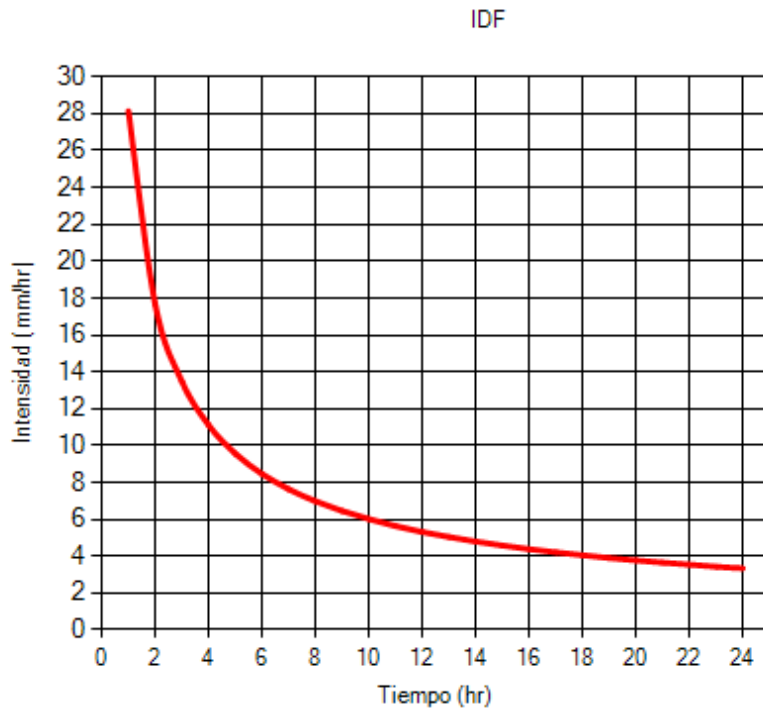


Gráfico 29: Curva IDF, para un T: 500 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

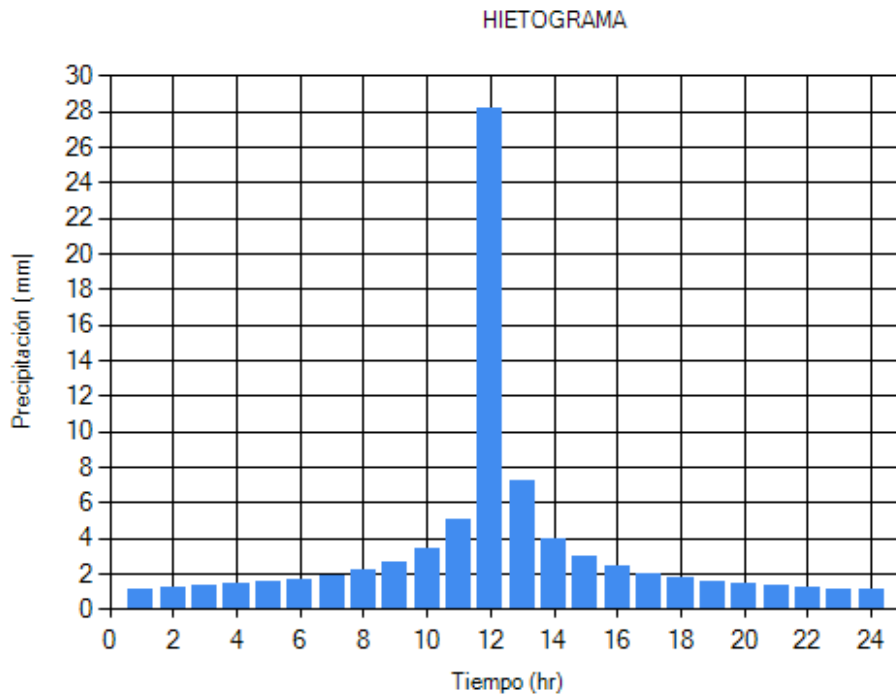


Gráfico 30: Hietograma de diseño, para un T: 500 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

**Para T: 100 años**

Tabla III. 16 Valores de Hietograma de diseño para un T: 100 años, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	23.16	23.16	23.16	23.16	0.95
2	120	14.56	29.11	5.95	5.95	1.01
3	180	11.09	33.28	4.17	4.17	1.08
4	240	9.15	36.6	3.32	3.32	1.16
5	300	7.88	39.39	2.79	2.79	1.28
6	360	6.97	41.84	2.45	2.45	1.41
7	420	6.29	44.02	2.18	2.18	1.58
8	480	5.75	46	1.98	1.98	1.83
9	540	5.31	47.83	1.83	1.83	2.18
10	600	4.95	49.52	1.69	1.69	2.79
11	660	4.65	51.1	1.58	1.58	4.17
12	720	4.38	52.59	1.49	1.49	23.16
13	780	4.15	54	1.41	1.41	5.95
14	840	3.95	55.33	1.33	1.33	3.32
15	900	3.77	56.61	1.28	1.28	2.45
16	960	3.61	57.83	1.22	1.22	1.98
17	1020	3.47	58.99	1.16	1.16	1.69
18	1080	3.34	60.12	1.13	1.13	1.49
19	1140	3.22	61.2	1.08	1.08	1.33
20	1200	3.11	62.24	1.04	1.04	1.22
21	1260	3.01	63.25	1.01	1.01	1.13
22	1320	2.92	64.23	0.98	0.98	1.04
23	1380	2.83	65.18	0.95	0.95	0.98
24	1440	2.75	66.1	0.92	0.92	0.92

Fuente: Propia

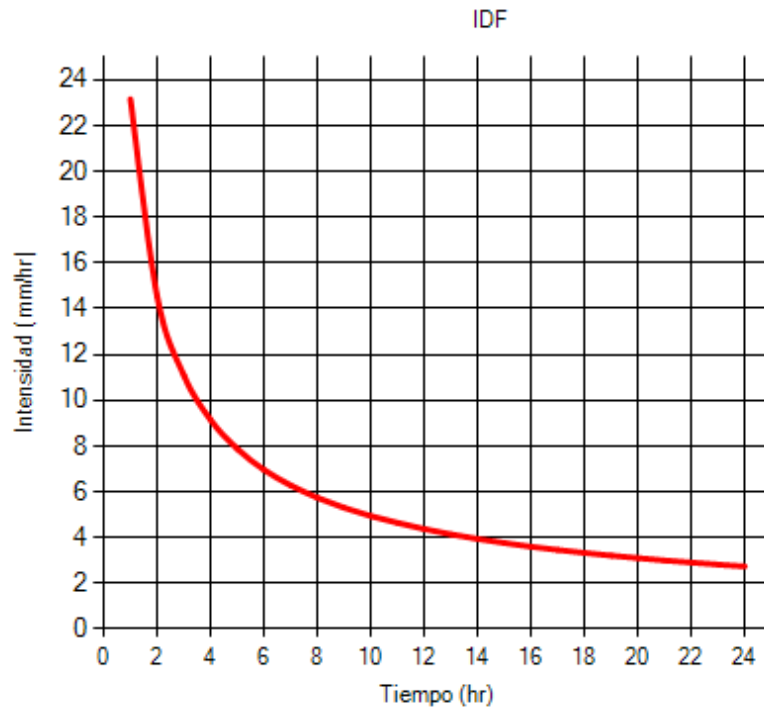


Gráfico 31: Curva IDF, para un T: 100 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

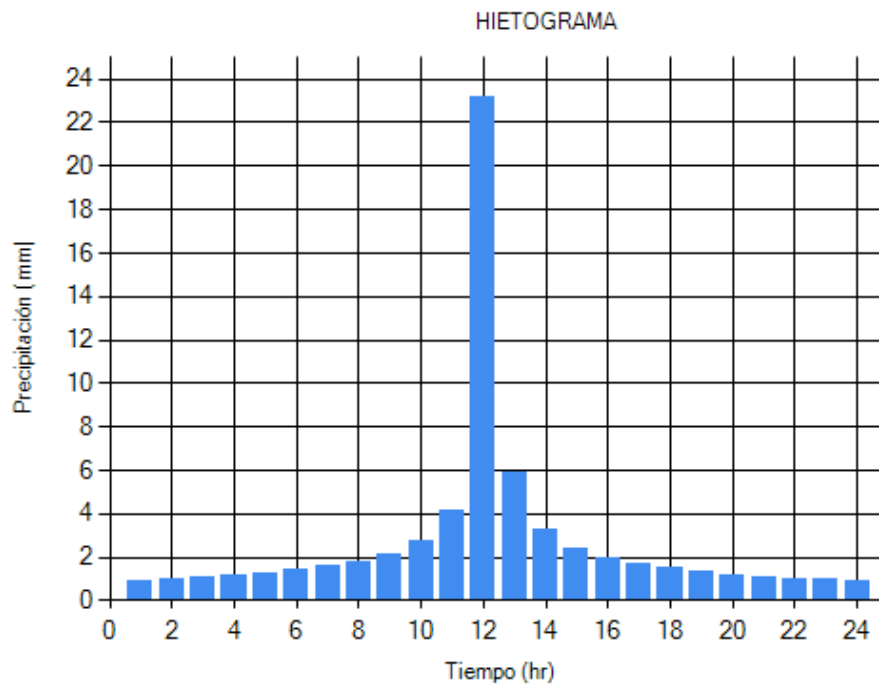


Gráfico 32: Hietograma de diseño, para un T: 100 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

**Para T: 50 años**

Tabla III. 17 Valores de Hietograma de diseño para un T: 50 años, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	21.02	21.02	21.02	21.02	0.86
2	120	13.21	26.42	5.4	5.4	0.92
3	180	10.07	30.2	3.78	3.78	0.98
4	240	8.3	33.21	3.01	3.01	1.06
5	300	7.15	35.75	2.54	2.54	1.16
6	360	6.33	37.96	2.21	2.21	1.28
7	420	5.71	39.94	1.98	1.98	1.44
8	480	5.22	41.74	1.8	1.8	1.66
9	540	4.82	43.4	1.66	1.66	1.98
10	600	4.49	44.93	1.53	1.53	2.54
11	660	4.22	46.37	1.44	1.44	3.78
12	720	3.98	47.72	1.35	1.35	21.02
13	780	3.77	49	1.28	1.28	5.4
14	840	3.59	50.21	1.21	1.21	3.01
15	900	3.42	51.37	1.16	1.16	2.21
16	960	3.28	52.47	1.1	1.1	1.8
17	1020	3.15	53.53	1.06	1.06	1.53
18	1080	3.03	54.55	1.02	1.02	1.35
19	1140	2.92	55.53	0.98	0.98	1.21
20	1200	2.82	56.48	0.95	0.95	1.1
21	1260	2.73	57.4	0.92	0.92	1.02
22	1320	2.65	58.29	0.89	0.89	0.95
23	1380	2.57	59.15	0.86	0.86	0.89
24	1440	2.5	59.98	0.83	0.83	0.83

Fuente: Propia

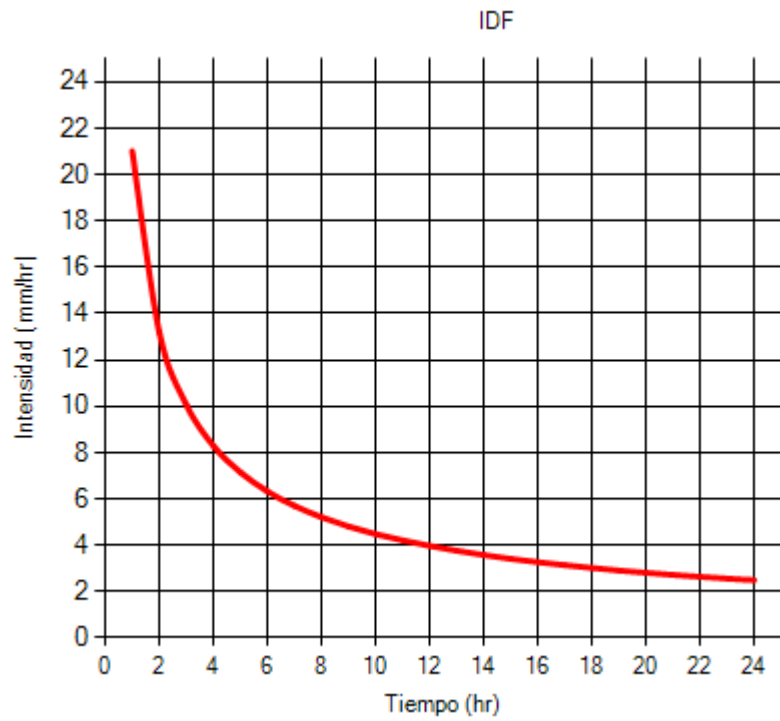


Gráfico 33: Curva IDF, para un T: 50 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

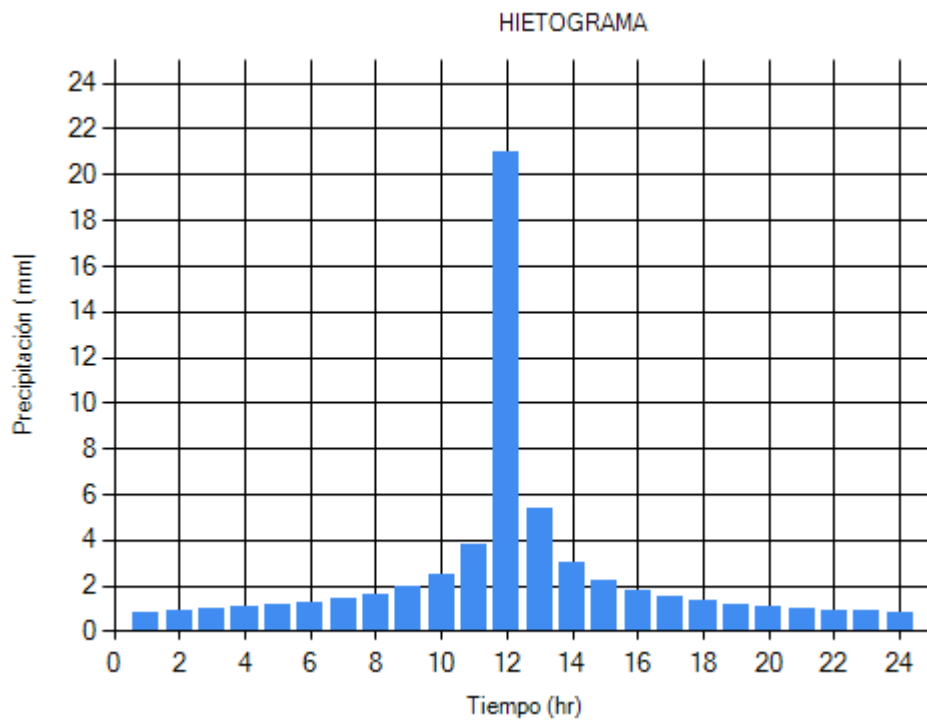


Gráfico 34: Hietograma de diseño, para un T: 50 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

**Para T: 25 años**

Tabla III. 18 Valores de Hietograma de diseño para un T: 25 años, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	18.87	18.87	18.87	18.87	0.77
2	120	11.86	23.72	4.85	4.85	0.82
3	180	9.04	27.12	3.4	3.4	0.88
4	240	7.46	29.82	2.7	2.7	0.95
5	300	6.42	32.1	2.28	2.28	1.04
6	360	5.68	34.09	1.99	1.99	1.15
7	420	5.12	35.87	1.78	1.78	1.29
8	480	4.69	37.48	1.61	1.61	1.49
9	540	4.33	38.97	1.49	1.49	1.78
10	600	4.03	40.35	1.38	1.38	2.28
11	660	3.79	41.64	1.29	1.29	3.4
12	720	3.57	42.85	1.21	1.21	18.87
13	780	3.38	44	1.15	1.15	4.85
14	840	3.22	45.09	1.09	1.09	2.7
15	900	3.08	46.13	1.04	1.04	1.99
16	960	2.94	47.12	0.99	0.99	1.61
17	1020	2.83	48.07	0.95	0.95	1.38
18	1080	2.72	48.99	0.92	0.92	1.21
19	1140	2.62	49.87	0.88	0.88	1.09
20	1200	2.54	50.72	0.85	0.85	0.99
21	1260	2.45	51.54	0.82	0.82	0.92
22	1320	2.38	52.34	0.8	0.8	0.85
23	1380	2.31	53.11	0.77	0.77	0.8
24	1440	2.24	53.86	0.75	0.75	0.75

Fuente: Propia

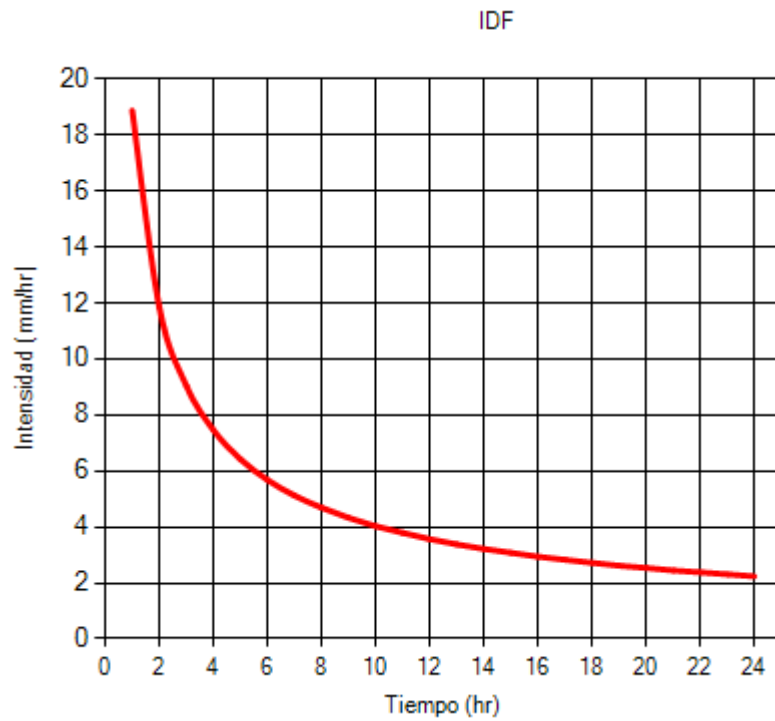


Gráfico 35: Curva IDF, para un T: 25 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

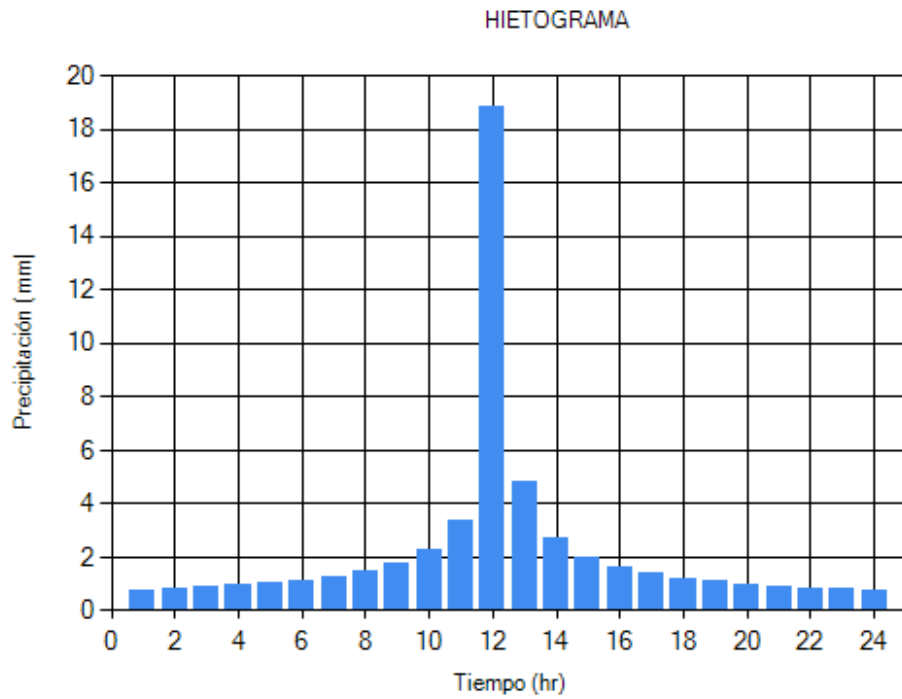


Gráfico 36: Hietograma de diseño, para un T: 25 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

**Para T: 10 años**

Tabla III. 19 Valores de Hietograma de diseño para un T: 10 años, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	16.04	16.04	16.04	16.04	0.66
2	120	10.08	20.16	4.12	4.12	0.7
3	180	7.68	23.05	2.89	2.89	0.75
4	240	6.34	25.34	2.29	2.29	0.81
5	300	5.46	27.28	1.94	1.94	0.88
6	360	4.83	28.97	1.69	1.69	0.97
7	420	4.35	30.48	1.51	1.51	1.09
8	480	3.98	31.85	1.37	1.37	1.27
9	540	3.68	33.12	1.27	1.27	1.51
10	600	3.43	34.29	1.17	1.17	1.94
11	660	3.22	35.38	1.09	1.09	2.89
12	720	3.03	36.42	1.04	1.04	16.04
13	780	2.88	37.39	0.97	0.97	4.12
14	840	2.74	38.32	0.93	0.93	2.29
15	900	2.61	39.2	0.88	0.88	1.69
16	960	2.5	40.04	0.84	0.84	1.37
17	1020	2.4	40.85	0.81	0.81	1.17
18	1080	2.31	41.63	0.78	0.78	1.04
19	1140	2.23	42.38	0.75	0.75	0.93
20	1200	2.16	43.1	0.72	0.72	0.84
21	1260	2.09	43.8	0.7	0.7	0.78
22	1320	2.02	44.48	0.68	0.68	0.72
23	1380	1.96	45.14	0.66	0.66	0.68
24	1440	1.91	45.77	0.63	0.63	0.63

Fuente: Propia



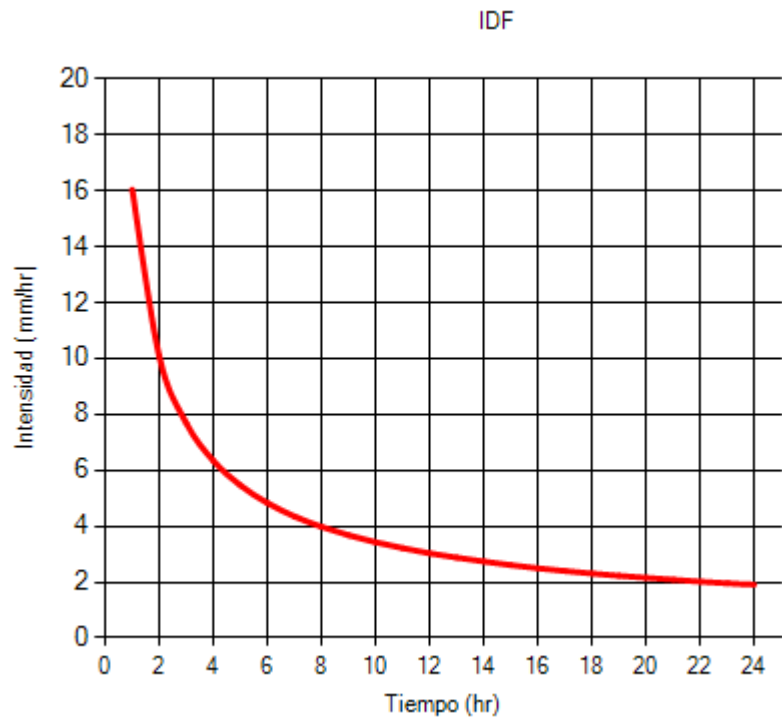


Gráfico 37: Curva IDF, para un T: 10 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

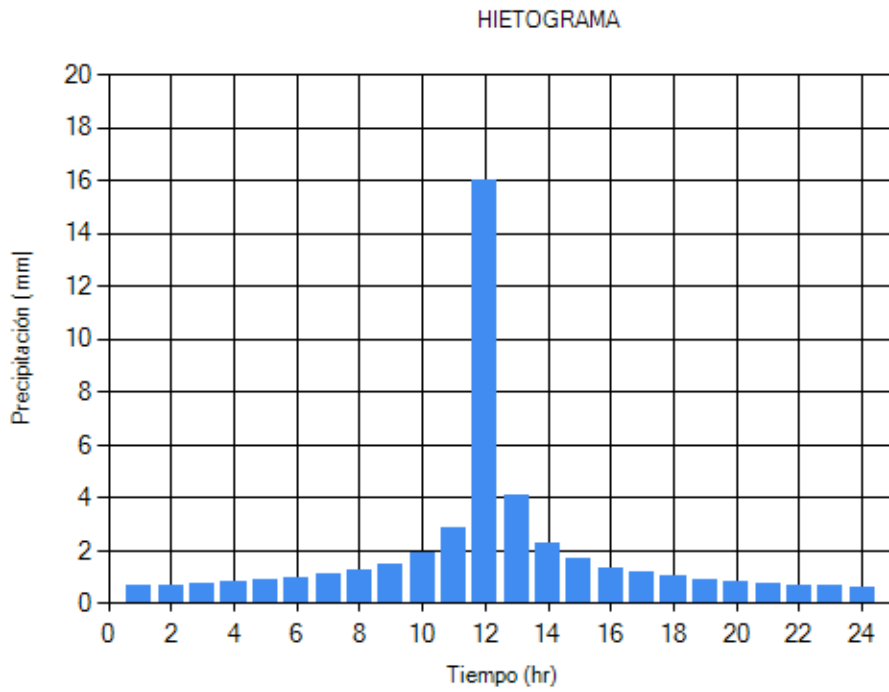


Gráfico 38: Hietograma de diseño, para un T: 10 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

### Para T: 5 años

Tabla III. 20 Valores de Hietograma de diseño para un T: 5 años, estación Salpo.

n	t(min)	i(mm/hr)	P(mm)	pi-pi(mm)	Int. Par	Prec. Alt
1	60	13.89	13.89	13.89	13.89	0.57
2	120	8.73	17.46	3.57	3.57	0.6
3	180	6.66	19.97	2.51	2.51	0.65
4	240	5.49	21.95	1.98	1.98	0.7
5	300	4.73	23.63	1.68	1.68	0.77
6	360	4.18	25.1	1.47	1.47	0.84
7	420	3.77	26.41	1.31	1.31	0.95
8	480	3.45	27.6	1.19	1.19	1.09
9	540	3.19	28.69	1.09	1.09	1.31
10	600	2.97	29.7	1.01	1.01	1.68
11	660	2.79	30.65	0.95	0.95	2.51
12	720	2.63	31.55	0.9	0.9	13.89
13	780	2.49	32.39	0.84	0.84	3.57
14	840	2.37	33.19	0.8	0.8	1.98
15	900	2.26	33.96	0.77	0.77	1.47
16	960	2.17	34.69	0.73	0.73	1.19
17	1020	2.08	35.39	0.7	0.7	1.01
18	1080	2	36.06	0.67	0.67	0.9
19	1140	1.93	36.71	0.65	0.65	0.8
20	1200	1.87	37.34	0.63	0.63	0.73
21	1260	1.81	37.94	0.6	0.6	0.67
22	1320	1.75	38.53	0.59	0.59	0.63
23	1380	1.7	39.1	0.57	0.57	0.59
24	1440	1.65	39.65	0.55	0.55	0.55

Fuente: Propia

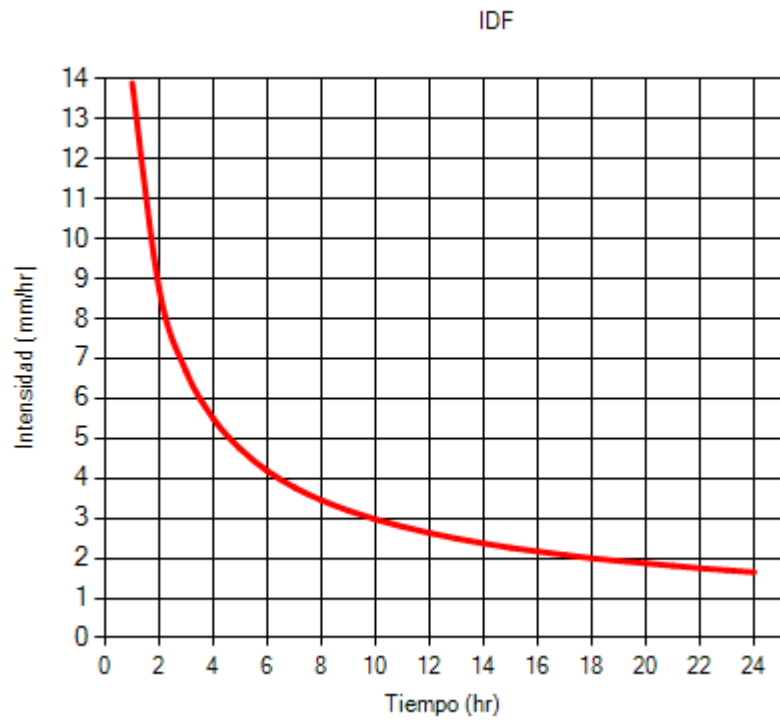


Gráfico 39: Curva IDF, para un T: 5 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

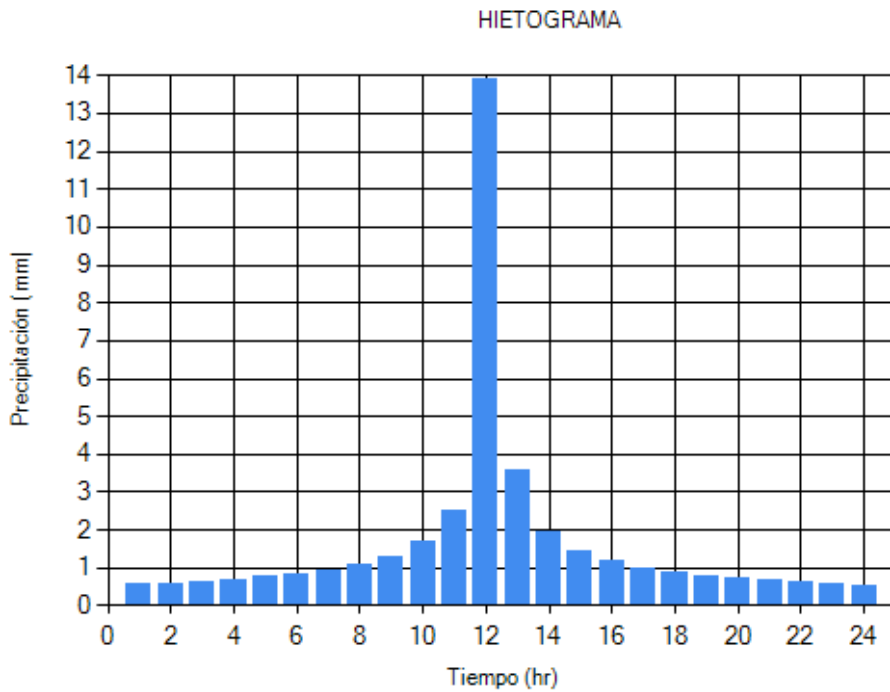


Gráfico 40: Hietograma de diseño, para un T: 5 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

**Para T: 2 años**

Tabla III. 21 Valores de Hietograma de diseño para un T: 2 años, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>t(min)</b>	<b>i(mm/hr)</b>	<b>P(mm)</b>	<b>pi-pi(mm)</b>	<b>Int. Par</b>	<b>Prec. Alt</b>
1	60	11.06	11.06	11.06	11.06	0.45
2	120	6.95	13.9	2.84	2.84	0.48
3	180	5.3	15.89	1.99	1.99	0.51
4	240	4.37	17.47	1.58	1.58	0.56
5	300	3.76	18.81	1.34	1.34	0.61
6	360	3.33	19.98	1.17	1.17	0.67
7	420	3	21.02	1.04	1.04	0.76
8	480	2.75	21.97	0.95	0.95	0.87
9	540	2.54	22.84	0.87	0.87	1.04
10	600	2.36	23.64	0.8	0.8	1.34
11	660	2.22	24.4	0.76	0.76	1.99
12	720	2.09	25.11	0.71	0.71	11.06
13	780	1.98	25.78	0.67	0.67	2.84
14	840	1.89	26.42	0.64	0.64	1.58
15	900	1.8	27.03	0.61	0.61	1.17
16	960	1.73	27.61	0.58	0.58	0.95
17	1020	1.66	28.17	0.56	0.56	0.8
18	1080	1.59	28.71	0.54	0.54	0.71
19	1140	1.54	29.22	0.51	0.51	0.64
20	1200	1.49	29.72	0.5	0.5	0.58
21	1260	1.44	30.2	0.48	0.48	0.54
22	1320	1.39	30.67	0.47	0.47	0.5
23	1380	1.35	31.12	0.45	0.45	0.47
24	1440	1.32	31.56	0.44	0.44	0.44

Fuente: Propia

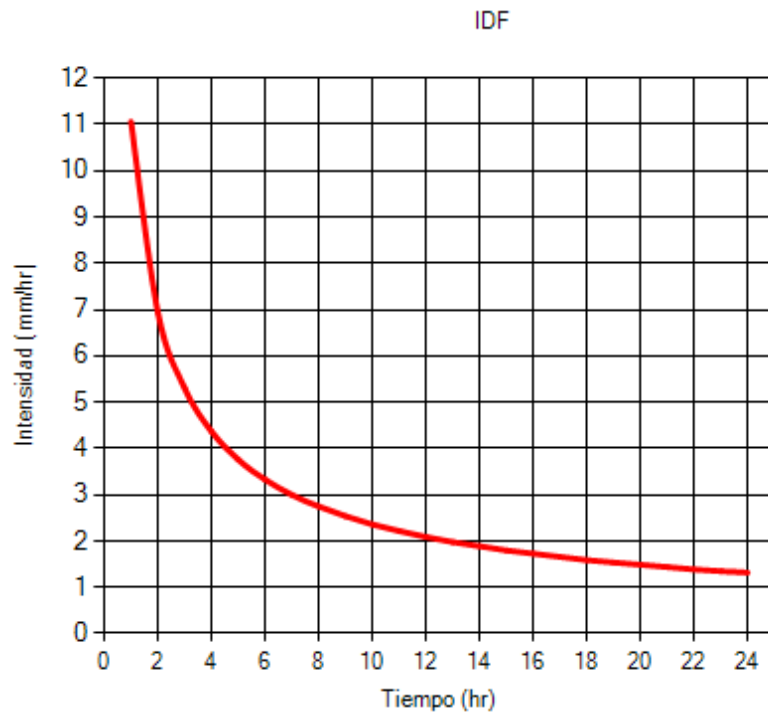


Gráfico 41: Curva IDF, para un T: 2 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

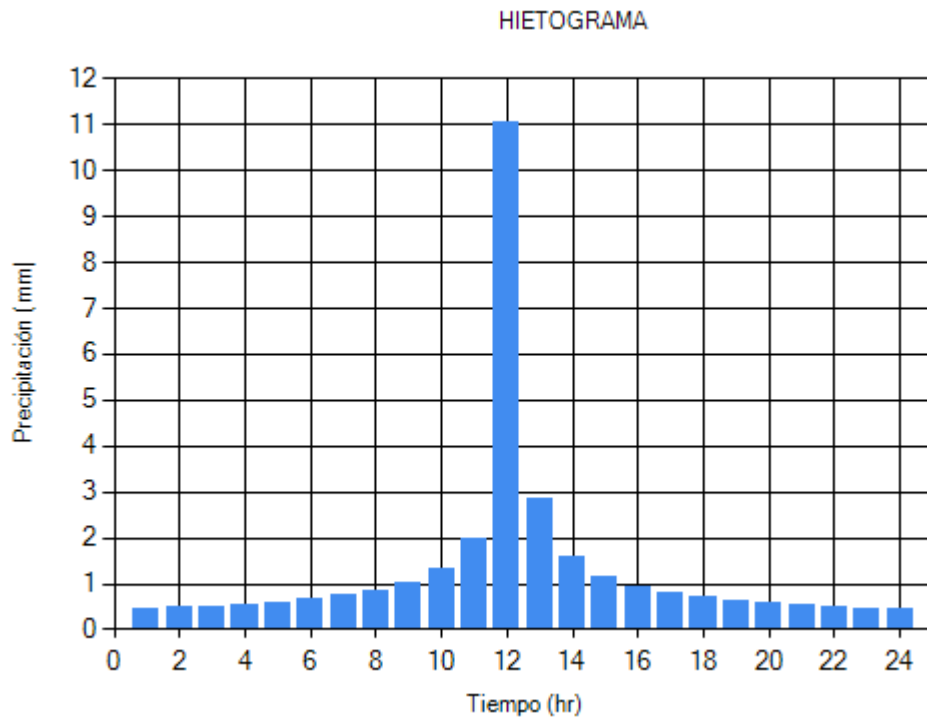


Gráfico 42: Hietograma de diseño, para un T: 2 años, estación Salpo (Fuente: Propia).

**CAPITULO IV**  
**HIETOGRAMAS DE DISEÑO A PARTIR DE DATOS DE**  
**PRECIPTACIONES MÁXIMAS ANUALES EN 24 HORAS**  
**Tratamiento y Evaluación de la Información**  
**Pluviométrica**

**A. Recopilación de la Información Pluviométrica**

Se cuenta con la información de las precipitaciones máximas mensuales en 24 horas para cada año de registro, de las estaciones Quiruvilca, Salpo y Julcán brindada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), los cuales son mostrados en las siguientes tablas:

Tabla IV. 1 Registro histórico de precipitaciones máximas – Estación Quiruvilca.

ESTACIÓN: QUIRUVILCA				COORDENADAS:		Latitud:			-8.007676°		Altitud:	3993
						Longitud:			-78.309879°			
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1965	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	19	6	18	10	14
1966	9	11	10	9	0	0	0	0	11	12	9	12
1967	13	12	13	9	10.5	5	7.5	13	13	11.5	13	11.5
1968	12	13	11.5	8	5	5.5	4	4.5	7.5	4.5	4	4.5
1969	3	7	8	6.5	3.5	5	2.5	2.5	2.5	5	6	5.5
1970	7	4	4.5	5	4	2	4.5	3	4.5	5	4.5	4.5
1971	3.5	5	5.5	6	3.5	3.5	2	5	6	4	5.5	6.5
1972	4.5	4.5	4.5	3	4.5	4	3	2	3	4	3.5	4.5
1973	6.5	4.5	4.5	4.5	6.5	3	5	5.5	3.5	4	5.5	4
1974	3.5	5	6	S/D	3	3.5	2.5	1.5	3	3.5	3.5	5
1975	6	10.5	17	7	5	3	4	4.5	4.5	4	4	4.5
1976	4.5	6	9.5	9.8	9.7	6.5	3.5	4.5	5.5	7	4.5	15.5
1977	10.8	17.5	11.5	14.5	11	6	12.3	7	6	10	9.5	7.5
1978	6.5	8.5	10.5	10.5	9.5	4	8	2.5	11.5	22.3	16.8	13.7
1979	9.7	15.5	36.3	22.8	12.7	7.3	12.5	6.7	15.7	8.8	6	9.5
1980	14.5	14.4	19.4	24.4	22.8	9.5	0	6.5	5.3	19.7	18.5	17.6
1981	14	23.9	15.2	11.6	7.5	11.3	0	8	12.8	14.3	14.5	19.8
1982	14	15.3	16.6	16.2	13.2	3.6	0	10.5	12.2	28.6	16.9	20.2

1983	27.1	15.6	42	27.7	15.9	10.8	3.2	3.8	10.4	15.2	8.8	10.7
1984	20.9	47.5	27.8	21.6	11.8	22.6	9.7	5.2	16.2	17.4	16.3	7.8
1985	4.3	16.6	27.3	15.5	11.5	8.7	6.3	7.3	7.8	23.8	8.4	21.7
1986	34.3	23.2	24.5	27.7	20.7	9.6	10.8	5.3	11.2	23.7	22.7	29.6
1987	22.5	22.9	7.7	12.8	17.7	0	3.5	5.8	21.7	25.4	22	19.4
1988	19.7	21.4	14.8	21.6	18.2	8.3	0	3.5	17.3	16.3	11.8	17.8
1989	20.4	24.8	29.5	24.4	23.8	7.7	0	3.2	14.7	S/D	S/D	S/D
1990	14.3	16.8	25.5	22.9	20.9	2.3	0	0	10.5	18.8	25.8	20.9
1991	9.2	18.9	16.7	18.3	19.4	8.5	5.6	0	7.6	6.2	0	8
1992	5.5	9.2	29.5	24.4	23.8	7.7	0	3.2	18.6	16.3	11.8	17.8
1993	17.8	27.5	35.1	30.4	27.5	12.9	5.5	7.3	23.6	25.6	35.8	38.6
1994	22.5	29.5	29.5	30.7	33.7	24.8	9.3	5.3	18.5	24.2	5.1	34.2
1995	22.7	10	12.7	18.8	13.8	9	6.6	4.3	12.2	20.8	32.4	17.3
1996	32.9	25.4	31.8	19.5	7.8	3.3	1.1	12.2	9.5	18.7	11.6	12.5
1997	10	29.3	24	S/D	10.3	11.9	7.1	7.7	16.2	14.6	23	28.6
1998	23.7	32.5	42.6	16.7	9.7	2.5	2.5	24.9	16.7	26.5	4.3	12.9
1999	19.8	37.2	24.1	33.2	20.6	17	11.6	4.3	26.6	11.5	12.2	21.3
2000	28.6	23	30.3	18	21.9	11	7.9	7.5	11.4	7.2	28.9	36.3
2001	20.9	16.8	32.3	27.7	26.3	9.7	5	S/D	14.2	23.6	32.4	25.7
2002	32.3	17.6	24	44.7	8	19.1	12.4	0	30.1	30.9	22.5	28.8
2003	34.6	24.4	24.5	14.1	13.6	12.6	5	0	10.6	14.6	11.2	26.6
2004	37	29.3	27.4	28.8	17.2	S/D	17.7	0	16.3	24.8	22.6	26.3
2005	20.4	38.5	29.3	14	6.4	3.5	9.2	14.7	18.4	22.7	17	26.2
2006	18.1	22.9	27.5	13.3	14.1	11.3	4.8	8.1	12.9	31.2	14.8	21.7
2007	28.9	21.6	35.3	17.7	22.4	4.8	11.1	6	9.8	16.3	12.4	40.4
2008	31.4	25.5	32.2	20.8	21.5	13.5	10.7	8.8	17.5	16	19.3	9.2
2009	25.2	15.9	24.5	23.4	22	3.8	8.6	10.2	3.1	13.7	19.3	23.2
2010	12.6	18.8	18.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: SENAMHI.

Tabla IV. 2 Registro histórico de precipitaciones máximas – Estación Salpo.

ESTACIÓN: SALPO				COORDENADAS:		Latitud:			-8.008785°		Altitud:	3412
						Longitud:			-78.609278°			
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	1.3	11.6	14.1	6.7
1964	12.2	13.6	13.6	16.3	9.3	9.9	2.9	5.6	3.4	14.2	10	5.5
1965	17	11.5	15.2	12	8.5	3.6	4.6	2.1	4.6	8	8.9	17.6
1966	22.3	16.6	11.5	10	3.6	0	0	2.7	13.6	19.2	9.1	7.8
1967	24.3	38.5	12.1	8.3	5.9	1.4	9.7	1.5	9.1	13.6	4.6	2.4
1968	8.3	16.8	12.8	4.7	2.7	0	4	4.2	6	14.2	11.1	4.1
1969	5.7	16.7	23.8	20.4	9.6	6.2	0	5.9	7.9	24.3	16	27
1970	31.6	11.7	25.8	17.6	8.2	9.1	4.5	6.4	8.3	14.4	16	9.6
1971	9.9	21.3	22.2	13.1	19.5	9.8	1.3	13.5	9	6.3	9.6	7.5
1972	17.3	21	19.6	8.1	6.6	6.3	5.5	10.4	5.4	5.1	13.2	17
1973	15.8	9.6	21.2	15	9.1	5.1	8.7	9.4	9.5	9.2	10	10
1974	11.5	10.5	8.2	11.3	2.8	7.7	5.5	6	14.4	7.7	5	13.8
1975	28.4	18.7	25.9	21.4	6.7	7.3	2.5	16	10	12.1	15.4	2.8
1976	11	10.5	20.2	7.7	6.1	9.3	0	2.8	0	7.1	4.7	14.9
1977	31.6	19.1	14.1	14	11.2	0	3	1	2.4	5.9	5.4	11.7
1978	19.6	9.4	13.8	10.4	10	0	2.1	0	18.1	4.2	7.8	11.5
1979	6.7	11.3	69.5	10	5.4	0	4.6	2.5	6.2	5.8	0	15
1980	9.9	0	20.2	18.7	6.6	0	0	5	0	12.7	12.3	8.9
1981	35.3	22.3	14.6	14.9	0	11.2	0	6.5	0	16.9	9.4	18.9
1982	8.6	14.2	14.3	18.3	10.9	0	2.5	0	12.6	12.5	22.5	30.6
1983	18.5	31.4	48.3	22.8	5.8	7.5	0	0	7	7.2	8.9	21.7
1984	15	26	28.6	10.2	13.4	2.8	3.2	1.5	9.6	10.5	16	5.2
1985	6.2	26.3	10.5	15.5	10.2	0	10.2	12.2	17.3	13	1.6	12.3
1986	18.8	18.9	23.3	9.6	8.1	0	0	5	3.2	11	8.6	15.8
1987	16.2	23.3	13.1	25	4.5	1.5	2.5	1.6	9.3	5	6.2	9.4
1988	20	14.5	12	13.4	9.4	1.4	1.2	12.2	5.6	14	4	0
1989	16.4	26.5	20	10	7	6	6	4	5	25	4.2	0
1990	7.4	14.5	21.5	14	14	6.5	0	0	12.2	20.4	3	9.6
1991	15.8	19	20.6	20	10	0.3	0	0	9	10	20	10.2
1992	22	10	20	10.4	20	14	8.4	1.3	9	5	5.8	2.8
1993	20.3	18	25	21.2	6.9	3.4	9	2	18	11	10	12.8
1994	15.3	40	20	14	20	6.2	3.5	0	16.4	2.1	14.4	14.4
1995	18.4	23	12	16	5.7	4	8.7	3	7.4	12	8.2	14



1996	18	35.5	14	10.6	7.5	3.2	0.4	6.5	9	9.5	1.5	2.5
1997	5.5	26	10.5	15.5	6.2	4	2	0	5.5	7	18.4	18.6
1998	18.8	28.5	28	22.1	15.5	3.5	2.2	7.5	14.5	11.5	9.2	7.4
1999	18.5	31.8	9.2	10	10.7	6.6	4	0.5	5.8	7.4	4.8	10
2000	12.7	18.3	20	20.6	13.6	11.5	3.6	10.8	8.5	18	11.2	24
2001	18.7	12.8	29	21.6	10	6.5	4	0.3	6	5.7	8.4	12.8
2002	7.5	29	19.7	9.8	3.8	12	0.3	0	1.8	15.2	14.9	11
2003	12.6	29	25.2	23	4.2	10	5.8	0	2.2	5	8	10.5
2004	8	16.9	10.4	10.2	3.4	0.2	2	0	6.7	20.8	7.2	16
2005	16.4	10	10.2	12.4	1	0.6	0	9.8	6.5	16	11.2	9
2006	13.6	30.6	33	20.5	8.4	5.5	0	8.6	7	4.2	19	5.4
2007	12.9	10.4	20.4	12.6	7.4	0	5.6	5.4	5.5	11.4	20.3	6.3
2008	12.5	16	16	16	4.3	6	3.5	2.4	10.6	14.2	43	1.3
2009	30.5	10.3	14.2	12.2	4.8	3	9.2	3.6	1.4	12.6	14.5	10
2010	10.2	24.9	9.6	15	6.4	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: SENAMHI.

Tabla IV. 3 Registro histórico de precipitaciones máximas – Estación Julcán.

ESTACIÓN: JULCÁN				COORDENADAS:		Latitud:			-8.053452°		Altitud:	3448	
AÑO		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set			Oct
1963	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	9	14.2	36.2	18	
1964	19.5	23	28	32	7	2.5	6.8	11.1	12.5	14.7	12	6	
1965	29	29.5	25.2	17	13	7.2	8	7.4	9.8	6.7	7.2	11	
1966	17.4	12.5	13	9.7	9.3	4.6	0	4.2	7.2	12.7	2.3	10.2	
1967	23.6	21.4	15.4	6.3	9.6	2.7	5.6	4.3	6.8	15.1	8.6	2.7	
1968	4.6	8.2	12.3	4.3	6.8	0	0	4.7	4.7	9.3	10.3	12.2	
1969	12.5	10.3	18.4	12.2	8.7	10.3	0	4.6	4.8	5.3	26	18	
1970	19	0	20	19	13.3	7.3	0	7.6	8.5	S/D	7.8	16.3	
1971	8.9	28.3	32.1	8.2	7.4	4.2	4.7	9.6	9.2	8.3	7.3	8.4	
1972	12.4	11.3	19.2	12.3	11.5	4.7	3.2	9.2	7.3	7.2	9.5	15.7	
1973	34.9	9.8	17	20.3	20.6	7.3	17.5	4.7	8.5	13.5	12.8	9.6	
1974	13.4	11.4	24.7	18.7	5.4	12.7	6.4	13.4	12.4	9.6	15.2	11.5	
1975	23	32.6	14.3	19.7	S/D	0	4.2	18.7	19.5	27.7	13.5	10.2	
1976	23.8	13.2	31	12.4	5.4	4.7	0	9.5	0.4	0	4.5	9.5	
1977	17.2	S/D	S/D	19.2	4.2	0	0	0	0	6.2	12.8	29.3	
1978	15	14.7	26.8	15.3	7.2	3.4	1.3	0	14.4	8.1	18.8	12.8	
1979	26.1	16	43.3	0	3.4	3.5	0	14.8	12.3	0	3	6.7	

1980	11.3	6.2	34.2	7.2	2.5	0	0	2	0	21.4	28.2	25.5
1981	42.6	26.1	32.7	10.2	18.2	10.5	0	10.5	2.2	15.2	10.2	16.7
1982	5.6	3.2	21.3	12.5	12.3	0	6.1	7	0	11.6	17.6	17
1983	17.7	35.2	18.6	25.7	0	0	0	0	26.4	33.3	16	22.6
1984	20.2	25.9	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1985	9.2	22.2	16.3	0	0	3	0	0.3	9.9	11.1	0	19.2
1986	29.8	12.5	17.2	11.4	2.1	0	0	3.6	30.1	9.1	9.5	24.5
1987	24.6	13.5	32.3	25	3.2	2	4.2	0	4.5	5.1	15.9	10.2
1988	28.9	12.9	11.2	9.4	9.1	7.4	0	9.3	8.2	24.7	9.7	7.3
1989	19.8	25.8	16.1	6.5	3	0	0	1.2	8.5	13.9	0	0
1990	10.2	14.6	16.5	7.5	0	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D
1991	0	10.2	9	29.6	16.5	0	0	7.1	0	10.7	10.2	12.5
1992	9.2	14.5	17.6	19.4	15.2	5.1	5.6	0	0	S/D	S/D	S/D
1993	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.8	17.9	10.1	7.3	15.2
1994	10	14.2	22.1	14.9	5.7	3.5	1	0.8	6	7.1	13.9	18.1
1995	19.9	12.2	19.1	10	12.1	2.5	1.9	2.1	14	20.4	23	37.4
1996	25.6	48	24.9	26.2	14.3	3.6	0.6	10.5	9.7	21.3	15.7	22.6
1997	6.6	27.7	24.5	40.1	12.9	2.5	0	5.2	14.3	15	22.5	29
1998	29.2	31.2	33.3	21.5	7.7	5	0.7	8.8	31.2	12.7	14.1	18.8
1999	36.8	42.1	28.8	23.1	18.3	12.9	19.9	9.3	26.9	18.4	15.8	22.2
2000	32.5	28.3	33.8	31	18.3	12.9	5.3	28.1	5.8	11.2	20.4	22.1
2001	39.5	18.5	50	18.1	17.2	13.1	4.3	0	16.5	18.1	16.2	15.5
2002	17.7	25.9	30.3	29.8	6.1	11.9	2.3	0	0	11.3	22.4	10
2003	20	18.5	17.5	22.5	4.7	3.9	4.5	5.5	5	13.1	11.9	29.3
2004	9.9	47.7	21.3	14.6	12.5	4.2	7.7	0	14.9	18.8	29.8	22
2005	26.4	20.7	40.7	14.1	5.3	2.2	0	3.5	2.2	18.7	6.6	18.6
2006	24.4	31.1	40.9	14.6	2.9	9.4	2.1	8.1	14.7	9.5	41	27.5
2007	25.7	15	36.7	27.4	19.6	4.3	4.9	11.2	20.5	22.9	14.1	20.5
2008	34.5	34.6	27.5	18.3	5.6	12.2	2.7	2.8	29	28.6	25.4	22
2009	31.7	24.5	36.3	25.8	17.9	13.8	8.6	9.4	8.3	20.5	19.5	15.9
2010	27.3	32	17.5	20.1	12.9	9.6	18.4	3.6	12.3	3.3	11.5	22.6
2011	34.1	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D

Fuente: SENAMHI.

## **B. Selección de la Estación Patrón o Índice.**

De las tres estaciones seleccionadas, se eligirá una selección patrón la cual nos servirá para realizar la completación de datos faltantes, esta selección se realizará en base a un análisis gráfico de doble masa a la par se obtendrá su coeficiente de regresión lineal para apoyar a lo que gráficamente se pueda concluir.

Así mismo se hará uso del programa “Hydracces” el cual hace uso del concepto de vector regional para elegir la estación índice o estación patrón, los resultados que nos da el programa son gráficos y numéricos. El programa nos muestra un gráfico de doble masa de las estaciones con respecto a la estación ficticia, creada por el método del vector regional y además nos brinda los resultados de coeficientes de correlación de cada estación respecto a la estación ficticia, la correlación que sea más cercana a 1 será la elegida como estación índice.

**Paso 1:** Homogeneizar la matriz de datos de cada una de las estaciones.

Teniendo en cuenta que las estaciones no han comenzado en el mismo año con su registro histórico y que hay estaciones que presentan escasez de datos en varios meses de ciertos años de registro, se procedió en consecuencia a eliminar estos años en donde la información pluviométrica es escasa para todas las estaciones, con el fin de obtener una mejor conclusión para la selección de la estación patrón.

La información corregida para la elaboración del diagrama de doble masa se muestra en las siguientes tablas:

Tabla IV. 4 Registro histórico Quiruvilca Modificado y sumatoria de sus valores mensuales por año.

<b>ESTACIÓN: QUIRUVILCA</b>				<b>COORDENADAS:</b>		<b>Latitud:</b>			<b>-8.007676°</b>		<b>Altitud:</b>		<b>3993</b>
<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>SUMA</b>
1966	9.00	11.00	10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	12.00	9.00	12.00	83.00
1967	13.00	12.00	13.00	9.00	10.50	5.00	7.50	13.00	13.00	11.50	13.00	11.50	132.00
1968	12.00	13.00	11.50	8.00	5.00	5.50	4.00	4.50	7.50	4.50	4.00	4.50	84.00
1969	3.00	7.00	8.00	6.50	3.50	5.00	2.50	2.50	2.50	5.00	6.00	5.50	57.00
1970	7.00	4.00	4.50	5.00	4.00	2.00	4.50	3.00	4.50	5.00	4.50	4.50	52.50
1971	3.50	5.00	5.50	6.00	3.50	3.50	2.00	5.00	6.00	4.00	5.50	6.50	56.00
1972	4.50	4.50	4.50	3.00	4.50	4.00	3.00	2.00	3.00	4.00	3.50	4.50	45.00
1973	6.50	4.50	4.50	4.50	6.50	3.00	5.00	5.50	3.50	4.00	5.50	4.00	57.00
1974	3.50	5.00	6.00		3.00	3.50	2.50	1.50	3.00	3.50	3.50	5.00	40.00
1975	6.00	10.50	17.00	7.00	5.00	3.00	4.00	4.50	4.50	4.00	4.00	4.50	74.00
1976	4.50	6.00	9.50	9.80	9.70	6.50	3.50	4.50	5.50	7.00	4.50	15.50	86.50
1977	10.80	17.50	11.50	14.50	11.00	6.00	12.30	7.00	6.00	10.00	9.50	7.50	123.60
1978	6.50	8.50	10.50	10.50	9.50	4.00	8.00	2.50	11.50	22.30	16.80	13.70	124.30
1979	9.70	15.50	36.30	22.80	12.70	7.30	12.50	6.70	15.70	8.80	6.00	9.50	163.50
1980	14.50	14.40	19.40	24.40	22.80	9.50	0.00	6.50	5.30	19.70	18.50	17.60	172.60
1981	14.00	23.90	15.20	11.60	7.50	11.30	0.00	8.00	12.80	14.30	14.50	19.80	152.90
1982	14.00	15.30	16.60	16.20	13.20	3.60	0.00	10.50	12.20	28.60	16.90	20.20	167.30
1983	27.10	15.60	42.00	27.70	15.90	10.80	3.20	3.80	10.40	15.20	8.80	10.70	191.20
1985	4.30	16.60	27.30	15.50	11.50	8.70	6.30	7.30	7.80	23.80	8.40	21.70	159.20
1986	34.30	23.20	24.50	27.70	20.70	9.60	10.80	5.30	11.20	23.70	22.70	29.60	243.30
1987	22.50	22.90	7.70	12.80	17.70	0.00	3.50	5.80	21.70	25.40	22.00	19.40	181.40
1988	19.70	21.40	14.80	21.60	18.20	8.30	0.00	3.50	17.30	16.30	11.80	17.80	170.70
1989	20.40	24.80	29.50	24.40	23.80	7.70	0.00	3.20	14.70				148.50
1991	9.20	18.90	16.70	18.30	19.40	8.50	5.60	0.00	7.60	6.20	0.00	8.00	118.40
1992	5.50	9.20	29.50	24.40	23.80	7.70	0.00	3.20	18.60	16.30	11.80	17.80	167.80
1994	22.50	29.50	29.50	30.70	33.70	24.80	9.30	5.30	18.50	24.20	5.10	34.20	267.30
1995	22.70	10.00	12.70	18.80	13.80	9.00	6.60	4.30	12.20	20.80	32.40	17.30	180.60
1996	32.90	25.40	31.80	19.50	7.80	3.30	1.10	12.20	9.50	18.70	11.60	12.50	186.30
1997	10.00	29.30	24.00		10.30	11.90	7.10	7.70	16.20	14.60	23.00	28.60	182.70
1998	23.70	32.50	42.60	16.70	9.70	2.50	2.50	24.90	16.70	26.50	4.30	12.90	215.50
1999	19.80	37.20	24.10	33.20	20.60	17.00	11.60	4.30	26.60	11.50	12.20	21.30	239.40
2000	28.60	23.00	30.30	18.00	21.90	11.00	7.90	7.50	11.40	7.20	28.90	36.30	232.00

2001	20.90	16.80	32.30	27.70	26.30	9.70	5.00		14.20	23.60	32.40	25.70	234.60
2002	32.30	17.60	24.00	44.70	8.00	19.10	12.40	0.00	30.10	30.90	22.50	28.80	270.40
2003	34.60	24.40	24.50	14.10	13.60	12.60	5.00	0.00	10.60	14.60	11.20	26.60	191.80
2004	37.00	29.30	27.40	28.80	17.20		17.70	0.00	16.30	24.80	22.60	26.30	247.40
2005	20.40	38.50	29.30	14.00	6.40	3.50	9.20	14.70	18.40	22.70	17.00	26.20	220.30
2006	18.10	22.90	27.50	13.30	14.10	11.30	4.80	8.10	12.90	31.20	14.80	21.70	200.70
2007	28.90	21.60	35.30	17.70	22.40	4.80	11.10	6.00	9.80	16.30	12.40	40.40	226.70
2008	31.40	25.50	32.20	20.80	21.50	13.50	10.70	8.80	17.50	16.00	19.30	9.20	226.40
2009	25.20	15.90	24.50	23.40	22.00	3.80	8.60	10.20	3.10	13.70	19.30	23.20	192.90

Fuente: propia.

Tabla IV. 5 Registro histórico Salpo Modificado y sumatoria de sus valores mensuales por año.

<b>ESTACIÓN: SALPO</b>				<b>COORDENADAS:</b>			<b>Latitud:</b>			<b>-8.008785°</b>			<b>Altitud:</b>		<b>3412</b>
							<b>Longitud:</b>			<b>-78.609278°</b>					
<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>SUMA</b>		
1966	22.30	16.60	11.50	10.00	3.60	0.00	0.00	2.70	13.60	19.20	9.10	7.80	116.40		
1967	24.30	38.50	12.10	8.30	5.90	1.40	9.70	1.50	9.10	13.60	4.60	2.40	131.40		
1968	8.30	16.80	12.80	4.70	2.70	0.00	4.00	4.20	6.00	14.20	11.10	4.10	88.90		
1969	5.70	16.70	23.80	20.40	9.60	6.20	0.00	5.90	7.90	24.30	16.00	27.00	163.50		
1970	31.60	11.70	25.80	17.60	8.20	9.10	4.50	6.40	8.30	14.40	16.00	9.60	163.20		
1971	9.90	21.30	22.20	13.10	19.50	9.80	1.30	13.50	9.00	6.30	9.60	7.50	143.00		
1972	17.30	21.00	19.60	8.10	6.60	6.30	5.50	10.40	5.40	5.10	13.20	17.00	135.50		
1973	15.80	9.60	21.20	15.00	9.10	5.10	8.70	9.40	9.50	9.20	10.00	10.00	132.60		
1974	11.50	10.50	8.20	11.30	2.80	7.70	5.50	6.00	14.40	7.70	5.00	13.80	104.40		
1975	28.40	18.70	25.90	21.40	6.70	7.30	2.50	16.00	10.00	12.10	15.40	2.80	167.20		
1976	11.00	10.50	20.20	7.70	6.10	9.30	0.00	2.80	0.00	7.10	4.70	14.90	94.30		
1977	31.60	19.10	14.10	14.00	11.20	0.00	3.00	1.00	2.40	5.90	5.40	11.70	119.40		
1978	19.60	9.40	13.80	10.40	10.00	0.00	2.10	0.00	18.10	4.20	7.80	11.50	106.90		
1979	6.70	11.30	69.50	10.00	5.40	0.00	4.60	2.50	6.20	5.80	0.00	15.00	137.00		
1980	9.90	0.00	20.20	18.70	6.60	0.00	0.00	5.00	0.00	12.70	12.30	8.90	94.30		
1981	35.30	22.30	14.60	14.90	0.00	11.20	0.00	6.50	0.00	16.90	9.40	18.90	150.00		
1982	8.60	14.20	14.30	18.30	10.90	0.00	2.50	0.00	12.60	12.50	22.50	30.60	147.00		
1983	18.50	31.40	48.30	22.80	5.80	7.50	0.00	0.00	7.00	7.20	8.90	21.70	179.10		
1985	6.20	26.30	10.50	15.50	10.20	0.00	10.20	12.20	17.30	13.00	1.60	12.30	135.30		
1986	18.80	18.90	23.30	9.60	8.10	0.00	0.00	5.00	3.20	11.00	8.60	15.80	122.30		
1987	16.20	23.30	13.10	25.00	4.50	1.50	2.50	1.60	9.30	5.00	6.20	9.40	117.60		
1988	20.00	14.50	12.00	13.40	9.40	1.40	1.20	12.20	5.60	14.00	4.00	0.00	107.70		

1989	16.40	26.50	20.00	10.00	7.00	6.00	6.00	4.00	5.00	25.00	4.20	0.00	130.10
1991	15.80	19.00	20.60	20.00	10.00	0.30	0.00	0.00	9.00	10.00	20.00	10.20	134.90
1992	22.00	10.00	20.00	10.40	20.00	14.00	8.40	1.30	9.00	5.00	5.80	2.80	128.70
1994	15.30	40.00	20.00	14.00	20.00	6.20	3.50	0.00	16.40	2.10	14.40	14.40	166.30
1995	18.40	23.00	12.00	16.00	5.70	4.00	8.70	3.00	7.40	12.00	8.20	14.00	132.40
1996	18.00	35.50	14.00	10.60	7.50	3.20	0.40	6.50	9.00	9.50	1.50	2.50	118.20
1997	5.50	26.00	10.50	15.50	6.20	4.00	2.00	0.00	5.50	7.00	18.40	18.60	119.20
1998	18.80	28.50	28.00	22.10	15.50	3.50	2.20	7.50	14.50	11.50	9.20	7.40	168.70
1999	18.50	31.80	9.20	10.00	10.70	6.60	4.00	0.50	5.80	7.40	4.80	10.00	119.30
2000	12.70	18.30	20.00	20.60	13.60	11.50	3.60	10.80	8.50	18.00	11.20	24.00	172.80
2001	18.70	12.80	29.00	21.60	10.00	6.50	4.00	0.30	6.00	5.70	8.40	12.80	135.80
2002	7.50	29.00	19.70	9.80	3.80	12.00	0.30	0.00	1.80	15.20	14.90	11.00	125.00
2003	12.60	29.00	25.20	23.00	4.20	10.00	5.80	0.00	2.20	5.00	8.00	10.50	135.50
2004	8.00	16.90	10.40	10.20	3.40	0.20	2.00	0.00	6.70	20.80	7.20	16.00	101.80
2005	16.40	10.00	10.20	12.40	1.00	0.60	0.00	9.80	6.50	16.00	11.20	9.00	103.10
2006	13.60	30.60	33.00	20.50	8.40	5.50	0.00	8.60	7.00	4.20	19.00	5.40	155.80
2007	12.90	10.40	20.40	12.60	7.40	0.00	5.60	5.40	5.50	11.40	20.30	6.30	118.20
2008	12.50	16.00	16.00	16.00	4.30	6.00	3.50	2.40	10.60	14.20	43.00	1.30	145.80
2009	30.50	10.30	14.20	12.20	4.80	3.00	9.20	3.60	1.40	12.60	14.50	10.00	126.30

Fuente: propia.

Tabla IV. 6 Registro histórico Julcán Modificado y sumatoria de sus valores mensuales por año.

ESTACIÓN: JULCÁN				COORDENADAS:		Latitud:			-8.053452°		Altitud:		3448
						Longitud:			-78.502164°				
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	SUMA
1966	17.40	12.50	13.00	9.70	9.30	4.60	0.00	4.20	7.20	12.70	2.30	10.20	103.10
1967	23.60	21.40	15.40	6.30	9.60	2.70	5.60	4.30	6.80	15.10	8.60	2.70	122.10
1968	4.60	8.20	12.30	4.30	6.80	0.00	0.00	4.70	4.70	9.30	10.30	12.20	77.40
1969	12.50	10.30	18.40	12.20	8.70	10.30	0.00	4.60	4.80	5.30	26.00	18.00	131.10
1970	19.00	0.00	20.00	19.00	13.30	7.30	0.00	7.60	8.50		7.80	16.30	118.80
1971	8.90	28.30	32.10	8.20	7.40	4.20	4.70	9.60	9.20	8.30	7.30	8.40	136.60
1972	12.40	11.30	19.20	12.30	11.50	4.70	3.20	9.20	7.30	7.20	9.50	15.70	123.50
1973	34.90	9.80	17.00	20.30	20.60	7.30	17.50	4.70	8.50	13.50	12.80	9.60	176.50
1974	13.40	11.40	24.70	18.70	5.40	12.70	6.40	13.40	12.40	9.60	15.20	11.50	154.80
1975	23.00	32.60	14.30	19.70		0.00	4.20	18.70	19.50	27.70	13.50	10.20	183.40
1976	23.80	13.20	31.00	12.40	5.40	4.70	0.00	9.50	0.40	0.00	4.50	9.50	114.40
1977	17.20			19.20	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	12.80	29.30	88.90

1978	15.00	14.70	26.80	15.30	7.20	3.40	1.30	0.00	14.40	8.10	18.80	12.80	137.80
1979	26.10	16.00	43.30	0.00	3.40	3.50	0.00	14.80	12.30	0.00	3.00	6.70	129.10
1980	11.30	6.20	34.20	7.20	2.50	0.00	0.00	2.00	0.00	21.40	28.20	25.50	138.50
1981	42.60	26.10	32.70	10.20	18.20	10.50	0.00	10.50	2.20	15.20	10.20	16.70	195.10
1982	5.60	3.20	21.30	12.50	12.30	0.00	6.10	7.00	0.00	11.60	17.60	17.00	114.20
1983	17.70	35.20	18.60	25.70	0.00	0.00	0.00	0.00	26.40	33.30	16.00	22.60	195.50
1985	9.20	22.20	16.30	0.00	0.00	3.00	0.00	0.30	9.90	11.10	0.00	19.20	91.20
1986	29.80	12.50	17.20	11.40	2.10	0.00	0.00	3.60	30.10	9.10	9.50	24.50	149.80
1987	24.60	13.50	32.30	25.00	3.20	2.00	4.20	0.00	4.50	5.10	15.90	10.20	140.50
1988	28.90	12.90	11.20	9.40	9.10	7.40	0.00	9.30	8.20	24.70	9.70	7.30	138.10
1989	19.80	25.80	16.10	6.50	3.00	0.00	0.00	1.20	8.50	13.90	0.00	0.00	94.80
1991	0.00	10.20	9.00	29.60	16.50	0.00	0.00	7.10	0.00	10.70	10.20	12.50	105.80
1992	9.20	14.50	17.60	19.40	15.20	5.10	5.60	0.00	0.00				86.60
1994	10.00	14.20	22.10	14.90	5.70	3.50	1.00	0.80	6.00	7.10	13.90	18.10	117.30
1995	19.90	12.20	19.10	10.00	12.10	2.50	1.90	2.10	14.00	20.40	23.00	37.40	174.60
1996	25.60	48.00	24.90	26.20	14.30	3.60	0.60	10.50	9.70	21.30	15.70	22.60	223.00
1997	6.60	27.70	24.50	40.10	12.90	2.50	0.00	5.20	14.30	15.00	22.50	29.00	200.30
1998	29.20	31.20	33.30	21.50	7.70	5.00	0.70	8.80	31.20	12.70	14.10	18.80	214.20
1999	36.80	42.10	28.80	23.10	18.30	12.90	19.90	9.30	26.90	18.40	15.80	22.20	274.50
2000	32.50	28.30	33.80	31.00	18.30	12.90	5.30	28.10	5.80	11.20	20.40	22.10	249.70
2001	39.50	18.50	50.00	18.10	17.20	13.10	4.30	0.00	16.50	18.10	16.20	15.50	227.00
2002	17.70	25.90	30.30	29.80	6.10	11.90	2.30	0.00	0.00	11.30	22.40	10.00	167.70
2003	20.00	18.50	17.50	22.50	4.70	3.90	4.50	5.50	5.00	13.10	11.90	29.30	156.40
2004	9.90	47.70	21.30	14.60	12.50	4.20	7.70	0.00	14.90	18.80	29.80	22.00	203.40
2005	26.40	20.70	40.70	14.10	5.30	2.20	0.00	3.50	2.20	18.70	6.60	18.60	159.00
2006	24.40	31.10	40.90	14.60	2.90	9.40	2.10	8.10	14.70	9.50	41.00	27.50	226.20
2007	25.70	15.00	36.70	27.40	19.60	4.30	4.90	11.20	20.50	22.90	14.10	20.50	222.80
2008	34.50	34.60	27.50	18.30	5.60	12.20	2.70	2.80	29.00	28.60	25.40	22.00	243.20
2009	31.70	24.50	36.30	25.80	17.90	13.80	8.60	9.40	8.30	20.50	19.50	15.90	232.20

Fuente: propia.

**Paso 2:** Elaborar el acumulado anual de cada estación pluviométrica, así como el promedio del acumulado anual de las estaciones en estudio.

Previamente a elaborar el gráfico de doble masa se realiza el cálculo de los acumulados anuales de cada estación, así como el promedio acumulado entre estas, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 7 Tabla de acumulados anuales en cada estación y su acumulado anual promedio.

años	QUIRUVILCA	SALPO	JULCAN	ACUMULADO ANUAL			PROMEDIO
				QUIRUVILCA	SALPO	JULCAN	
1966	83.00	116.40	103.10	83.00	116.40	103.10	100.83
1967	132.00	131.40	122.10	215.00	247.80	225.20	229.33
1968	84.00	88.90	77.40	299.00	336.70	302.60	312.77
1969	57.00	163.50	131.10	356.00	500.20	433.70	429.97
1970	52.50	163.20	118.80	408.50	663.40	552.50	541.47
1971	56.00	143.00	136.60	464.50	806.40	689.10	653.33
1972	45.00	135.50	123.50	509.50	941.90	812.60	754.67
1973	57.00	132.60	176.50	566.50	1074.50	989.10	876.70
1974	40.00	104.40	154.80	606.50	1178.90	1143.90	976.43
1975	74.00	167.20	183.40	680.50	1346.10	1327.30	1117.97
1976	86.50	94.30	114.40	767.00	1440.40	1441.70	1216.37
1977	123.60	119.40	88.90	890.60	1559.80	1530.60	1327.00
1978	124.30	106.90	137.80	1014.90	1666.70	1668.40	1450.00
1979	163.50	137.00	129.10	1178.40	1803.70	1797.50	1593.20
1980	172.60	94.30	138.50	1351.00	1898.00	1936.00	1728.33
1981	152.90	150.00	195.10	1503.90	2048.00	2131.10	1894.33
1982	167.30	147.00	114.20	1671.20	2195.00	2245.30	2037.17
1983	191.20	179.10	195.50	1862.40	2374.10	2440.80	2225.77
1985	159.20	135.30	91.20	2021.60	2509.40	2532.00	2354.33
1986	243.30	122.30	149.80	2264.90	2631.70	2681.80	2526.13
1987	181.40	117.60	140.50	2446.30	2749.30	2822.30	2672.63
1988	170.70	107.70	138.10	2617.00	2857.00	2960.40	2811.47
1989	148.50	130.10	94.80	2765.50	2987.10	3055.20	2935.93
1991	118.40	134.90	105.80	2883.90	3122.00	3161.00	3055.63
1992	167.80	128.70	86.60	3051.70	3250.70	3247.60	3183.33
1994	267.30	166.30	117.30	3319.00	3417.00	3364.90	3366.97



1995	180.60	132.40	174.60	3499.60	3549.40	3539.50	3529.50
1996	186.30	118.20	223.00	3685.90	3667.60	3762.50	3705.33
1997	182.70	119.20	200.30	3868.60	3786.80	3962.80	3872.73
1998	215.50	168.70	214.20	4084.10	3955.50	4177.00	4072.20
1999	239.40	119.30	274.50	4323.50	4074.80	4451.50	4283.27
2000	232.00	172.80	249.70	4555.50	4247.60	4701.20	4501.43
2001	234.60	135.80	227.00	4790.10	4383.40	4928.20	4700.57
2002	270.40	125.00	167.70	5060.50	4508.40	5095.90	4888.27
2003	191.80	135.50	156.40	5252.30	4643.90	5252.30	5049.50
2004	247.40	101.80	203.40	5499.70	4745.70	5455.70	5233.70
2005	220.30	103.10	159.00	5720.00	4848.80	5614.70	5394.50
2006	200.70	155.80	226.20	5920.70	5004.60	5840.90	5588.73
2007	226.70	118.20	222.80	6147.40	5122.80	6063.70	5777.97
2008	226.40	145.80	243.20	6373.80	5268.60	6306.90	5983.10
2009	192.90	126.30	232.20	6566.70	5394.90	6539.10	6166.90

Fuente: propia.

### **Paso 3:** Gráfico doble masa

Se obtiene ploteando en el eje de las abscisas los valores acumulados del promedio y en el eje de las ordenadas cada uno de los valores, será escogido como estación índice la estación que presente menos quiebres y se asemeje lo más posible a una recta, a la vez también es posible obtener su coeficiente de correlación de cada estación con respecto al promedio acumulado el valor de R que se asemeje a 1 será elegido como estación índice.

Los resultados se muestran a continuación:

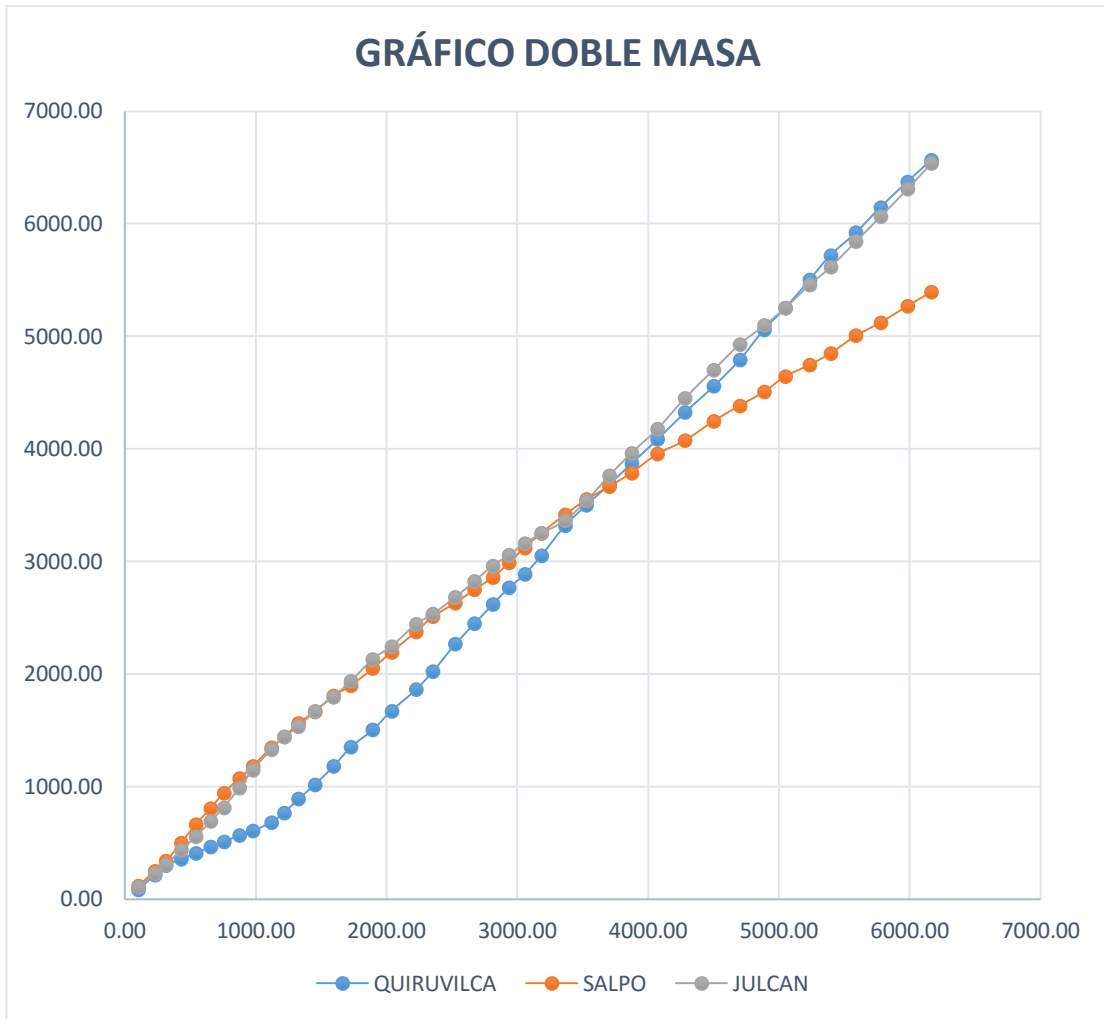


Gráfico 43. Doble masa del acumulado de cada estación versus su acumulado promedio (Fuente: Propia).

De estos gráficos se pudo obtener los coeficientes de correlación:

	<b>R2</b>	<b>R</b>
Salpo	0.9918	0.99589156
Julcán	0.9982	0.99909959
Quiruvilca	0.9936	0.99679486

Con lo cual se concluye que la estación índice será la estación Julcán.

**Paso 4:** Análisis en el programa “HYDRACCES”.

Para corroborar lo concluido en el paso anterior se realizó el análisis de la selección índice usando el programa “Hydracces” que utiliza el concepto de vector regional para la selección de la estación índice.

Para ingresar la data pluviométrica al programa es necesario previamente definir un código o ID para cada estación.

Id_Station	Nom
100	QUIRUVILCA
200	SALPO
300	JULCAN

Se ingresó la data pluviométrica en bruto, es decir con los años que tiene carecen de información pluviométrica en algunos meses, la data utilizada se puede apreciar en las tablas IV.1, IV.2 y IV.3.

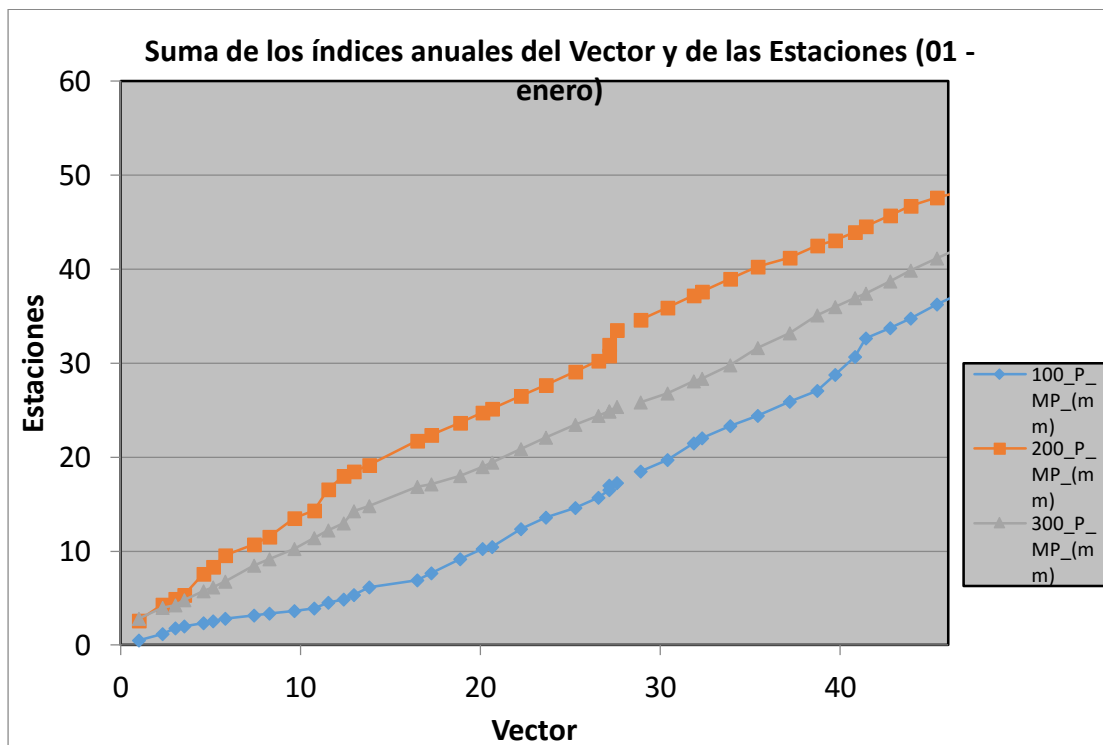


Gráfico 44. Doble masa realizado en el programa Hydracces (Fuente: Propia).

Del gráfico también se puede concluir que la estación índice es la estación Julcán al presentar menos quiebres y una tendencia lineal, esta conclusión gráfica también se encuentra apoyada por una conclusión numérica que muestra la correlación de cada una de las estaciones con la estación Ficticia dada por el método del vector regional.

Tabla IV. 8 Resultados de parámetros del Vector Regional usando el programa Hydracces.

Id Estación	Homogeneidad B.M.	Correl. /Vector	Calidad(/10)	Evaluación(/10)
100_P_MP_(mm)	0.001	0.49	3.1	3
200_P_MP_(mm)	0.104	0.504	4.8	4.8
300_P_MP_(mm)	0.201	0.839	6.7	6.7

Fuente: Propia

### C. Completación de la información faltante en el registro histórico de las estaciones pluviométricas.

Al ser la estación Julcán la estación índice, la convierte en la adecuada para completar datos; Sin embargo, es la que más años tiene con data faltante, además la estación Salpo tiene toda su registro histórico completo y la estación Quiruvilca tiene muy poca información faltante.

Por lo que se decidió rellenar la data de la estación Quiruvilca contando solo con la información propia de la estación, un método muy efectivo para esto es el de la media y desviación estándar (ec 2.4). La estación Quiruvilca completada se muestra en la siguiente tabla.

Tabla IV. 9 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Quiruvilca- completado por el método: Media – Desviación Stándar.

<b>ESTACIÓN: QUIRUVILCA</b>				<b>COORDENADAS:</b>		<b>Latitud:</b>		<b>-8.007676°</b>		<b>Altitud:</b>		<b>3993</b>
<b>AÑO</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Set</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
1966	9.00	11.00	10.00	9.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.00	12.00	9.00	12.00
1967	13.00	12.00	13.00	9.00	10.50	5.00	7.50	13.00	13.00	11.50	13.00	11.50
1968	12.00	13.00	11.50	8.00	5.00	5.50	4.00	4.50	7.50	4.50	4.00	4.50
1969	3.00	7.00	8.00	6.50	3.50	5.00	2.50	2.50	2.50	5.00	6.00	5.50
1970	7.00	4.00	4.50	5.00	4.00	2.00	4.50	3.00	4.50	5.00	4.50	4.50
1971	3.50	5.00	5.50	6.00	3.50	3.50	2.00	5.00	6.00	4.00	5.50	6.50
1972	4.50	4.50	4.50	3.00	4.50	4.00	3.00	2.00	3.00	4.00	3.50	4.50
1973	6.50	4.50	4.50	4.50	6.50	3.00	5.00	5.50	3.50	4.00	5.50	4.00
1974	3.50	5.00	6.00	5.25	3.00	3.50	2.50	1.50	3.00	3.50	3.50	5.00
1975	6.00	10.50	17.00	7.00	5.00	3.00	4.00	4.50	4.50	4.00	4.00	4.50
1976	4.50	6.00	9.50	9.80	9.70	6.50	3.50	4.50	5.50	7.00	4.50	15.50
1977	10.80	17.50	11.50	14.50	11.00	6.00	12.30	7.00	6.00	10.00	9.50	7.50
1978	6.50	8.50	10.50	10.50	9.50	4.00	8.00	2.50	11.50	22.30	16.80	13.70
1979	9.70	15.50	36.30	22.80	12.70	7.30	12.50	6.70	15.70	8.80	6.00	9.50
1980	14.50	14.40	19.40	24.40	22.80	9.50	0.00	6.50	5.30	19.70	18.50	17.60
1981	14.00	23.90	15.20	11.60	7.50	11.30	0.00	8.00	12.80	14.30	14.50	19.80
1982	14.00	15.30	16.60	16.20	13.20	3.60	0.00	10.50	12.20	28.60	16.90	20.20
1983	27.10	15.60	42.00	27.70	15.90	10.80	3.20	3.80	10.40	15.20	8.80	10.70
1984	20.90	47.50	27.80	21.60	11.80	22.60	9.70	5.20	16.20	17.40	16.30	7.80
1985	4.30	16.60	27.30	15.50	11.50	8.70	6.30	7.30	7.80	23.80	8.40	21.70
1986	34.30	23.20	24.50	27.70	20.70	9.60	10.80	5.30	11.20	23.70	22.70	29.60
1987	22.50	22.90	7.70	12.80	17.70	0.00	3.50	5.80	21.70	25.40	22.00	19.40
1988	19.70	21.40	14.80	21.60	18.20	8.30	0.00	3.50	17.30	16.30	11.80	17.80
1989	20.40	24.80	29.50	24.40	23.80	7.70	0.00	3.20	14.70	10.93	3.64	13.53
1990	14.30	16.80	25.50	22.90	20.90	2.30	0.00	0.00	10.50	18.80	25.80	20.90
1991	9.20	18.90	16.70	18.30	19.40	8.50	5.60	0.00	7.60	6.20	0.00	8.00
1992	5.50	9.20	29.50	24.40	23.80	7.70	0.00	3.20	18.60	16.30	11.80	17.80
1993	17.80	27.50	35.10	30.40	27.50	12.90	5.50	7.30	23.60	25.60	35.80	38.60
1994	22.50	29.50	29.50	30.70	33.70	24.80	9.30	5.30	18.50	24.20	5.10	34.20
1995	22.70	10.00	12.70	18.80	13.80	9.00	6.60	4.30	12.20	20.80	32.40	17.30
1996	32.90	25.40	31.80	19.50	7.80	3.30	1.10	12.20	9.50	18.70	11.60	12.50
1997	10.00	29.30	24.00	17.08	10.30	11.90	7.10	7.70	16.20	14.60	23.00	28.60
1998	23.70	32.50	42.60	16.70	9.70	2.50	2.50	24.90	16.70	26.50	4.30	12.90

1999	19.80	37.20	24.10	33.20	20.60	17.00	11.60	4.30	26.60	11.50	12.20	21.30
2000	28.60	23.00	30.30	18.00	21.90	11.00	7.90	7.50	11.40	7.20	28.90	36.30
2001	20.90	16.80	32.30	27.70	26.30	9.70	5.00	6.16	14.20	23.60	32.40	25.70
2002	32.30	17.60	24.00	44.70	8.00	19.10	12.40	0.00	30.10	30.90	22.50	28.80
2003	34.60	24.40	24.50	14.10	13.60	12.60	5.00	0.00	10.60	14.60	11.20	26.60
2004	37.00	29.30	27.40	28.80	17.20	16.80	17.70	0.00	16.30	24.80	22.60	26.30
2005	20.40	38.50	29.30	14.00	6.40	3.50	9.20	14.70	18.40	22.70	17.00	26.20
2006	18.10	22.90	27.50	13.30	14.10	11.30	4.80	8.10	12.90	31.20	14.80	21.70
2007	28.90	21.60	35.30	17.70	22.40	4.80	11.10	6.00	9.80	16.30	12.40	40.40
2008	31.40	25.50	32.20	20.80	21.50	13.50	10.70	8.80	17.50	16.00	19.30	9.20
2009	25.20	15.90	24.50	23.40	22.00	3.80	8.60	10.20	3.10	13.70	19.30	23.20

Fuente: propia.

Para la estación Julcán se utilizó igualmente el método de media y desviación estándar para la completación de algunos datos de meses puntuales, pero al tener también algunos años con varios meses faltantes (los años de 1984, 1990 y 1993) se optó por utilizar para estos casos el método de regresión lineal simple. Escogiendo la estación Salpo como variable independiente en la ecuación de regresión, para ello se tuvo en cuenta los siguientes criterios:

- La estación Salpo es la que tiene la data completa en todos los meses desde el año 1964 hasta 2009.
- El valor de R de la correlación entre la estación Salpo y Julcán es: 0.61, por lo que se encuentra dentro del rango admisible para utilizar la regresión lineal.

La ecuación de regresión para la relación Salpo- Julcán es:

$$Y = 5.2604 + 0.7411x$$

Por lo que se tiene la siguiente tabla:

Tabla IV. 10 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Julcán- completado por el método: Regresión Lineal Simple.

ESTACIÓN: JULCÁN				COORDENADAS:		Latitud:			-8.053452°	Altitud:		3448
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1964	19.50	23.00	28.00	32.00	7.00	2.50	6.80	11.10	12.50	14.70	12.00	6.00
1965	29.00	29.50	25.20	17.00	13.00	7.20	8.00	7.40	9.80	6.70	7.20	11.00
1966	17.40	12.50	13.00	9.70	9.30	4.60	0.00	4.20	7.20	12.70	2.30	10.20
1967	23.60	21.40	15.40	6.30	9.60	2.70	5.60	4.30	6.80	15.10	8.60	2.70
1968	4.60	8.20	12.30	4.30	6.80	0.00	0.00	4.70	4.70	9.30	10.30	12.20
1969	12.50	10.30	18.40	12.20	8.70	10.30	0.00	4.60	4.80	5.30	26.00	18.00
1970	19.00	0.00	20.00	19.00	13.30	7.30	0.00	7.60	8.50	11.98	7.80	16.30
1971	8.90	28.30	32.10	8.20	7.40	4.20	4.70	9.60	9.20	8.30	7.30	8.40
1972	12.40	11.30	19.20	12.30	11.50	4.70	3.20	9.20	7.30	7.20	9.50	15.70
1973	34.90	9.80	17.00	20.30	20.60	7.30	17.50	4.70	8.50	13.50	12.80	9.60
1974	13.40	11.40	24.70	18.70	5.40	12.70	6.40	13.40	12.40	9.60	15.20	11.50
1975	23.00	32.60	14.30	19.70	6.71	0.00	4.20	18.70	19.50	27.70	13.50	10.20
1976	23.80	13.20	31.00	12.40	5.40	4.70	0.00	9.50	0.40	0.00	4.50	9.50
1977	17.20	15.89	23.87	19.20	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	12.80	29.30
1978	15.00	14.70	26.80	15.30	7.20	3.40	1.30	0.00	14.40	8.10	18.80	12.80
1979	26.10	16.00	43.30	0.00	3.40	3.50	0.00	14.80	12.30	0.00	3.00	6.70
1980	11.30	6.20	34.20	7.20	2.50	0.00	0.00	2.00	0.00	21.40	28.20	25.50
1981	42.60	26.10	32.70	10.20	18.20	10.50	0.00	10.50	2.20	15.20	10.20	16.70
1982	5.60	3.20	21.30	12.50	12.30	0.00	6.10	7.00	0.00	11.60	17.60	17.00
1983	17.70	35.20	18.60	25.70	0.00	0.00	0.00	0.00	26.40	33.30	16.00	22.60
1984	20.20	25.90	26.46	12.82	15.19	7.34	7.63	6.37	12.37	13.04	17.12	9.11
1985	9.20	22.20	16.30	0.00	0.00	3.00	0.00	0.30	9.90	11.10	0.00	19.20
1986	29.80	12.50	17.20	11.40	2.10	0.00	0.00	3.60	30.10	9.10	9.50	24.50
1987	24.60	13.50	32.30	25.00	3.20	2.00	4.20	0.00	4.50	5.10	15.90	10.20
1988	28.90	12.90	11.20	9.40	9.10	7.40	0.00	9.30	8.20	24.70	9.70	7.30
1989	19.80	25.80	16.10	6.50	3.00	0.00	0.00	1.20	8.50	13.90	0.00	0.00
1990	10.20	14.60	16.50	7.50	0.00	10.08	5.26	5.26	14.30	20.38	7.48	12.37
1991	0.00	10.20	9.00	29.60	16.50	0.00	0.00	7.10	0.00	10.70	10.20	12.50
1992	9.20	14.50	17.60	19.40	15.20	5.10	5.60	0.00	0.00	2.54	0.00	5.80
1993	20.30	18.60	23.79	20.97	10.37	7.78	11.93	0.80	17.90	10.10	7.30	15.20
1994	10.00	14.20	22.10	14.90	5.70	3.50	1.00	0.80	6.00	7.10	13.90	18.10
1995	19.90	12.20	19.10	10.00	12.10	2.50	1.90	2.10	14.00	20.40	23.00	37.40
1996	25.60	48.00	24.90	26.20	14.30	3.60	0.60	10.50	9.70	21.30	15.70	22.60
1997	6.60	27.70	24.50	40.10	12.90	2.50	0.00	5.20	14.30	15.00	22.50	29.00

1998	29.20	31.20	33.30	21.50	7.70	5.00	0.70	8.80	31.20	12.70	14.10	18.80
1999	36.80	42.10	28.80	23.10	18.30	12.90	19.90	9.30	26.90	18.40	15.80	22.20
2000	32.50	28.30	33.80	31.00	18.30	12.90	5.30	28.10	5.80	11.20	20.40	22.10
2001	39.50	18.50	50.00	18.10	17.20	13.10	4.30	0.00	16.50	18.10	16.20	15.50
2002	17.70	25.90	30.30	29.80	6.10	11.90	2.30	0.00	0.00	11.30	22.40	10.00
2003	20.00	18.50	17.50	22.50	4.70	3.90	4.50	5.50	5.00	13.10	11.90	29.30
2004	9.90	47.70	21.30	14.60	12.50	4.20	7.70	0.00	14.90	18.80	29.80	22.00
2005	26.40	20.70	40.70	14.10	5.30	2.20	0.00	3.50	2.20	18.70	6.60	18.60
2006	24.40	31.10	40.90	14.60	2.90	9.40	2.10	8.10	14.70	9.50	41.00	27.50
2007	25.70	15.00	36.70	27.40	19.60	4.30	4.90	11.20	20.50	22.90	14.10	20.50
2008	34.50	34.60	27.50	18.30	5.60	12.20	2.70	2.80	29.00	28.60	25.40	22.00
2009	31.70	24.50	36.30	25.80	17.90	13.80	8.60	9.40	8.30	20.50	19.50	15.90
2010	27.30	32.00	17.50	20.10	12.90	9.60	18.40	3.60	12.30	3.30	11.50	22.60

Fuente: Propia.

#### **D. Análisis de Consistencia: Saltos.**

Previamente para la selección de la estación índice, se analizaron los gráficos de doble masa de la data pluviométrica en Excel y en el programa “Hydracces”, llegando a la conclusión de que la estación más consistente es la estación Julcán.

El análisis anterior se complementa con los gráficos de hidrogramas de cada estación para observar los saltos y a su vez analizarlos numéricamente mediante parámetros estadísticos haciendo uso de las pruebas T Student y F de Fisher.

##### **Paso 1:** Elaboración de los Hidrogramas

Para elaborarlos se plotea en el eje de las abscisas el número de meses (tiempo) y en las ordenadas los valores de precipitación de cada estación (mm), se identifica de esta forma los saltos y en donde estos son más notorios.

A continuación, se muestran los hidrogramas para la estación Quiruvilca, Salpo y Julcán respectivamente.



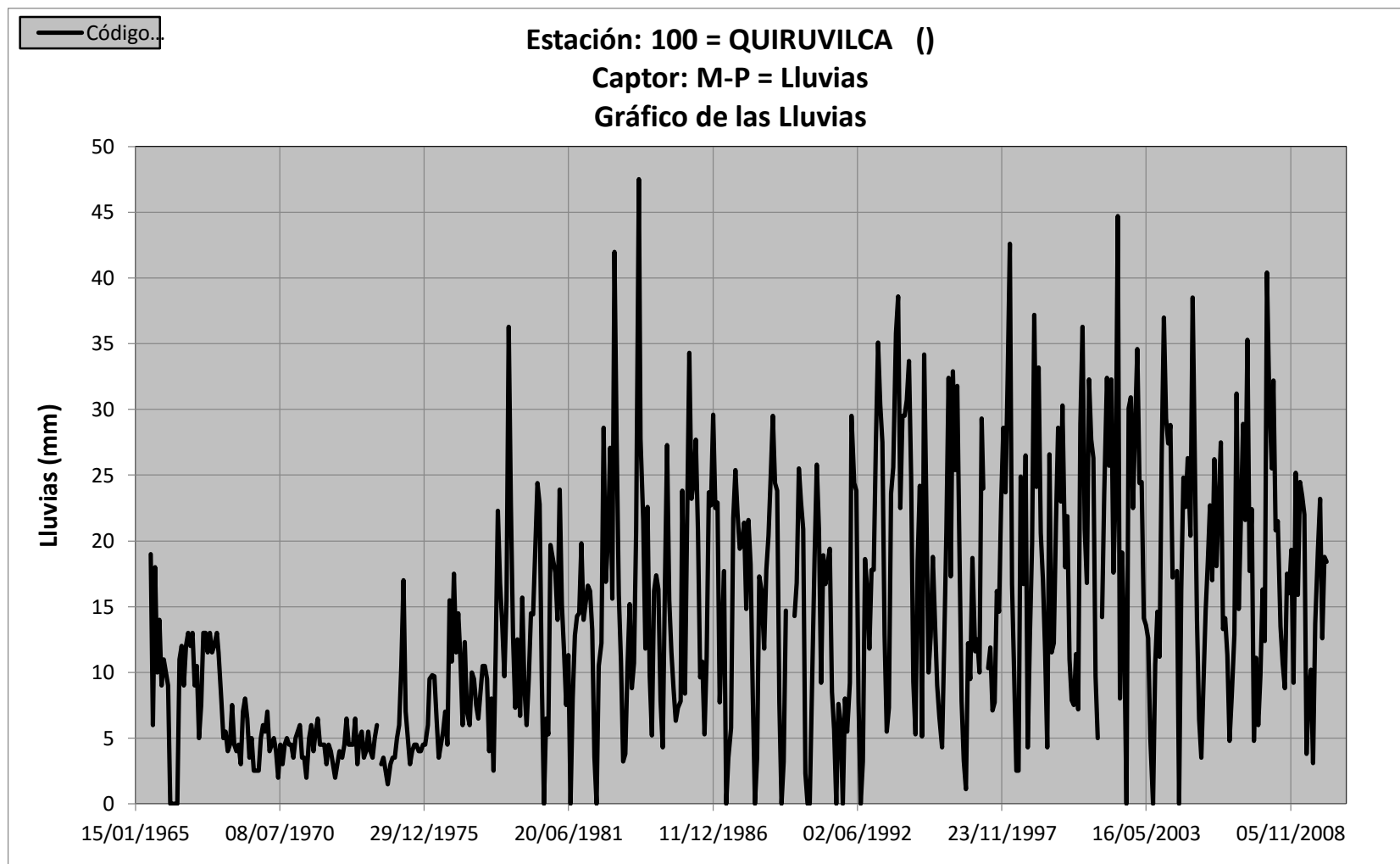


Gráfico 45. Serie histórica de precipitación – Estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

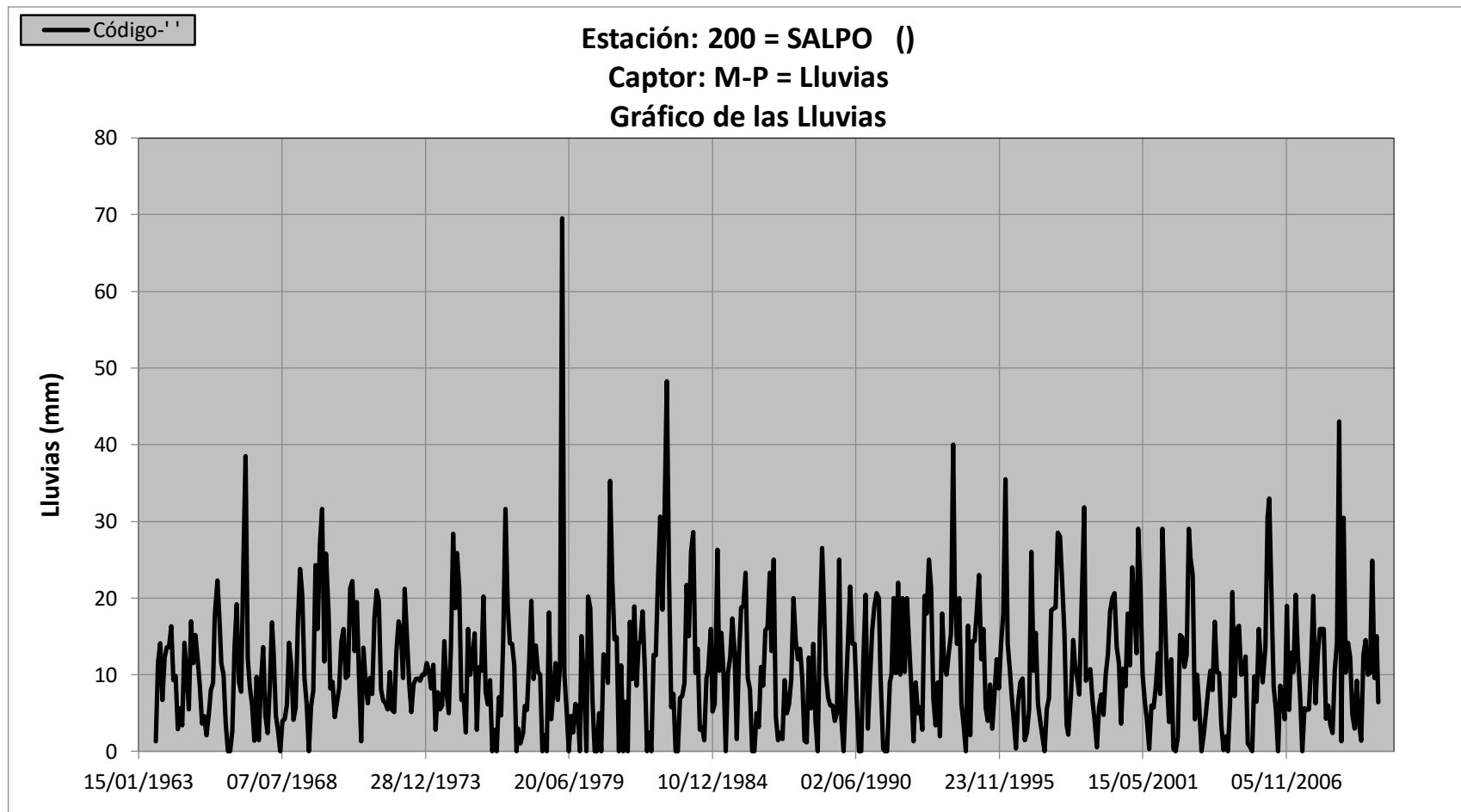


Gráfico 46. Serie histórica de precipitación - Estación Salpo (Fuente: Propia).

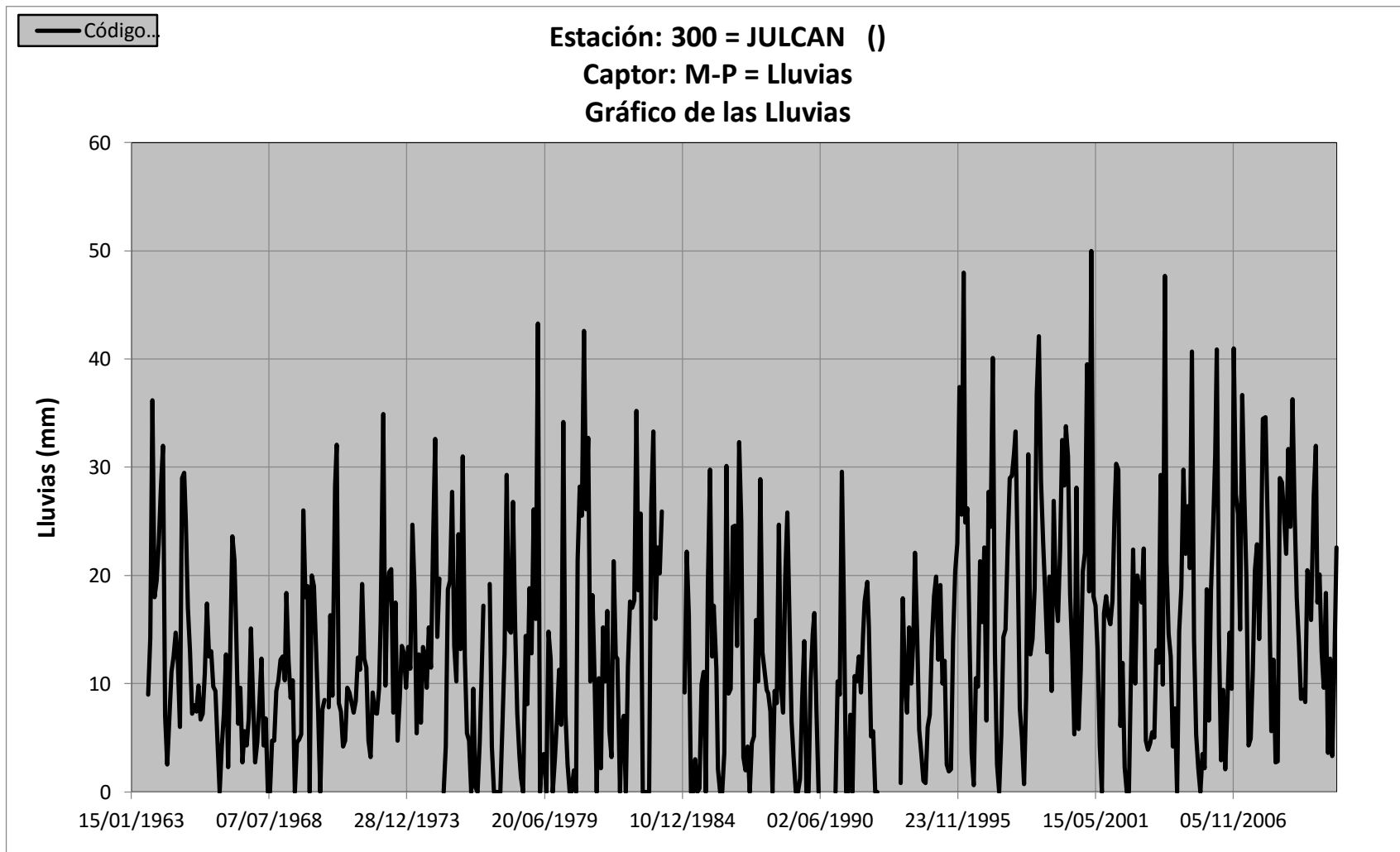


Gráfico 47. Serie histórica de precipitación - Estación Julcán (Fuente: Propia).

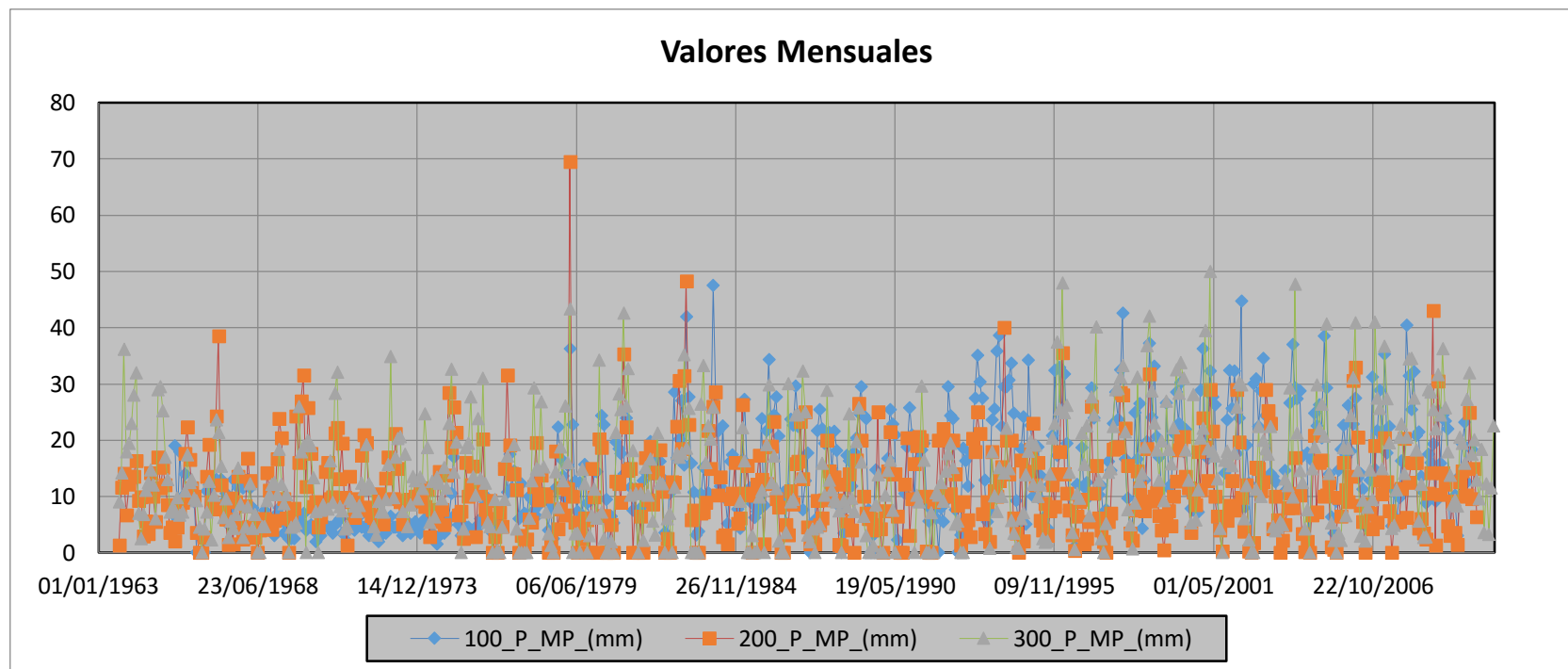


Gráfico 48. Serie histórica de precipitaciones mensuales de las estaciones Quiruvilca, Julcán y Salpo.

De los gráficos mostrados se puede observar que hay saltos notorios en los años de 1982 , 1983 , 1996, 1997, 1998, 2002 y 2004 coincidiendo en varios casos con los fenómenos del niño presentados para esos años, obviando esto, en general se puede decir que las estaciones de Salpo y Julcán no presentan una mayor diferencia de saltos en su data pluviométrica, a excepción de la estación Quiruvilca en la cual se nota un cambio brusco en sus primeros 150 datos, es decir hasta antes del año 1980, para corroborar estas conclusiones visuales, se aplicaran las pruebas estadísticas de T studen y F de Fisher y si es necesario habría que corregir esta información.

## PASO 2: PRUEBAS T STUDENT Y F DE FISHER.

### a) ESTACIÓN QUIRUVILCA

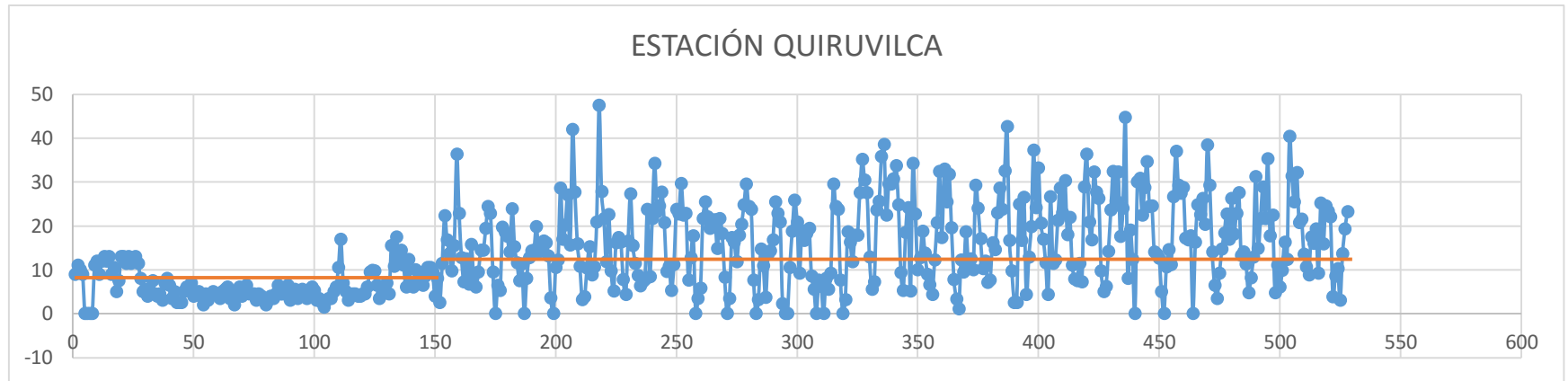


Gráfico 49. Hidrograma de la estación Quiruvilca y análisis de saltos (Fuente: Propia).

Como gráficamente se observa a partir del dato 152 empieza a diferenciarse los valores medios de precipitación del primer periodo respecto al siguiente, por lo que se analizó estadísticamente los períodos que van desde 1 hasta 152 y del 153 hasta el 304.

	ni	Media i	Var i	Tc	Ttabla	Conclusión
1	152	6.28850972	12.4785771	<b>11.8570627</b>	1.7247	<b>medias diferentes</b>
2	152	15.1947496	72.7159092			

Fc	Ftabla	Conclusion
5.82725968	1.263	<b>Varianzas diferentes</b>

Conclusión: estación inconsistente.

En consecuencia, se tuvo que corregir ese periodo, quedando el hidrograma como se muestra a continuación:

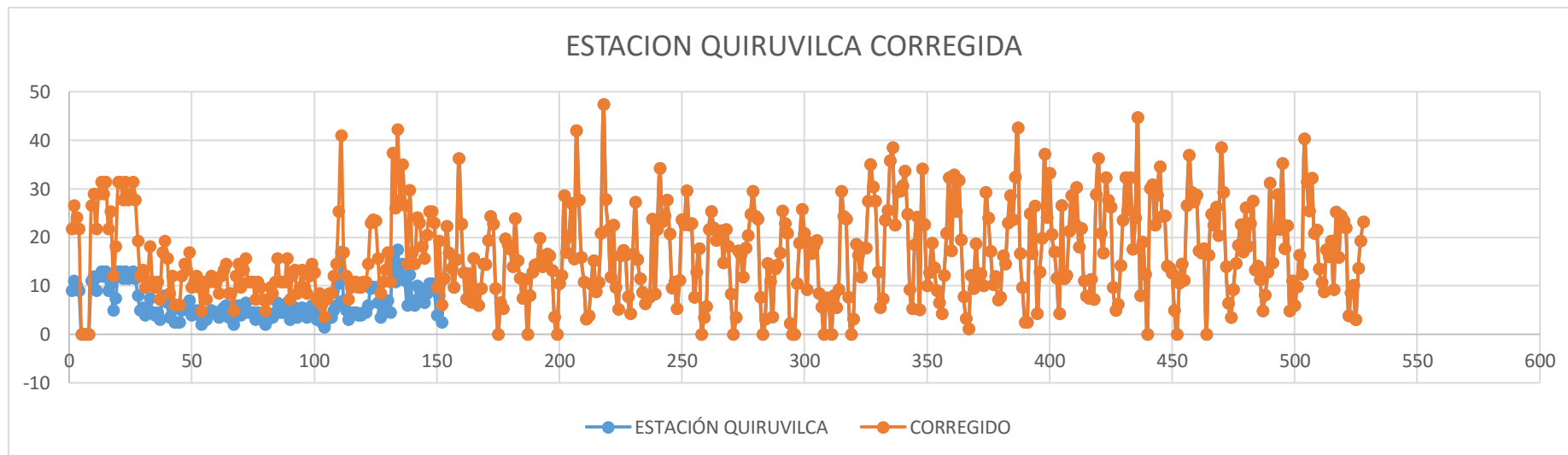


Gráfico 50. Hidrograma de la estación Quiruvilca corregido (Fuente: Propia).

De la misma manera se comprobó por las pruebas estadísticas T student y F de Fisher.

	ni	Media i	Var i	Tc	Ttabla	Conclusión
1	152	15.1947496	72.7159092	<b>3.62009E-15</b>	1.7247	<b>medias iguales</b>
2	152	15.1947496	72.7159092			

Fc	Ftabla	Conclusion
1	1.263	<b>Varianzas iguales</b>

Conclusión: Estación consistente.

**b) ESTACIÓN SALPO**

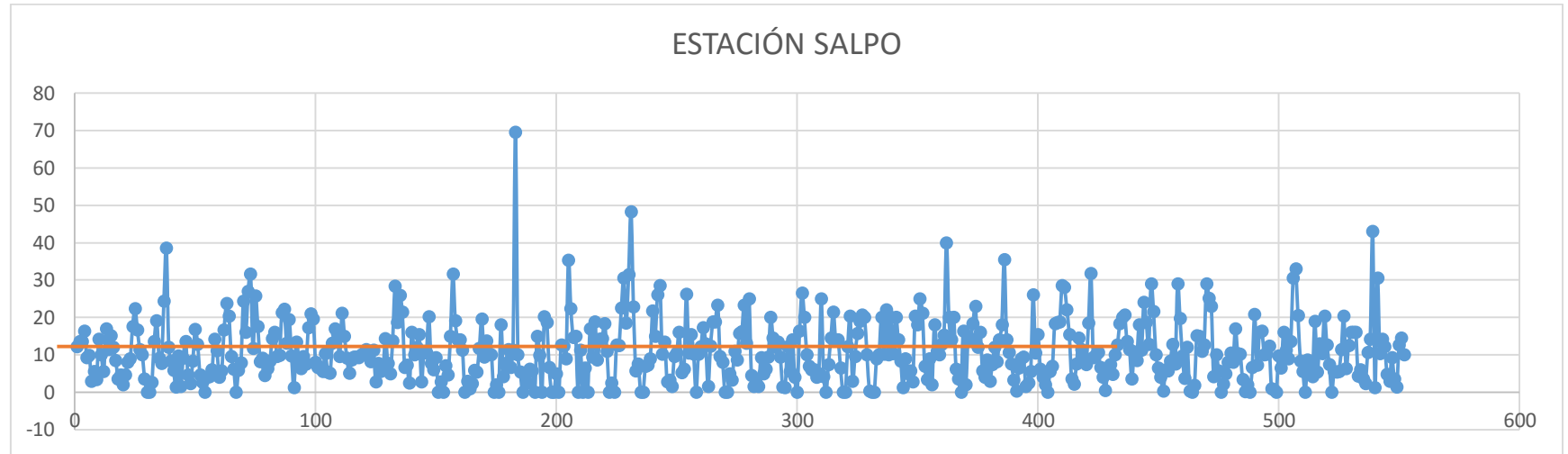


Gráfico 51 Hidrograma de la estación Salpo y análisis de saltos (Fuente: Propia).

Gráficamente se observa que la estación es consistente, pero de igual manera se le realizaron las pruebas estadísticas de T student y F de Fisher para comprobar la hipótesis que se dedujo de manera visual del hidrograma.

	ni	Media i	Var i	Tc	Ttabla	Conclusión
1	200	10.471	66.2904111	<b>1.13665908</b>	1.96	<b>medias iguales</b>
2	200	11.4185	71.9869425			

Fc	Ftabla	Conclusion
1.08593296	1.263	<b>Varianzas iguales</b>

Conclusión: Estación consistente.

### c) ESTACIÓN JULCÁN

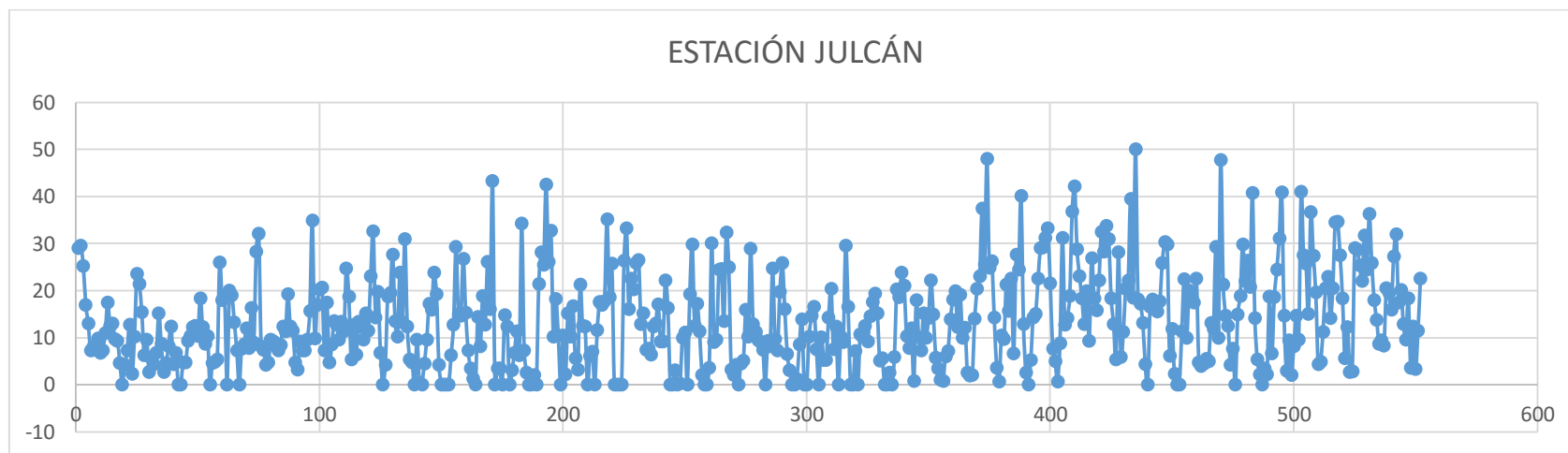


Gráfico 52. Hidrograma de la estación Julcán y análisis de saltos (Fuente: Propia).

Gráficamente se observa que la estación es consistente, pero de igual manera se le realizaron las pruebas estadísticas de T student y F de Fisher para comprobar la hipótesis que se dedujo de manera visual del hidrograma.

	ni	Media i	Var i	Tc	Ttabla	Conclusión
1	200	11.5811886	77.2156089	<b>0.78697283</b>	1.96	<b>medias iguales</b>
2	200	12.3104199	93.6537581			

Fc	Ftabla	Conclusion
1.21288635	1.263	<b>Varianzas iguales</b>

Conclusión: Estación consistente.



Por lo que únicamente se corrigió la data de la estación Quiruvilca, quedando como se muestra a continuación:

Tabla IV. 11 Registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas de la Estación Quiruvilca- corregida.

ESTACIÓN: QUIRUVILCA				COORDENADAS:		Latitud:			-8.007676°		Altitud:	3993
						Longitud:			-78.309879°			
AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1966	21.74	26.57	24.15	21.74	0.01	0.01	0.01	0.01	26.57	28.98	21.74	28.98
1967	31.40	28.98	31.40	21.74	25.36	12.08	18.12	31.40	31.40	27.78	31.40	27.78
1968	28.98	31.40	27.78	19.33	12.08	13.29	9.67	10.88	18.12	10.88	9.67	10.88
1969	7.26	16.91	19.33	15.71	8.46	12.08	6.05	6.05	6.05	12.08	14.50	13.29
1970	16.91	9.67	10.88	12.08	9.67	4.84	10.88	7.26	10.88	12.08	10.88	10.88
1971	8.46	12.08	13.29	14.50	8.46	8.46	4.84	12.08	14.50	9.67	13.29	15.71
1972	10.88	10.88	10.88	7.26	10.88	9.67	7.26	4.84	7.26	9.67	8.46	10.88
1973	15.71	10.88	10.88	10.88	15.71	7.26	12.08	13.29	8.46	9.67	13.29	9.67
1974	8.46	12.08	14.50	12.70	7.26	8.46	6.05	3.64	7.26	8.46	8.46	12.08
1975	14.50	25.36	41.05	16.91	12.08	7.26	9.67	10.88	10.88	9.67	9.67	10.88
1976	10.88	14.50	22.95	23.67	23.43	15.71	8.46	10.88	13.29	16.91	10.88	37.43
1977	26.09	42.26	27.78	35.02	26.57	14.50	29.71	16.91	14.50	24.15	22.95	18.12
1978	15.71	20.53	25.36	25.36	22.95	9.67	19.33	6.05	11.50	22.30	16.80	13.70
1979	9.70	15.50	36.30	22.80	12.70	7.30	12.50	6.70	15.70	8.80	6.00	9.50
1980	14.50	14.40	19.40	24.40	22.80	9.50	0.00	6.50	5.30	19.70	18.50	17.60
1981	14.00	23.90	15.20	11.60	7.50	11.30	0.00	8.00	12.80	14.30	14.50	19.80
1982	14.00	15.30	16.60	16.20	13.20	3.60	0.00	10.50	12.20	28.60	16.90	20.20
1983	27.10	15.60	42.00	27.70	15.90	10.80	3.20	3.80	10.40	15.20	8.80	10.70
1984	20.90	47.50	27.80	21.60	11.80	22.60	9.70	5.20	16.20	17.40	16.30	7.80
1985	4.30	16.60	27.30	15.50	11.50	8.70	6.30	7.30	7.80	23.80	8.40	21.70
1986	34.30	23.20	24.50	27.70	20.70	9.60	10.80	5.30	11.20	23.70	22.70	29.60
1987	22.50	22.90	7.70	12.80	17.70	0.00	3.50	5.80	21.70	25.40	22.00	19.40
1988	19.70	21.40	14.80	21.60	18.20	8.30	0.00	3.50	17.30	16.30	11.80	17.80
1989	20.40	24.80	29.50	24.40	23.80	7.70	0.00	3.20	14.70	10.93	3.64	13.53
1990	14.30	16.80	25.50	22.90	20.90	2.30	0.00	0.00	10.50	18.80	25.80	20.90
1991	9.20	18.90	16.70	18.30	19.40	8.50	5.60	0.00	7.60	6.20	0.00	8.00
1992	5.50	9.20	29.50	24.40	23.80	7.70	0.00	3.20	18.60	16.30	11.80	17.80
1993	17.80	27.50	35.10	30.40	27.50	12.90	5.50	7.30	23.60	25.60	35.80	38.60
1994	22.50	29.50	29.50	30.70	33.70	24.80	9.30	5.30	18.50	24.20	5.10	34.20
1995	22.70	10.00	12.70	18.80	13.80	9.00	6.60	4.30	12.20	20.80	32.40	17.30

1996	32.90	25.40	31.80	19.50	7.80	3.30	1.10	12.20	9.50	18.70	11.60	12.50
1997	10.00	29.30	24.00	17.08	10.30	11.90	7.10	7.70	16.20	14.60	23.00	28.60
1998	23.70	32.50	42.60	16.70	9.70	2.50	2.50	24.90	16.70	26.50	4.30	12.90
1999	19.80	37.20	24.10	33.20	20.60	17.00	11.60	4.30	26.60	11.50	12.20	21.30
2000	28.60	23.00	30.30	18.00	21.90	11.00	7.90	7.50	11.40	7.20	28.90	36.30
2001	20.90	16.80	32.30	27.70	26.30	9.70	5.00	6.16	14.20	23.60	32.40	25.70
2002	32.30	17.60	24.00	44.70	8.00	19.10	12.40	0.00	30.10	30.90	22.50	28.80
2003	34.60	24.40	24.50	14.10	13.60	12.60	5.00	0.00	10.60	14.60	11.20	26.60
2004	37.00	29.30	27.40	28.80	17.20	16.80	17.70	0.00	16.30	24.80	22.60	26.30
2005	20.40	38.50	29.30	14.00	6.40	3.50	9.20	14.70	18.40	22.70	17.00	26.20
2006	18.10	22.90	27.50	13.30	14.10	11.30	4.80	8.10	12.90	31.20	14.80	21.70
2007	28.90	21.60	35.30	17.70	22.40	4.80	11.10	6.00	9.80	16.30	12.40	40.40
2008	31.40	25.50	32.20	20.80	21.50	13.50	10.70	8.80	17.50	16.00	19.30	9.20
2009	25.20	15.90	24.50	23.40	22.00	3.80	8.60	10.20	3.10	13.70	19.30	23.20

Fuente: Propia

E. Análisis de Tendencias.

ESTACIÓN QUIRUVILCA.

Tendencia a la Media:

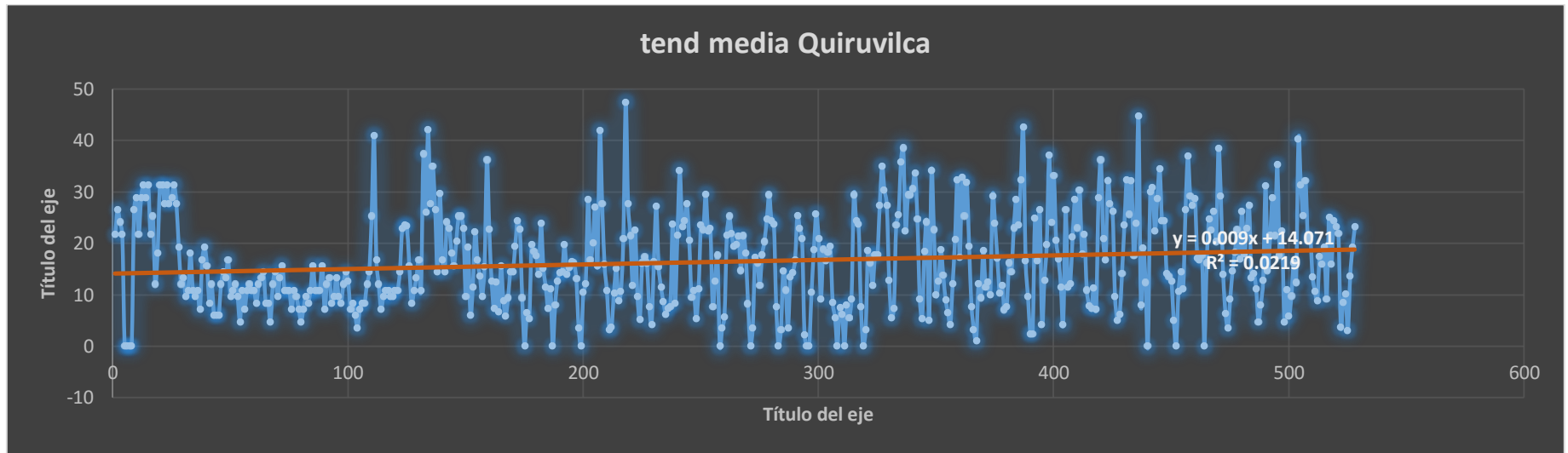


Gráfico 53. Tendencia a la media - Estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

R2:	0.0219
R:	0.14798649
Tc:	3.43181051
T tabla(student):	1.96
conclusion:	<b>No cumple</b>

**Tendencia a la Desviación Estándar:**

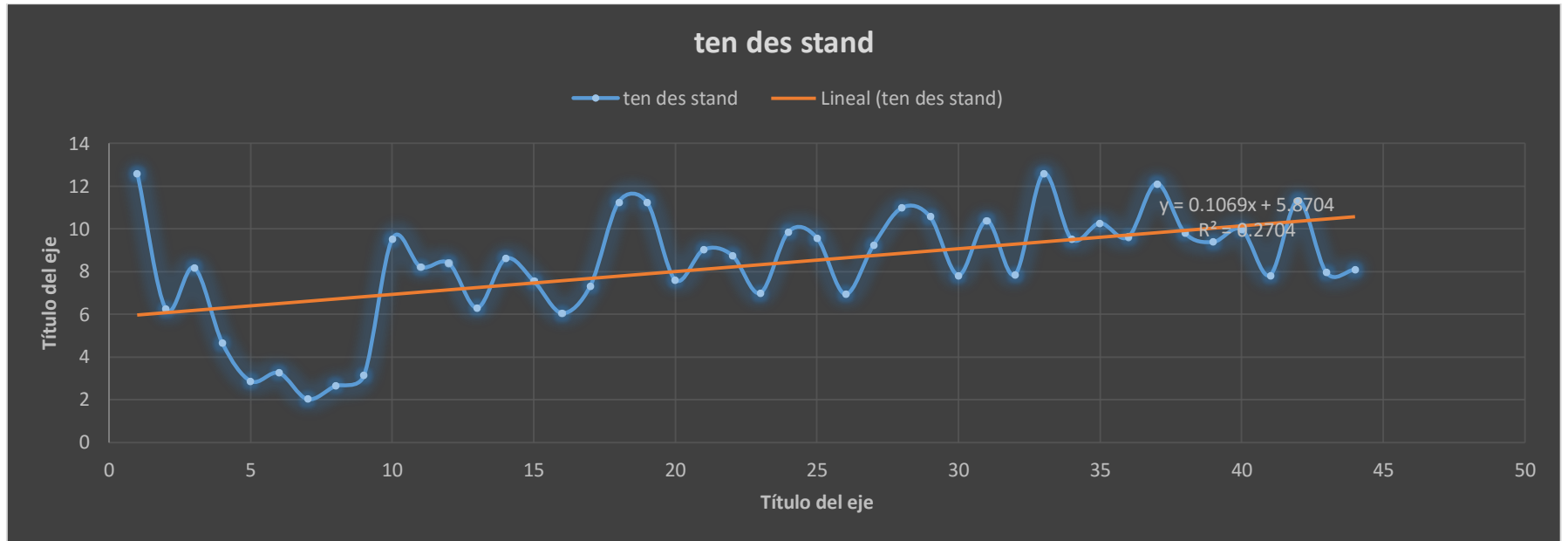


Gráfico 54. Tendencia a la desviación estándar - Estación Quiruvilca (Fuente: Propia).

<b>R2:</b>	0.2704
<b>R:</b>	0.52
<b>Tc:</b>	3.94535036
<b>T tabla(student):</b>	2.0181
<b>conclusion:</b>	<b>No cumple</b>

Se concluye que la información debe ser corregida.

## ESTACIÓN SALPO.

Tendencia a la Media:

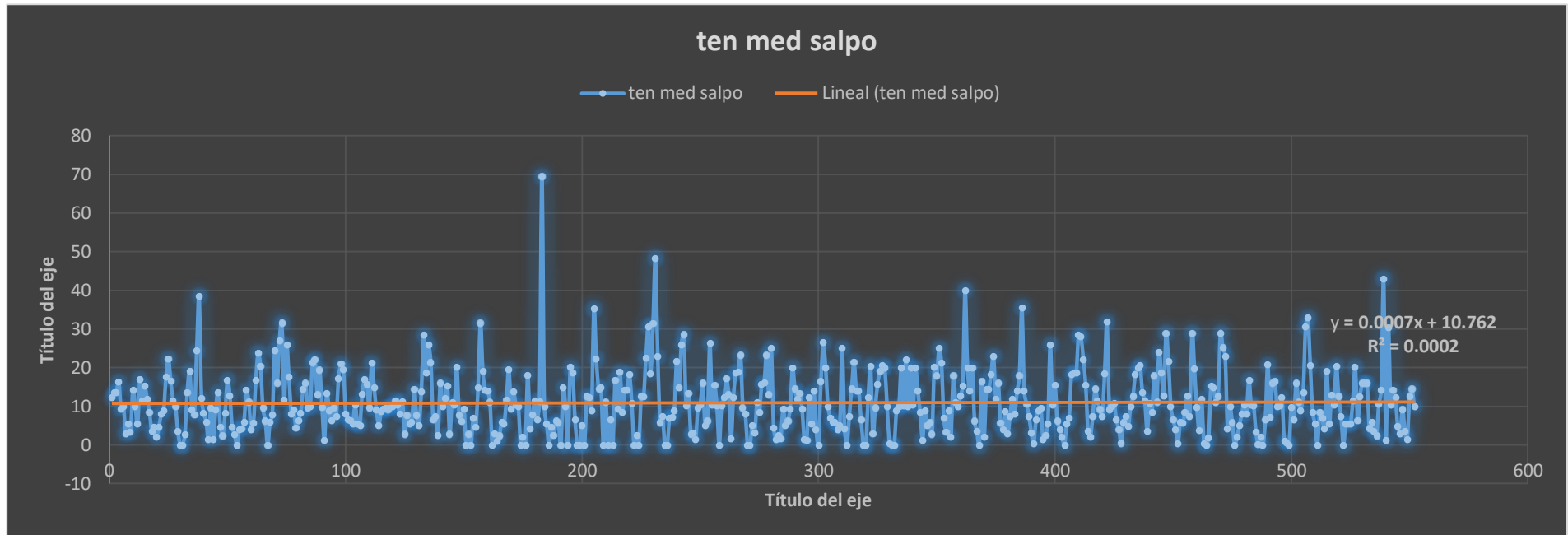


Gráfico 55. Tendencia a la Media - Estación Salpo (Fuente: Propia).

<b>R2:</b>	0.0002
<b>R:</b>	0.01414214
<b>Tc:</b>	0.33169565
<b>T tabla(student):</b>	1.96
<b>conclusion:</b>	<b>Cumple</b>

### Tendencia a la Desviación Estándar:

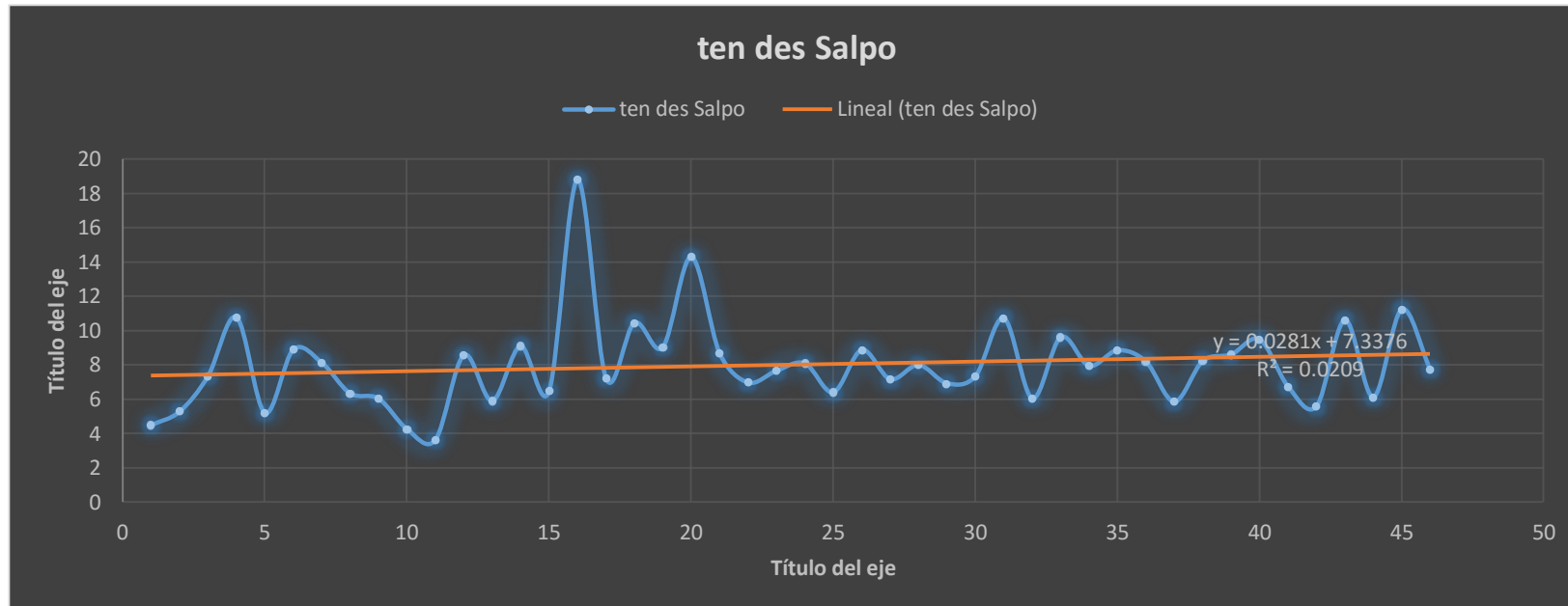


Gráfico 56. Tendencia a la Desviación Estándar – Estación Salpo (Fuente: Propia).

<b>R2:</b>	0.0209
<b>R:</b>	0.14456832
<b>Tc:</b>	0.96913874
<b>T tabla(student):</b>	2.0154
<b>conclusion:</b>	<b>Cumple</b>

## ESTACIÓN JULCÁN.

Tendencia a la Media:

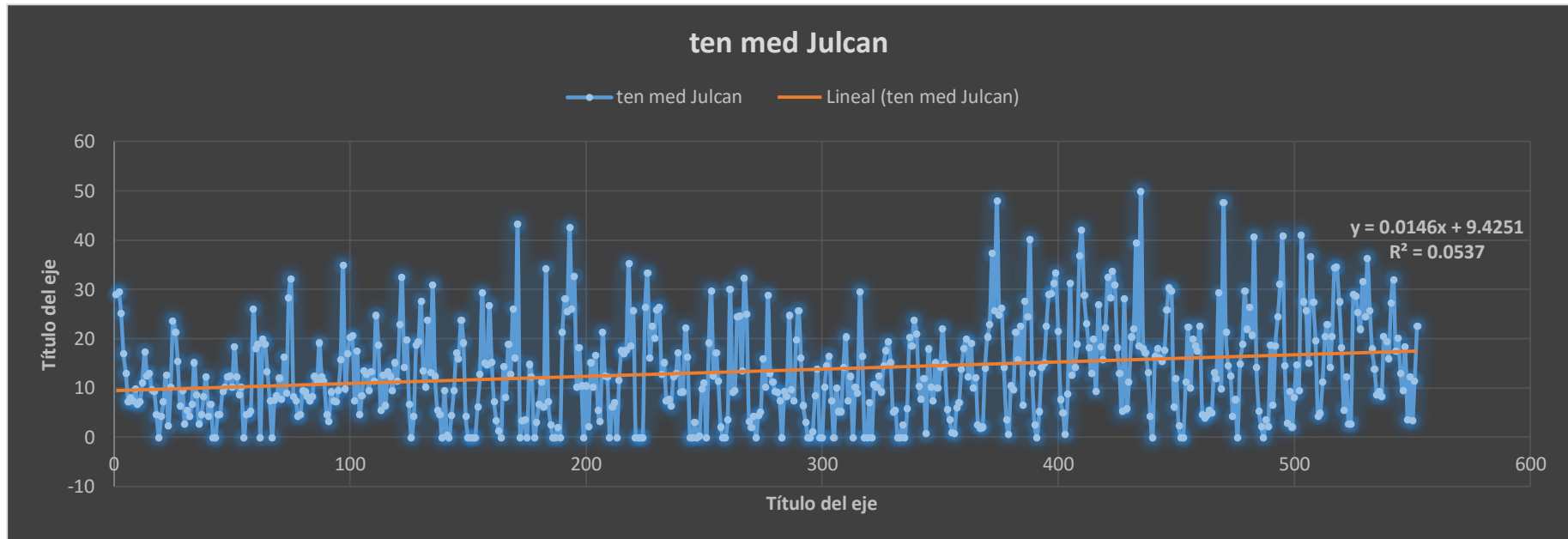


Gráfico 57. Tendencia a la Media - Estación Julcán (Fuente: Propia).

<b>R2:</b>	0.0537
<b>R:</b>	0.2317326
<b>Tc:</b>	5.58668349
<b>T tabla(student):</b>	1.96
<b>conclusion:</b>	<b>No cumple</b>

**Tendencia a la Desviación Estándar:**

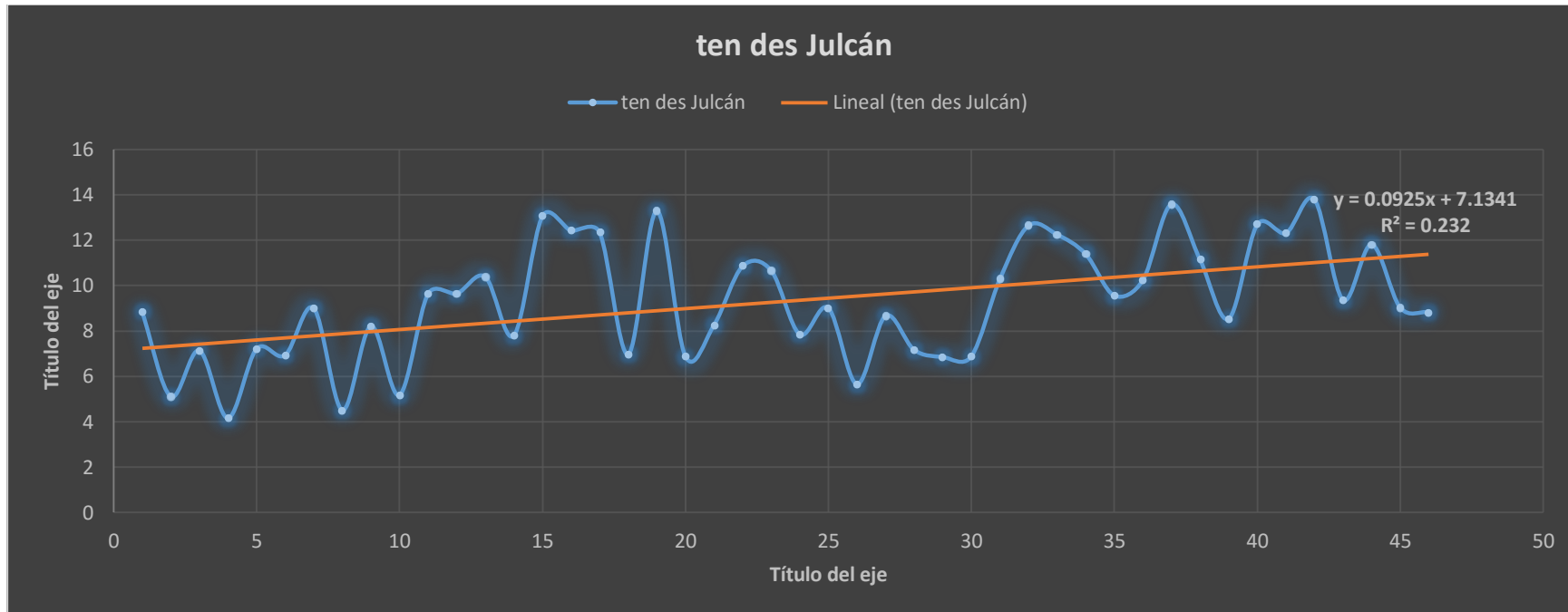


Gráfico 58. Tendencia a la Desviación Estándar - Estación Julcán (Fuente: Propia).

<b>R2:</b>	0.232
<b>R:</b>	0.48166378
<b>Tc:</b>	3.64577381
<b>T tabla(student):</b>	2.0154
<b>conclusion:</b>	<b>No cumple</b>



## Estación Quiruvilca

### A. Ubicación Geográfica Y Registro Histórico

La estación Quiruvilca se encuentra ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. Sus coordenadas geográficas son: Latitud de 8° 00' 27", Longitud de 78° 18' 35" y a una altitud de 3993 m.s.n.m. Dicha estación cuenta con un registro histórico de 44 años al cual se le hizo el tratamiento y corrección de información pluviométrica, obteniendo así las precipitaciones máximas de 24 horas anuales, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 12 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Quiruvilca.

n	AÑO DE REGISTRO	PRECIP MAX EN 24 HRS (mm)
1	1966	28.98
2	1967	31.40
3	1968	31.40
4	1969	19.33
5	1970	16.91
6	1971	15.71
7	1972	10.88
8	1973	15.71
9	1974	14.50
10	1975	41.05
11	1976	37.43
12	1977	42.26
13	1978	25.36
14	1979	36.30
15	1980	24.40
16	1981	23.90
17	1982	28.60
18	1983	42.00
19	1984	47.50
20	1985	27.30
21	1986	34.30
22	1987	25.40

<b>23</b>	1988	<b>21.60</b>
<b>24</b>	1989	<b>29.50</b>
<b>25</b>	1990	<b>25.80</b>
<b>26</b>	1991	<b>19.40</b>
<b>27</b>	1992	<b>29.50</b>
<b>28</b>	1993	<b>38.60</b>
<b>29</b>	1994	<b>34.20</b>
<b>30</b>	1995	<b>32.40</b>
<b>31</b>	1996	<b>32.90</b>
<b>32</b>	1997	<b>29.30</b>
<b>33</b>	1998	<b>42.60</b>
<b>34</b>	1999	<b>37.20</b>
<b>35</b>	2000	<b>36.30</b>
<b>36</b>	2001	<b>32.40</b>
<b>37</b>	2002	<b>44.70</b>
<b>38</b>	2003	<b>34.60</b>
<b>39</b>	2004	<b>37.00</b>
<b>40</b>	2005	<b>38.50</b>
<b>41</b>	2006	<b>31.20</b>
<b>42</b>	2007	<b>40.40</b>
<b>43</b>	2008	<b>32.20</b>
<b>44</b>	2009	<b>25.20</b>

Fuente: SENAMHI.

## B. Funciones de Distribución de Probabilidad y Pruebas de ajuste

Tabla IV. 13 Función de probabilidad Normal – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	F(y)	F(m) Weibull	Kolmogorov. Simirnov
<b>1</b>	1966	28.98	0.0123	0.0222	0.0100
<b>2</b>	1967	31.40	0.0332	0.0444	0.0112
<b>3</b>	1968	31.40	0.0447	0.0667	0.0219
<b>4</b>	1969	19.33	0.0447	0.0889	0.0441
<b>5</b>	1970	16.91	0.0593	0.1111	0.0518
<b>6</b>	1971	15.71	0.0994	0.1333	0.0340
<b>7</b>	1972	10.88	0.1009	0.1556	0.0547
<b>8</b>	1973	15.71	0.1525	0.1778	0.0253
<b>9</b>	1974	14.50	0.2226	0.2000	0.0226
<b>10</b>	1975	41.05	0.2400	0.2222	0.0177
<b>11</b>	1976	37.43	0.2692	0.2444	0.0248

12	1977	42.26	0.2753	0.2667	0.0087
13	1978	25.36	0.2768	0.2889	0.0121
14	1979	36.30	0.2923	0.3111	0.0188
15	1980	24.40	0.3536	0.3333	0.0203
16	1981	23.90	0.4101	0.3556	0.0545
17	1982	28.60	0.4271	0.3778	0.0493
18	1983	42.00	0.4414	0.4000	0.0414
19	1984	47.50	0.4504	0.4222	0.0282
20	1985	27.30	0.4504	0.4444	0.0059
21	1986	34.30	0.5276	0.4667	0.0609
22	1987	25.40	0.5365	0.4889	0.0476
23	1988	21.60	0.5365	0.5111	0.0254
24	1989	29.50	0.5727	0.5333	0.0394
25	1990	25.80	0.5816	0.5556	0.0261
26	1991	19.40	0.5816	0.5778	0.0039
27	1992	29.50	0.6038	0.6000	0.0038
28	1993	38.60	0.6596	0.6222	0.0374
29	1994	34.20	0.6638	0.6444	0.0193
30	1995	32.40	0.6762	0.6667	0.0095
31	1996	32.90	0.7424	0.6889	0.0536
32	1997	29.30	0.7424	0.7111	0.0313
33	1998	42.60	0.7675	0.7333	0.0342
34	1999	37.20	0.7744	0.7556	0.0189
35	2000	36.30	0.7823	0.7778	0.0045
36	2001	32.40	0.8164	0.8000	0.0164
37	2002	44.70	0.8194	0.8222	0.0028
38	2003	34.60	0.8683	0.8444	0.0239
39	2004	37.00	0.8835	0.8667	0.0169
40	2005	38.50	0.9034	0.8889	0.0145
41	2006	31.20	0.9083	0.9111	0.0028
42	2007	40.40	0.9146	0.9333	0.0188
43	2008	32.20	0.9462	0.9556	0.0094
44	2009	25.20	0.9731	0.9778	0.0047

Fuente: Elaboración propia.

media	30.5932
des estan	8.7673

D max =	0.0609
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.2
----------------	-----

## Análisis Gráfico de Ajuste

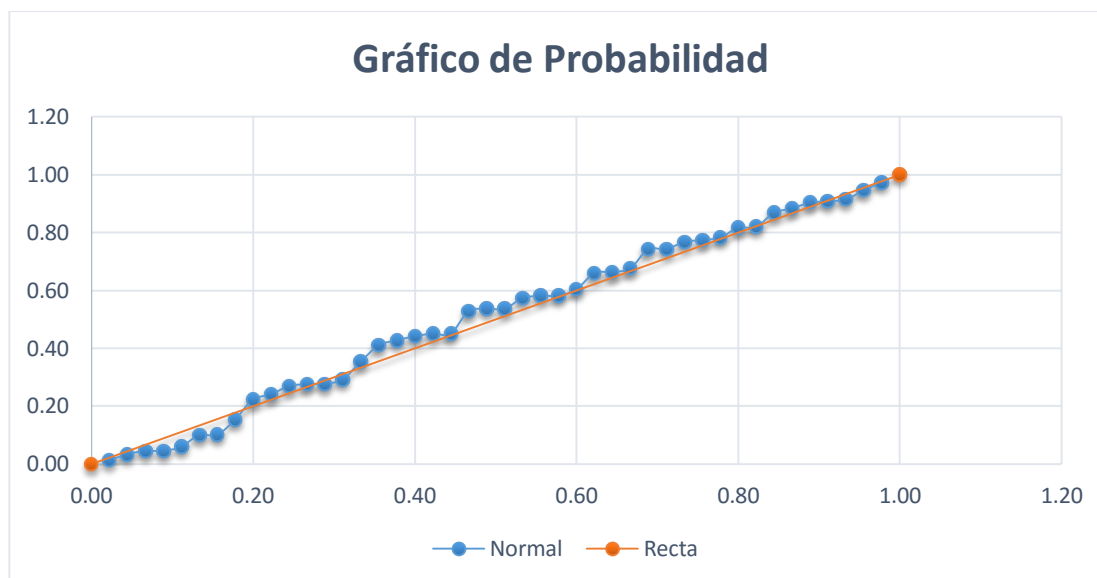


Gráfico 59: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Normal - estación Quiruvilca.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 14 Función de probabilidad LogNormal – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	P <sub>max 24</sub> (mm)	$Y = \ln x$	F(y)	F(m) Weibull	Kolmogorov. Simirnov
1	1966	28.98	2.3867	0.0015	0.0222	0.0207
2	1967	31.40	2.6740	0.0176	0.0444	0.0268
3	1968	31.40	2.7540	0.0311	0.0667	0.0356
4	1969	19.33	2.7540	0.0311	0.0889	0.0578
5	1970	16.91	2.8280	0.0503	0.1111	0.0608
6	1971	15.71	2.9615	0.1076	0.1333	0.0257
7	1972	10.88	2.9653	0.1097	0.1556	0.0458
8	1973	15.71	3.0727	0.1830	0.1778	0.0052
9	1974	14.50	3.1739	0.2745	0.2000	0.0745
10	1975	41.05	3.1946	0.2957	0.2222	0.0735
11	1976	37.43	3.2268	0.3302	0.2444	0.0857
12	1977	42.26	3.2332	0.3372	0.2667	0.0705
13	1978	25.36	3.2347	0.3388	0.2889	0.0500
14	1979	36.30	3.2504	0.3562	0.3111	0.0451

15	1980	24.40	3.3069	0.4215	0.3333	0.0881
16	1981	23.90	3.3534	0.4769	0.3556	0.1214
17	1982	28.60	3.3667	0.4929	0.3778	0.1151
18	1983	42.00	3.3776	0.5060	0.4000	0.1060
19	1984	47.50	3.3844	0.5142	0.4222	0.0919
20	1985	27.30	3.3844	0.5142	0.4444	0.0697
21	1986	34.30	3.4404	0.5810	0.4667	0.1143
22	1987	25.40	3.4467	0.5883	0.4889	0.0995
23	1988	21.60	3.4467	0.5883	0.5111	0.0772
24	1989	29.50	3.4720	0.6177	0.5333	0.0844
25	1990	25.80	3.4782	0.6248	0.5556	0.0693
26	1991	19.40	3.4782	0.6248	0.5778	0.0471
27	1992	29.50	3.4935	0.6422	0.6000	0.0422
28	1993	38.60	3.5322	0.6848	0.6222	0.0626
29	1994	34.20	3.5351	0.6879	0.6444	0.0435
30	1995	32.40	3.5439	0.6972	0.6667	0.0305
31	1996	32.90	3.5918	0.7456	0.6889	0.0568
32	1997	29.30	3.5918	0.7456	0.7111	0.0345
33	1998	42.60	3.6109	0.7637	0.7333	0.0304
34	1999	37.20	3.6163	0.7687	0.7556	0.0132
35	2000	36.30	3.6225	0.7744	0.7778	0.0034
36	2001	32.40	3.6507	0.7990	0.8000	0.0010
37	2002	44.70	3.6533	0.8012	0.8222	0.0210
38	2003	34.60	3.6988	0.8373	0.8444	0.0071
39	2004	37.00	3.7148	0.8489	0.8667	0.0178
40	2005	38.50	3.7377	0.8644	0.8889	0.0244
41	2006	31.20	3.7438	0.8684	0.9111	0.0427
42	2007	40.40	3.7519	0.8735	0.9333	0.0598
43	2008	32.20	3.8000	0.9012	0.9556	0.0544
44	2009	25.20	3.8607	0.9294	0.9778	0.0484

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	3.3726
<b>des estan</b>	0.3317

<b>D max =</b>	<b>0.1214</b>
----------------	---------------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	<b>0.2000</b>
-----------------------	---------------

## Análisis Gráfico de Ajuste

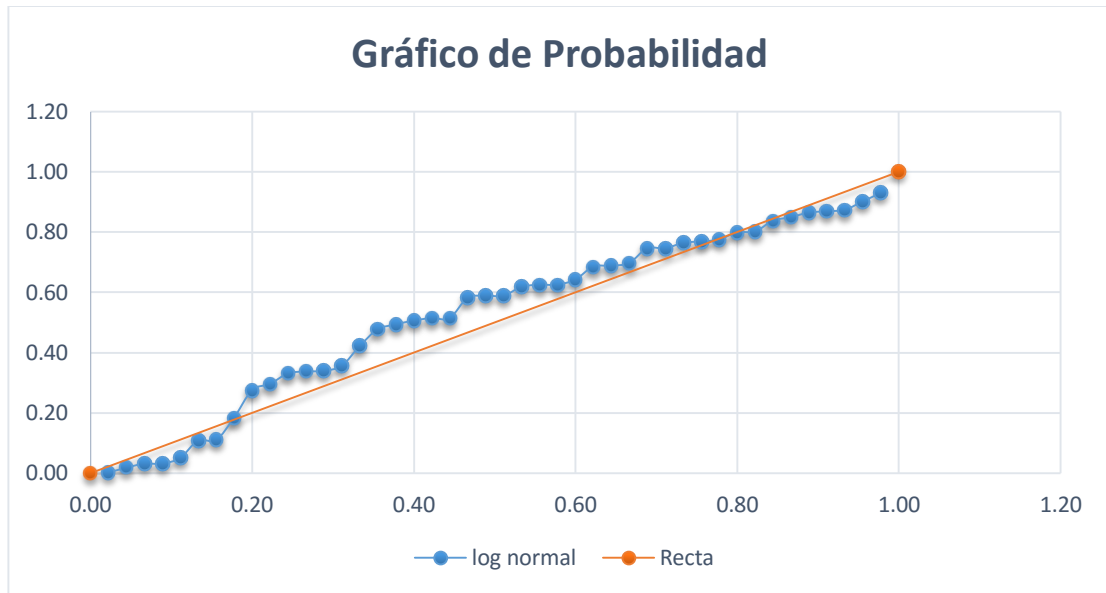


Gráfico 60: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Lognormal - estación Quiruvilca.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 15 Función de probabilidad Gumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov

n	año	Pmax 24 (mm)	F(m) de Weibull	F(y)	Kolmogorov. Simirnov
1	1966	28.98	0.0222	0.0000	0.0222
2	1967	31.40	0.0444	0.0027	0.0417
3	1968	31.40	0.0667	0.0070	0.0596
4	1969	19.33	0.0889	0.0070	0.0819
5	1970	16.91	0.1111	0.0157	0.0954
6	1971	15.71	0.1333	0.0540	0.0793
7	1972	10.88	0.1556	0.0557	0.0998
8	1973	15.71	0.1778	0.1234	0.0544
9	1974	14.50	0.2000	0.2243	0.0243
10	1975	41.05	0.2222	0.2493	0.0270
11	1976	37.43	0.2444	0.2906	0.0461
12	1977	42.26	0.2667	0.2991	0.0324
13	1978	25.36	0.2889	0.3011	0.0122
14	1979	36.30	0.3111	0.3224	0.0113
15	1980	24.40	0.3333	0.4029	0.0696

16	1981	23.90	0.3556	0.4716	0.1161
17	1982	28.60	0.3778	0.4913	0.1135
18	1983	42.00	0.4000	0.5074	0.1074
19	1984	47.50	0.4222	0.5175	0.0952
20	1985	27.30	0.4444	0.5175	0.0730
21	1986	34.30	0.4667	0.5982	0.1316
22	1987	25.40	0.4889	0.6070	0.1181
23	1988	21.60	0.5111	0.6070	0.0959
24	1989	29.50	0.5333	0.6416	0.1082
25	1990	25.80	0.5556	0.6498	0.0943
26	1991	19.40	0.5778	0.6498	0.0720
27	1992	29.50	0.6000	0.6699	0.0699
28	1993	38.60	0.6222	0.7180	0.0958
29	1994	34.20	0.6444	0.7215	0.0770
30	1995	32.40	0.6667	0.7317	0.0650
31	1996	32.90	0.6889	0.7838	0.0949
32	1997	29.30	0.7111	0.7838	0.0727
33	1998	42.60	0.7333	0.8026	0.0692
34	1999	37.20	0.7556	0.8077	0.0521
35	2000	36.30	0.7778	0.8134	0.0357
36	2001	32.40	0.8000	0.8381	0.0381
37	2002	44.70	0.8222	0.8403	0.0180
38	2003	34.60	0.8444	0.8748	0.0304
39	2004	37.00	0.8667	0.8855	0.0189
40	2005	38.50	0.8889	0.8996	0.0107
41	2006	31.20	0.9111	0.9031	0.0080
42	2007	40.40	0.9333	0.9076	0.0257
43	2008	32.20	0.9556	0.9312	0.0244
44	2009	25.20	0.9778	0.9538	0.0240

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	30.5932
<b>des estan</b>	8.7673

<b>alpha</b>	6.8359
<b>beta</b>	26.6476

<b>D max =</b>	<b>0.1316</b>
----------------	---------------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	<b>0.2</b>
-----------------------	------------

## Análisis Gráfico de Ajuste

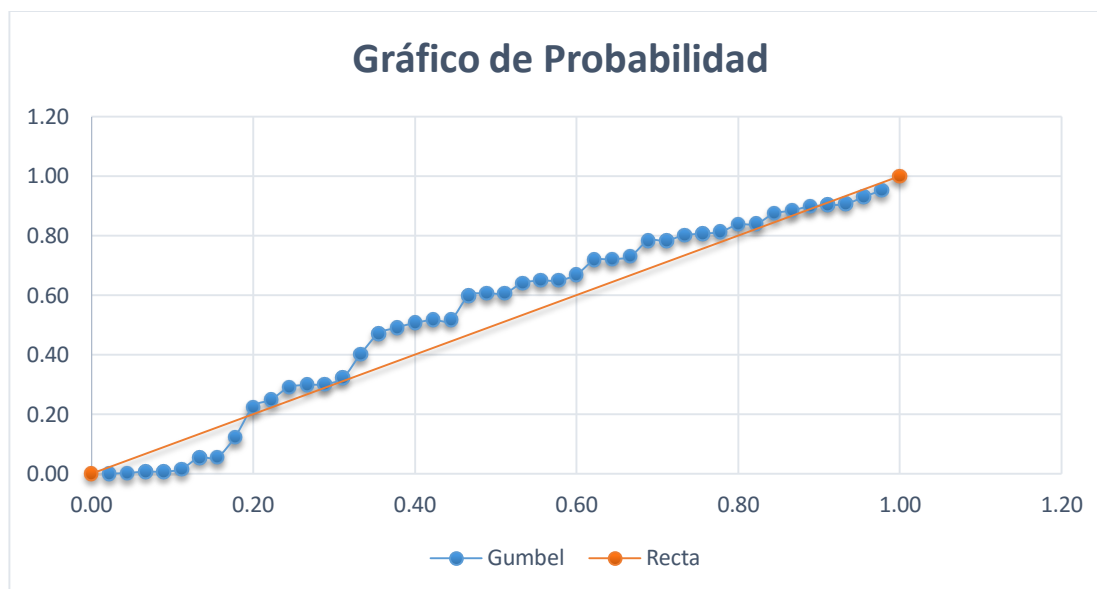


Gráfico 61: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Gumbel - estación Quiruvilca.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 16 Función de probabilidad LogGumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	P <sub>max</sub> 24 (mm)	LOG(X)	F(m) de Weibull	F(y)	Kolmogorov. Simirnov
1	1966	28.98	1.0365	0.0222	0.0000	0.0222
2	1967	31.40	1.1613	0.0444	0.0002	0.0442
3	1968	31.40	1.1960	0.0667	0.0022	0.0645
4	1969	19.33	1.1960	0.0889	0.0022	0.0867
5	1970	16.91	1.2282	0.1111	0.0099	0.1012
6	1971	15.71	1.2861	0.1333	0.0638	0.0696
7	1972	10.88	1.2878	0.1556	0.0664	0.0892
8	1973	15.71	1.3345	0.1778	0.1669	0.0109
9	1974	14.50	1.3784	0.2000	0.2980	0.0980
10	1975	41.05	1.3874	0.2222	0.3271	0.1049
11	1976	37.43	1.4014	0.2444	0.3729	0.1284
12	1977	42.26	1.4042	0.2667	0.3819	0.1153
13	1978	25.36	1.4048	0.2889	0.3841	0.0952
14	1979	36.30	1.4116	0.3111	0.4063	0.0952



15	1980	24.40	1.4362	0.3333	0.4848	0.1515
16	1981	23.90	1.4564	0.3556	0.5462	0.1907
17	1982	28.60	1.4621	0.3778	0.5630	0.1852
18	1983	42.00	1.4669	0.4000	0.5765	0.1765
19	1984	47.50	1.4698	0.4222	0.5848	0.1626
20	1985	27.30	1.4698	0.4444	0.5848	0.1404
21	1986	34.30	1.4942	0.4667	0.6492	0.1826
22	1987	25.40	1.4969	0.4889	0.6560	0.1671
23	1988	21.60	1.4969	0.5111	0.6560	0.1449
24	1989	29.50	1.5079	0.5333	0.6822	0.1489
25	1990	25.80	1.5105	0.5556	0.6884	0.1329
26	1991	19.40	1.5105	0.5778	0.6884	0.1107
27	1992	29.50	1.5172	0.6000	0.7034	0.1034
28	1993	38.60	1.5340	0.6222	0.7387	0.1164
29	1994	34.20	1.5353	0.6444	0.7412	0.0967
30	1995	32.40	1.5391	0.6667	0.7486	0.0819
31	1996	32.90	1.5599	0.6889	0.7862	0.0973
32	1997	29.30	1.5599	0.7111	0.7862	0.0751
33	1998	42.60	1.5682	0.7333	0.7998	0.0664
34	1999	37.20	1.5705	0.7556	0.8035	0.0479
35	2000	36.30	1.5732	0.7778	0.8076	0.0298
36	2001	32.40	1.5855	0.8000	0.8256	0.0256
37	2002	44.70	1.5866	0.8222	0.8272	0.0050
38	2003	34.60	1.6064	0.8444	0.8529	0.0085
39	2004	37.00	1.6133	0.8667	0.8611	0.0055
40	2005	38.50	1.6232	0.8889	0.8721	0.0168
41	2006	31.20	1.6259	0.9111	0.8749	0.0362
42	2007	40.40	1.6294	0.9333	0.8785	0.0549
43	2008	32.20	1.6503	0.9556	0.8980	0.0575
44	2009	25.20	1.6767	0.9778	0.9185	0.0593

Fuente: Elaboración propia.

media	1.4647
des estan	0.1441

alpha	0.1123
beta	1.3999

D max =	0.1907
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.2
----------------	-----

## Análisis Gráfico de Ajuste

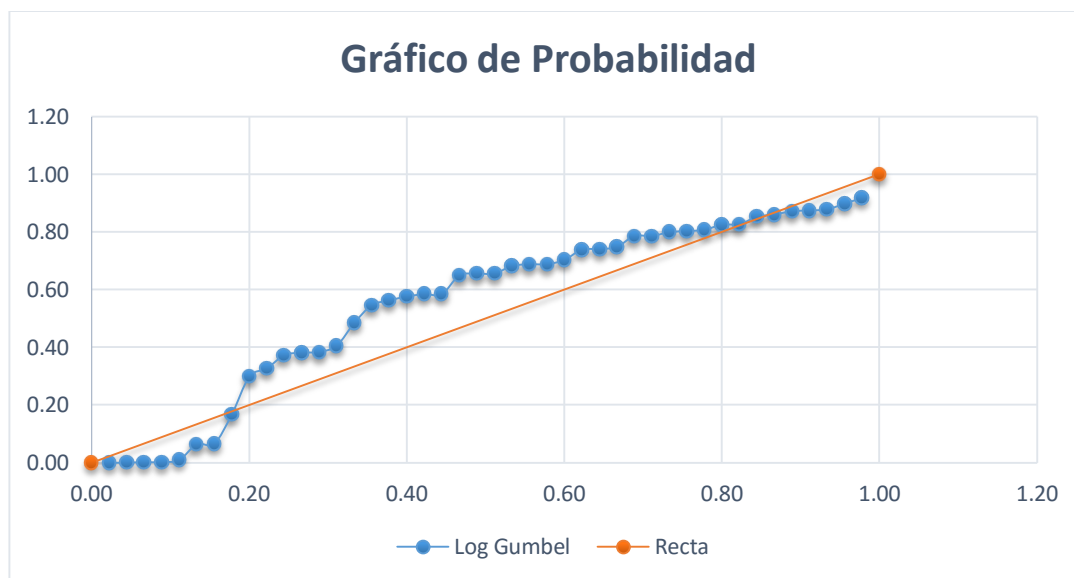


Gráfico 62: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad LogGumbel - estación Quiruvilca.

Función de probabilidad inconsistente.

Tabla IV. 17 Función de probabilidad Pearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	f(Y)	F(M)	Kolmogorov. Simirnov
1	1966	28.98	0.0056	0.0222	0.0166
2	1967	31.40	0.0229	0.0444	0.0215
3	1968	31.40	0.0340	0.0667	0.0327
4	1969	19.33	0.0340	0.0889	0.0549
5	1970	16.91	0.0488	0.1111	0.0623
6	1971	15.71	0.0917	0.1333	0.0416
7	1972	10.88	0.0933	0.1556	0.0622
8	1973	15.71	0.1507	0.1778	0.0271
9	1974	14.50	0.2287	0.2000	0.0287
10	1975	41.05	0.2478	0.2222	0.0256
11	1976	37.43	0.2799	0.2444	0.0354
12	1977	42.26	0.2865	0.2667	0.0199
13	1978	25.36	0.2881	0.2889	0.0008
14	1979	36.30	0.3049	0.3111	0.0062
15	1980	24.40	0.3705	0.3333	0.0372

16	1981	23.90	0.4296	0.3556	0.0741
17	1982	28.60	0.4472	0.3778	0.0694
18	1983	42.00	0.4618	0.4000	0.0618
19	1984	47.50	0.4710	0.4222	0.0487
20	1985	27.30	0.4710	0.4444	0.0265
21	1986	34.30	0.5484	0.4667	0.0817
22	1987	25.40	0.5571	0.4889	0.0682
23	1988	21.60	0.5571	0.5111	0.0460
24	1989	29.50	0.5925	0.5333	0.0592
25	1990	25.80	0.6012	0.5556	0.0456
26	1991	19.40	0.6012	0.5778	0.0234
27	1992	29.50	0.6225	0.6000	0.0225
28	1993	38.60	0.6755	0.6222	0.0533
29	1994	34.20	0.6794	0.6444	0.0350
30	1995	32.40	0.6910	0.6667	0.0244
31	1996	32.90	0.7524	0.6889	0.0635
32	1997	29.30	0.7524	0.7111	0.0413
33	1998	42.60	0.7753	0.7333	0.0420
34	1999	37.20	0.7816	0.7556	0.0261
35	2000	36.30	0.7888	0.7778	0.0110
36	2001	32.40	0.8197	0.8000	0.0197
37	2002	44.70	0.8225	0.8222	0.0002
38	2003	34.60	0.8666	0.8444	0.0222
39	2004	37.00	0.8804	0.8667	0.0138
40	2005	38.50	0.8985	0.8889	0.0096
41	2006	31.20	0.9031	0.9111	0.0080
42	2007	40.40	0.9088	0.9333	0.0245
43	2008	32.20	0.9384	0.9556	0.0171
44	2009	25.20	0.9651	0.9778	0.0127

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	30.5932312	40.2290011
<b>des estan</b>	8.7673446	6.34263361
<b>coef asim</b>	-0.31532643	-0.31532643

<b>alfa</b>	40.2290011	40.2290011
<b>beta</b>	1.38228773	1
<b>Z0</b>	-25.0148233	

<b>D max =</b>	0.08168
----------------	---------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	0.2
-----------------------	-----

## Análisis Gráfico de Ajuste

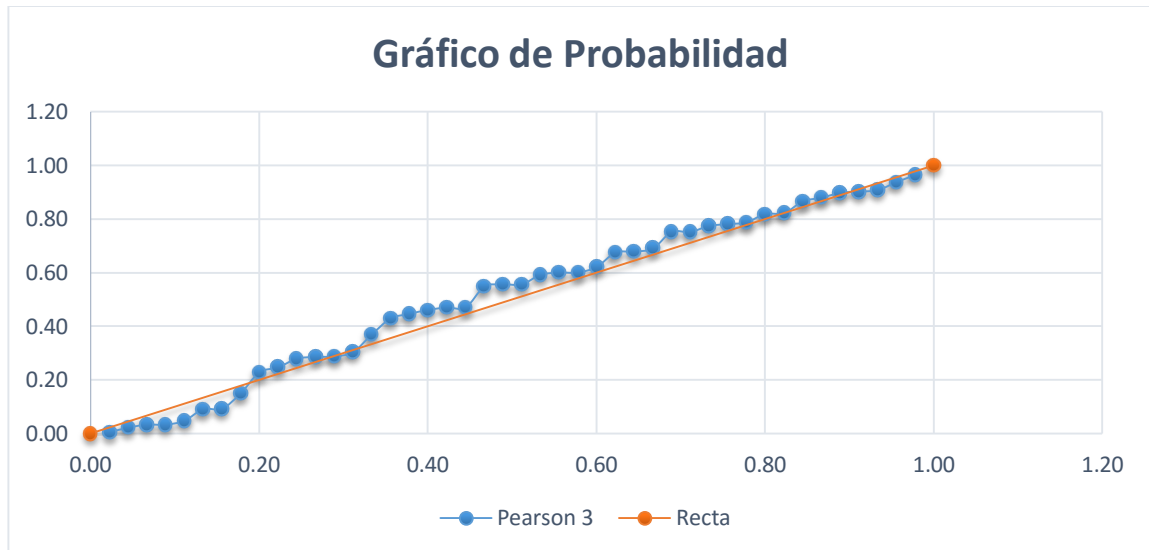


Gráfico 63: Análisis Gráfico de ajuste de la probabilidad Pearson - estación Quiruvilca.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 18 Función de probabilidad LogPearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	f(Y)	F(M)	Kolmogorov. Simirnov
1	1966	28.98	Inc.	0.0222	Inc.
2	1967	31.40	Inc.	0.0444	Inc.
3	1968	31.40	0.0030	0.0667	0.0636
4	1969	19.33	0.0030	0.0889	0.0859
5	1970	16.91	0.4089	0.1111	0.2978
6	1971	15.71	0.9530	0.1333	0.8197
7	1972	10.88	0.9569	0.1556	0.8014
8	1973	15.71	0.9969	0.1778	0.8192
9	1974	14.50	0.9998	0.2000	0.7998
10	1975	41.05	0.9999	0.2222	0.7777
11	1976	37.43	1.0000	0.2444	0.7555
12	1977	42.26	1.0000	0.2667	0.7333
13	1978	25.36	1.0000	0.2889	0.7111
14	1979	36.30	1.0000	0.3111	0.6889
15	1980	24.40	1.0000	0.3333	0.6667
16	1981	23.90	1.0000	0.3556	0.6444

17	1982	28.60	1.0000	0.3778	0.6222
18	1983	42.00	1.0000	0.4000	0.6000
19	1984	47.50	1.0000	0.4222	0.5778
20	1985	27.30	1.0000	0.4444	0.5556
21	1986	34.30	1.0000	0.4667	0.5333
22	1987	25.40	1.0000	0.4889	0.5111
23	1988	21.60	1.0000	0.5111	0.4889
24	1989	29.50	1.0000	0.5333	0.4667
25	1990	25.80	1.0000	0.5556	0.4444
26	1991	19.40	1.0000	0.5778	0.4222
27	1992	29.50	1.0000	0.6000	0.4000
28	1993	38.60	1.0000	0.6222	0.3778
29	1994	34.20	1.0000	0.6444	0.3556
30	1995	32.40	1.0000	0.6667	0.3333
31	1996	32.90	1.0000	0.6889	0.3111
32	1997	29.30	1.0000	0.7111	0.2889
33	1998	42.60	1.0000	0.7333	0.2667
34	1999	37.20	1.0000	0.7556	0.2444
35	2000	36.30	1.0000	0.7778	0.2222
36	2001	32.40	1.0000	0.8000	0.2000
37	2002	44.70	1.0000	0.8222	0.1778
38	2003	34.60	1.0000	0.8444	0.1556
39	2004	37.00	1.0000	0.8667	0.1333
40	2005	38.50	1.0000	0.8889	0.1111
41	2006	31.20	1.0000	0.9111	0.0889
42	2007	40.40	1.0000	0.9333	0.0667
43	2008	32.20	1.0000	0.9556	0.0444
44	2009	25.20	1.0000	0.9778	0.0222

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	3.3726	3.6376
<b>des estan</b>	0.3317	1.9072
<b>coef asim</b>	-1.0486	-1.0486

<b>alfa</b>	3.6376	3.6376
<b>beta</b>	0.1739	1
<b>Z0</b>	2.7400	

<b>D max =</b>	Inc.
----------------	------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	0.2
-----------------------	-----

Función de probabilidad Inconsistente.

**C. Precipitaciones e intensidades máximas de diseño en función al periodo de retorno, para la función de Probabilidad seleccionada.**

**Selección de la Distribución de probabilidad a utilizar:**

Del análisis de funciones de distribución de probabilidad y las pruebas de bondad de ajuste para la estación Quiruvilca, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla IV. 19 Cuadro resumen de valores de delta teórico para cada función de distribución.

	ESTACIÓN QUIRUVILCA					
	Normal	LogNormal	Gumbel	LogGumbel	Pearson	LogPearson
<b>Delta teorico</b>	0.0609	0.1214	0.1316	0.1907	0.0817	Incosis.
<b>Delta tabla</b>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ajuste	ajuste	ajuste	ajuste	ajuste	incons

Fuente: Elaboración propia.

Siendo la función de distribución Normal la que presenta un mejor ajuste, por presentar un delta teórico menor en comparación a las demás funciones de distribución. Además de este criterio de selección se considero observar los valores de precipitación de diseño, para cada periodo de retorno, con el fin de verificar si estos valores de precipitación no se alejan completamente de la realidad dada por el registro histórico. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 20 Precipitaciones de diseño obtenidas para cada función de distribución y periodo de retorno.

T (años)	ESTACIÓN QUIRUVILCA					
	Normal	LogNormal	Gumbel	LogGumbel	Pearson	LogPearson
2	30.59	29.15	29.15	27.61	30.13	s.d
5	37.97	38.54	36.90	37.01	37.81	s.d
10	41.83	44.60	42.03	44.94	42.08	s.d
25	45.94	52.11	48.51	57.43	46.85	s.d
50	48.60	57.62	53.32	68.89	50.04	s.d
100	50.99	63.07	58.09	82.52	53.00	s.d
500	55.83	75.74	69.12	125.26	59.20	s.d

De lo observado en las tablas IV.19 y IV.20, se concluye:

- Cumplen con la prueba de ajuste kolmogorov, las distribuciones: Normal, Log normal, gumbel, Log gumbel y Pearson.
- Se descarta la función Log gumbel por presentar valores muy elevados a partir de T: 100 años.
- Se escoge la función Log normal por tomar valores mas conservadores a partir de T: 50 años

Siendo la función Log Normal la elegida para el cálculo de las precipitaciones e intensidades máximas, en función a los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Se tiene:

**Para la función Log Normal:**

Tabla IV. 21 Precipitaciones e intensidades máximas por función Log normal – Estación Quiruvilca.

Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno (años)	intensidad máx 24 hrs (mm/hr)	precipitación máx 24 hrs (mm)
0.500	2	1.21	29.15
0.200	5	1.61	38.54
0.100	10	1.86	44.60
0.040	25	2.17	52.11
0.020	50	2.40	57.62
0.010	100	2.63	63.07
0.002	500	3.16	75.74

Fuente: Elaboración propia.

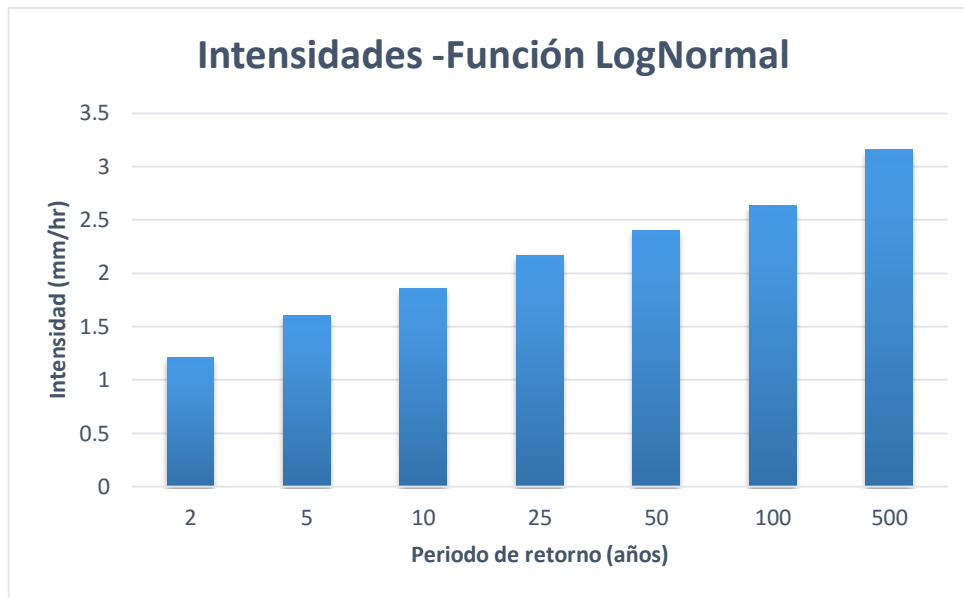


Gráfico 64: Gráfico de intensidades máximas para diferentes periodos de retorno, utilizando la Función LogNormal.

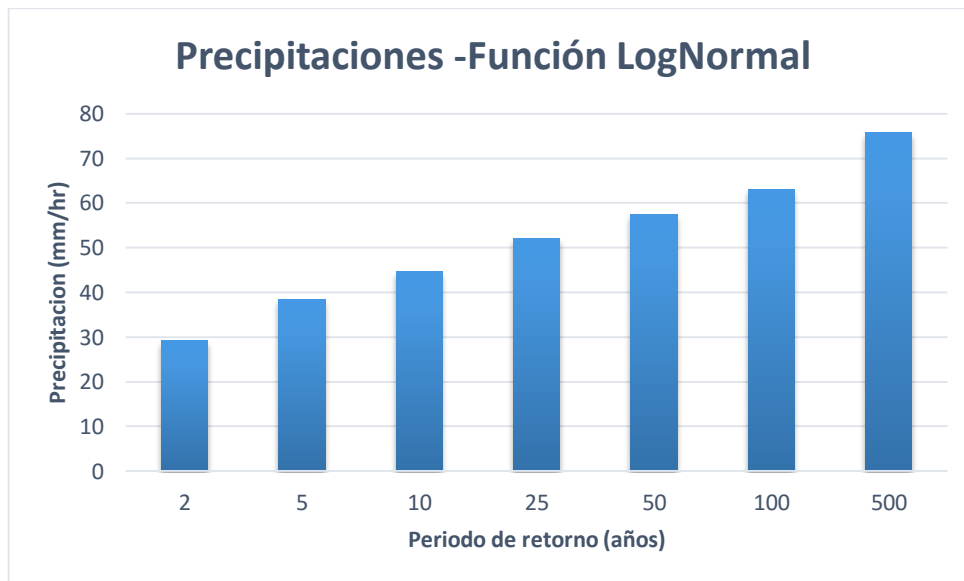


Gráfico 65: Gráfico de precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno, utilizando la Función LogNormal.

**Nota:** Los cálculos realizados a cada función de probabilidad, así como los valores de la prueba de ajuste Kolmogorov. Smirnov, se pueden corroborar con los datos brindados por el programa “Hidroesta”, mostrados en la sección anexos.



#### **D. Disgregación de la Lluvia Máxima en Precipitaciones e Intensidades Parciales.**

Para la disgregación de la lámina de lluvia, se utilizó los factores que más se ajustan a la realidad climática e hidrológica de la zona de estudio, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 22 Coeficientes de distribución de lluvia.

<b>Pt/P24</b>	<b>t (horas)</b>
<b>0.35</b>	1
<b>0.44</b>	2
<b>0.50</b>	3
<b>0.55</b>	4
<b>0.60</b>	5
<b>0.63</b>	6
<b>0.67</b>	7
<b>0.70</b>	8
<b>0.72</b>	9
<b>0.75</b>	10
<b>0.77</b>	11
<b>0.80</b>	12
<b>0.82</b>	13
<b>0.84</b>	14
<b>0.86</b>	15
<b>0.87</b>	16
<b>0.89</b>	17
<b>0.91</b>	18
<b>0.93</b>	19
<b>0.94</b>	20
<b>0.96</b>	21
<b>0.97</b>	22
<b>0.99</b>	23
<b>1.00</b>	24

Fuente: propia.

De la cual se obtuvo las siguientes tablas de precipitación e intensidad en función al periodo de retorno y duraciones determinadas:

Tabla IV. 23 Valores Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Quiruvilca.

Duración En horas	Tabla precipitaciones (mm)						
	período de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	500
1	10.20	13.49	15.61	18.24	20.17	22.08	26.51
2	12.83	16.96	19.62	22.93	25.35	27.75	33.33
4	16.12	21.31	24.66	28.82	31.86	34.88	41.89
6	18.45	24.40	28.23	32.98	36.47	39.93	47.94
8	20.29	26.83	31.04	36.27	40.10	43.90	52.72
10	21.84	28.87	33.40	39.03	43.16	47.24	56.73
12	23.18	30.64	35.46	41.43	45.81	50.14	60.21
24	29.15	38.54	44.60	52.11	57.62	63.07	75.74

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV. 24 Valores Intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Quiruvilca.

Duración en horas	Tabla intensidades (mm/hr)						
	período de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	500
1	10.20	13.49	15.61	18.24	20.17	22.08	26.51
2	6.41	8.48	9.81	11.46	12.68	13.88	16.66
4	4.03	5.33	6.17	7.20	7.97	8.72	10.47
6	3.08	4.07	4.71	5.50	6.08	6.65	7.99
8	2.54	3.35	3.88	4.53	5.01	5.49	6.59
10	2.18	2.89	3.34	3.90	4.32	4.72	5.67
12	1.93	2.55	2.95	3.45	3.82	4.18	5.02
24	1.21	1.61	1.86	2.17	2.40	2.63	3.16

Fuente: Elaboración propia.

**E. Regresión lineal múltiple para la obtención matemática de curvas IDF.**

De la tabla de intensidades mostrada en la actividad anterior, se le aplicó el método de regresiones múltiples a los valores de intensidad, duraciones y periodos de retorno.

Tabla IV. 25 Regresión Lineal múltiple – Estación Quiruvilca.

REGRESIONES LINEALES - Aparicio								
periodo	Y	X1	X2	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	x1.x2	x1.y	x2.y
<b>2</b>	1.0088	0.3010	1.7782	0.0906	3.1618	0.5353	0.3037	1.7938
	0.8071	0.3010	2.0792	0.0906	4.3230	0.6259	0.2430	1.6782
	0.6054	0.3010	2.3802	0.0906	5.6654	0.7165	0.1822	1.4409
	0.4880	0.3010	2.5563	0.0906	6.5347	0.7695	0.1469	1.2474
	0.4042	0.3010	2.6812	0.0906	7.1891	0.8071	0.1217	1.0838
	0.3392	0.3010	2.7782	0.0906	7.7181	0.8363	0.1021	0.9423
	0.2859	0.3010	2.8573	0.0906	8.1643	0.8601	0.0861	0.8169
	0.0845	0.3010	3.1584	0.0906	9.9753	0.9508	0.0254	0.2669
<b>5</b>	1.1300	0.6990	1.7782	0.4886	3.1618	1.2429	0.7898	2.0093
	0.9284	0.6990	2.0792	0.4886	4.3230	1.4533	0.6489	1.9303
	0.7266	0.6990	2.3802	0.4886	5.6654	1.6637	0.5079	1.7295
	0.6092	0.6990	2.5563	0.4886	6.5347	1.7868	0.4258	1.5573
	0.5255	0.6990	2.6812	0.4886	7.1891	1.8741	0.3673	1.4089
	0.4604	0.6990	2.7782	0.4886	7.7181	1.9418	0.3218	1.2792
	0.4071	0.6990	2.8573	0.4886	8.1643	1.9972	0.2846	1.1633
	0.2057	0.6990	3.1584	0.4886	9.9753	2.2076	0.1438	0.6498
<b>10</b>	1.1934	1.0000	1.7782	1.0000	3.1618	1.7782	1.1934	2.1220
	0.9918	1.0000	2.0792	1.0000	4.3230	2.0792	0.9918	2.0620
	0.7900	1.0000	2.3802	1.0000	5.6654	2.3802	0.7900	1.8804
	0.6726	1.0000	2.5563	1.0000	6.5347	2.5563	0.6726	1.7193
	0.5888	1.0000	2.6812	1.0000	7.1891	2.6812	0.5888	1.5788
	0.5238	1.0000	2.7782	1.0000	7.7181	2.7782	0.5238	1.4552
	0.4705	1.0000	2.8573	1.0000	8.1643	2.8573	0.4705	1.3444
	0.2691	1.0000	3.1584	1.0000	9.9753	3.1584	0.2691	0.8500
<b>25</b>	1.2610	1.3979	1.7782	1.9542	3.1618	2.4857	1.7628	2.2422
	1.0593	1.3979	2.0792	1.9542	4.3230	2.9066	1.4809	2.2025
	0.8576	1.3979	2.3802	1.9542	5.6654	3.3274	1.1988	2.0412
	0.7402	1.3979	2.5563	1.9542	6.5347	3.5736	1.0347	1.8921

	0.6564	1.3979	2.6812	1.9542	7.1891	3.7482	0.9177	1.7601
	0.5914	1.3979	2.7782	1.9542	7.7181	3.8837	0.8267	1.6430
	0.5381	1.3979	2.8573	1.9542	8.1643	3.9944	0.7522	1.5375
	0.3367	1.3979	3.1584	1.9542	9.9753	4.4152	0.4707	1.0634
<b>50</b>	1.3046	1.6990	1.7782	2.8865	3.1618	3.0210	2.2165	2.3198
	1.1030	1.6990	2.0792	2.8865	4.3230	3.5325	1.8740	2.2933
	0.9012	1.6990	2.3802	2.8865	5.6654	4.0439	1.5312	2.1451
	0.7838	1.6990	2.5563	2.8865	6.5347	4.3431	1.3317	2.0037
	0.7001	1.6990	2.6812	2.8865	7.1891	4.5553	1.1894	1.8771
	0.6351	1.6990	2.7782	2.8865	7.7181	4.7200	1.0789	1.7643
	0.5818	1.6990	2.8573	2.8865	8.1643	4.8545	0.9884	1.6623
	0.3804	1.6990	3.1584	2.8865	9.9753	5.3660	0.6462	1.2013
<b>100</b>	1.3439	2.0000	1.7782	4.0000	3.1618	3.5563	2.6878	2.3897
	1.1423	2.0000	2.0792	4.0000	4.3230	4.1584	2.2845	2.3750
	0.9405	2.0000	2.3802	4.0000	5.6654	4.7604	1.8810	2.2386
	0.8231	2.0000	2.5563	4.0000	6.5347	5.1126	1.6462	2.1041
	0.7394	2.0000	2.6812	4.0000	7.1891	5.3625	1.4787	1.9824
	0.6743	2.0000	2.7782	4.0000	7.7181	5.5563	1.3486	1.8734
	0.6210	2.0000	2.8573	4.0000	8.1643	5.7147	1.2421	1.7745
	0.4196	2.0000	3.1584	4.0000	9.9753	6.3167	0.8393	1.3253
<b>500</b>	1.4234	2.6990	1.7782	7.2844	3.1618	4.7992	3.8417	2.5310
	1.2218	2.6990	2.0792	7.2844	4.3230	5.6116	3.2975	2.5403
	1.0200	2.6990	2.3802	7.2844	5.6654	6.4241	2.7530	2.4278
	0.9026	2.6990	2.5563	7.2844	6.5347	6.8994	2.4361	2.3073
	0.8189	2.6990	2.6812	7.2844	7.1891	7.2366	2.2101	2.1956
	0.7538	2.6990	2.7782	7.2844	7.7181	7.4981	2.0345	2.0942
	0.7005	2.6990	2.8573	7.2844	8.1643	7.7119	1.8907	2.0016
	0.4991	2.6990	3.1584	7.2844	9.9753	8.5243	1.3471	1.5764
<b><math>\Sigma</math></b>	<b>40.9909</b>	<b>78.3670</b>	<b>141.8825</b>	<b>141.6348</b>	<b>369.1218</b>	<b>198.5520</b>	<b>62.7208</b>	<b>97.3961</b>
	<b>y</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X1<sup>2</sup></b>	<b>X2<sup>2</sup></b>	<b>x1.x2</b>	<b>x1.y</b>	<b>x2.y</b>
<b>n</b>	<b>56</b>							

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

Y: logaritmo de precipitaciones (mm/hr), X1: logaritmo del periodo de retorno(años), X2: logaritmo de las duraciones (minutos).

Con estos resultados y elaborando el sistema de ecuaciones, definidos por las ecuaciones: 2.35, 2.36 y 2.37. Se obtuvo:

$$40.9908 = a_0 * 56 + a_1 * 78.367 + a_2 * 141.8825$$

$$62.7207 = a_0 * 78.367 + a_1 * 141.6348 + a_2 * 198.5520$$

$$97.3960 = a_0 * 141.8825 + a_1 * 198.5520 + a_2 * 369.1218$$

Despejando:

$$a_0 = 2.19396, a_1 = 0.1676, a_2 = -0.6696.$$

Se aplicó además la prueba de correlación múltiple, con el fin de obtener el porcentaje de correlación entre sus variables (“T”, “d” e “i”):

Tabla IV. 26 Prueba de correlación múltiple – Estación Quiruvilca.

PRUEBA DE CORRELACIÓN	
$y'$	$(y-y')^2$
1.053756108	0.002023326
0.852184087	0.00202993
0.650612065	0.002046681
0.532699991	0.002001745
0.449040043	0.002008306
0.384148346	0.002021389
0.33112797	0.002046243
0.129555948	0.002030451
1.120450887	9.1556E-05
0.918878866	9.01578E-05
0.717306844	8.66692E-05
0.59939477	9.62169E-05
0.515734823	9.47851E-05
0.450843126	9.19686E-05
0.397822749	8.67593E-05
0.196250727	9.0048E-05
1.17090354	0.000505916
0.969331518	0.000502622
0.767759497	0.000494338
0.649847423	0.000516794

0.566187475	0.000513469
0.501295778	0.000506885
0.448275401	0.000494553
0.24670338	0.000502363
1.237598319	0.000546704
1.036026298	0.00054328
0.834454276	0.000534666
0.716542202	0.00055801
0.632882254	0.000554554
0.567990557	0.000547712
0.514970181	0.00053489
0.313398159	0.00054301
1.288050972	0.00027518
1.08647895	0.000272752
0.884906929	0.000266658
0.766994855	0.000283218
0.683334907	0.000280757
0.61844321	0.000275895
0.565422833	0.000266816
0.363850812	0.000272561
1.338503625	2.92327E-05
1.136931603	2.8445E-05
0.935359581	2.65005E-05
0.817447508	3.18915E-05
0.73378756	3.10695E-05
0.668895863	2.9466E-05
0.615875486	2.65503E-05
0.414303464	2.83833E-05
1.455651057	0.0010398
1.254079035	0.001044536
1.052507013	0.001056562
0.93459494	0.001024346
0.850934992	0.001029041
0.786043295	0.001038412
0.733022918	0.001056247
0.531450896	0.00104491
$\Sigma$	0.036095225
var y :	0.095621869

Fuente: Elaboración propia.

<b>S:</b>	0.00068104
<b>R:</b>	<b>99.64%</b>

Se concluye que hay una excelente correlación entre las variables.

Dónde:  $y'$  = valor estimado de  $y$  (calculado en base a la ecuación 2.34),  $R$  = coeficiente de correlación lineal múltiple expresado en porcentaje.

De los factores  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  calculados, haciendo su equivalencia con los factores de la ecuación 2.33, se tiene:

<b>K</b>	156.3030074
<b>m</b>	0.167600085
<b>n</b>	0.669607762

Así la ecuación de las curvas I-D-F queda definida:

$$i = \frac{156.303 T^{0.1676}}{(d)^{0.6696}}$$

Donde:  $i$  (mm/hr),  $T$ (años) y  $d$  (minutos).

Cuya tabla de intensidades es:

Tabla IV. 27 Intensidades obtenidas por ecuación IDF – Estación Quiruvilca.

T (años)	Tabla intensidades							
	Duración en minutos							
	60	120	240	360	480	600	720	1440
2	11.32	7.12	4.47	3.41	2.81	2.42	2.14	1.35
5	13.20	8.30	5.22	3.98	3.28	2.82	2.50	1.57
10	14.82	9.32	5.86	4.47	3.68	3.17	2.81	1.76
25	17.28	10.86	6.83	5.21	4.29	3.70	3.27	2.06
50	19.41	12.20	7.67	5.85	4.82	4.15	3.68	2.31
100	21.80	13.71	8.62	6.57	5.42	4.67	4.13	2.60
500	28.55	17.95	11.29	8.60	7.09	6.11	5.41	3.40

Fuente: Elaboración propia.

Expresados los resultados gráficamente, se obtienen las siguientes curvas:

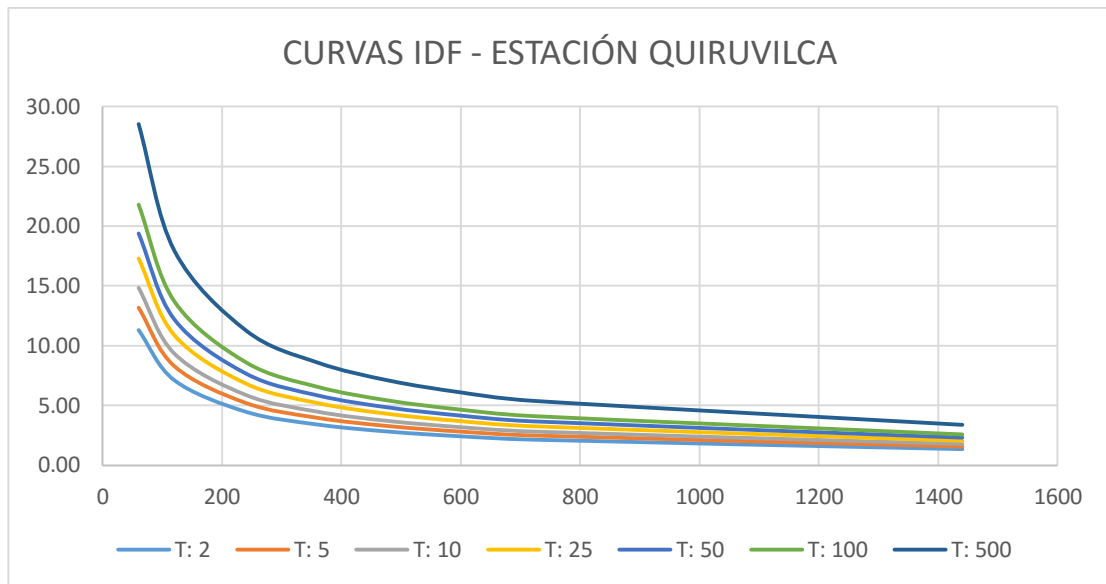


Gráfico 66: Resumen de curvas IDF para diferentes periodos de retorno obtenidas por medio de regresión linean múltiple – Estación Quiruvilca.

**F. Obtención de los hietogramas de diseño utilizando las relaciones de curvas IDF, método de los bloques alternados.**

Para realizar este cálculo, además de tener definidas nuestras curvas I-D-F, se hace necesario también definir nuestra duración de lluvia y los intervalos de tiempo en que se dividirá esta duración:

Se definió una duración de lluvia de: 24 horas

Con intervalos de tiempo de: 1 hora.



### Hietograma de diseño, para un T: 500 años:

Tabla IV. 28 Valores de hietograma de diseño para un T: 500 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	28.55	28.55	28.55	28.55	1.17	1.17
2	17.95	35.90	7.35	7.35	1.25	1.25
3	13.68	41.05	5.15	5.15	1.34	1.34
4	11.29	45.14	4.09	4.09	1.44	1.44
5	9.72	48.59	3.45	3.45	1.57	1.57
6	8.60	51.61	3.02	3.02	1.74	1.74
7	7.76	54.31	2.70	2.70	1.95	1.95
8	7.09	56.76	2.45	2.45	2.25	2.25
9	6.56	59.01	2.25	2.25	2.70	2.70
10	6.11	61.10	2.09	2.09	3.45	3.45
11	5.73	63.05	1.95	1.95	5.15	5.15
12	5.41	64.89	1.84	1.84	28.55	28.55
13	5.13	66.63	1.74	1.74	7.35	7.35
14	4.88	68.28	1.65	1.65	4.09	4.09
15	4.66	69.86	1.57	1.57	3.02	3.02
16	4.46	71.36	1.51	1.51	2.45	2.45
17	4.28	72.81	1.44	1.44	2.09	2.09
18	4.12	74.20	1.39	1.39	1.84	1.84
19	3.98	75.53	1.34	1.34	1.65	1.65
20	3.84	76.82	1.29	1.29	1.51	1.51
21	3.72	78.07	1.25	1.25	1.39	1.39
22	3.60	79.28	1.21	1.21	1.29	1.29
23	3.50	80.46	1.17	1.17	1.21	1.21
24	3.40	81.59	1.14	1.14	1.14	1.14

Fuente: Elaboración propia.

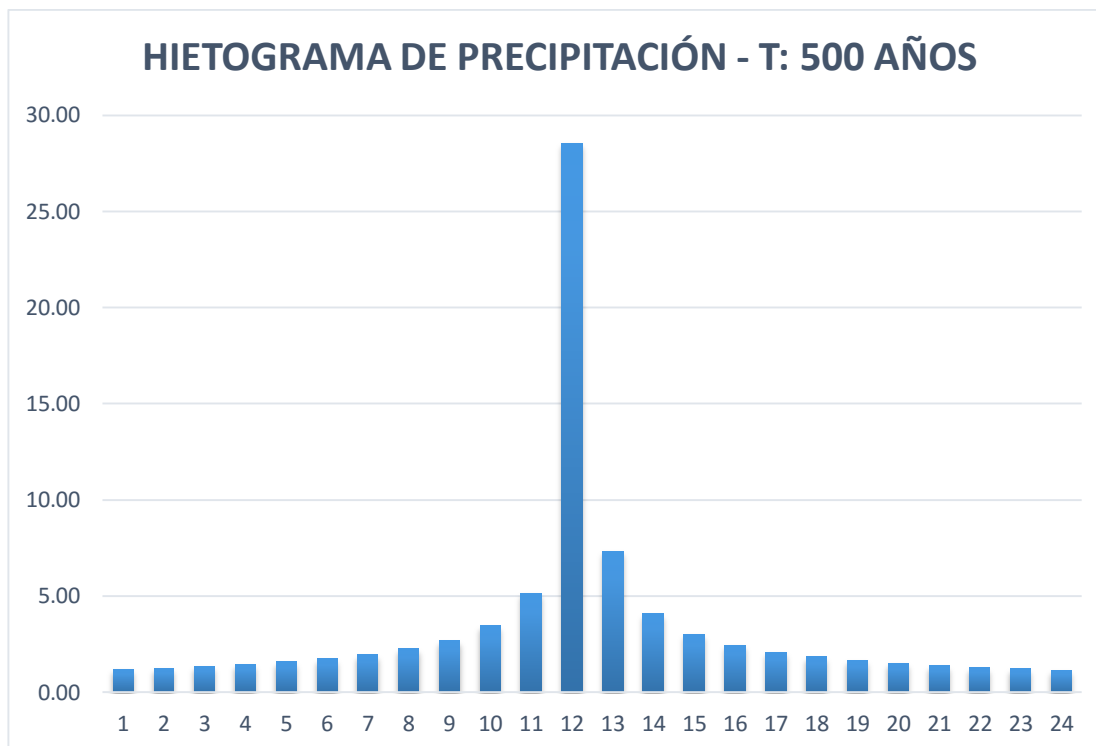


Gráfico 67: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años – Estación Quiruvilca.

**Hietograma de diseño, para un T: 100 años:**

Tabla IV. 29 Valores de hietograma de diseño para un T: 100 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	21.80	21.80	21.80	21.80	0.90	0.90
2	13.71	27.41	5.61	5.61	0.95	0.95
3	10.45	31.34	3.93	3.93	1.02	1.02
4	8.62	34.47	3.13	3.13	1.10	1.10
5	7.42	37.11	2.64	2.64	1.20	1.20
6	6.57	39.41	2.30	2.30	1.33	1.33
7	5.92	41.47	2.06	2.06	1.49	1.49
8	5.42	43.34	1.87	1.87	1.72	1.72
9	5.01	45.06	1.72	1.72	2.06	2.06
10	4.67	46.65	1.60	1.60	2.64	2.64
11	4.38	48.15	1.49	1.49	3.93	3.93

12	4.13	49.55	1.40	1.40	21.80	21.80
13	3.91	50.88	1.33	1.33	5.61	5.61
14	3.72	52.14	1.26	1.26	3.13	3.13
15	3.56	53.34	1.20	1.20	2.30	2.30
16	3.41	54.49	1.15	1.15	1.87	1.87
17	3.27	55.59	1.10	1.10	1.60	1.60
18	3.15	56.65	1.06	1.06	1.40	1.40
19	3.04	57.68	1.02	1.02	1.26	1.26
20	2.93	58.66	0.99	0.99	1.15	1.15
21	2.84	59.61	0.95	0.95	1.06	1.06
22	2.75	60.54	0.92	0.92	0.99	0.99
23	2.67	61.43	0.90	0.90	0.92	0.92
24	2.60	62.30	0.87	0.87	0.87	0.87

Fuente: Elaboración propia.

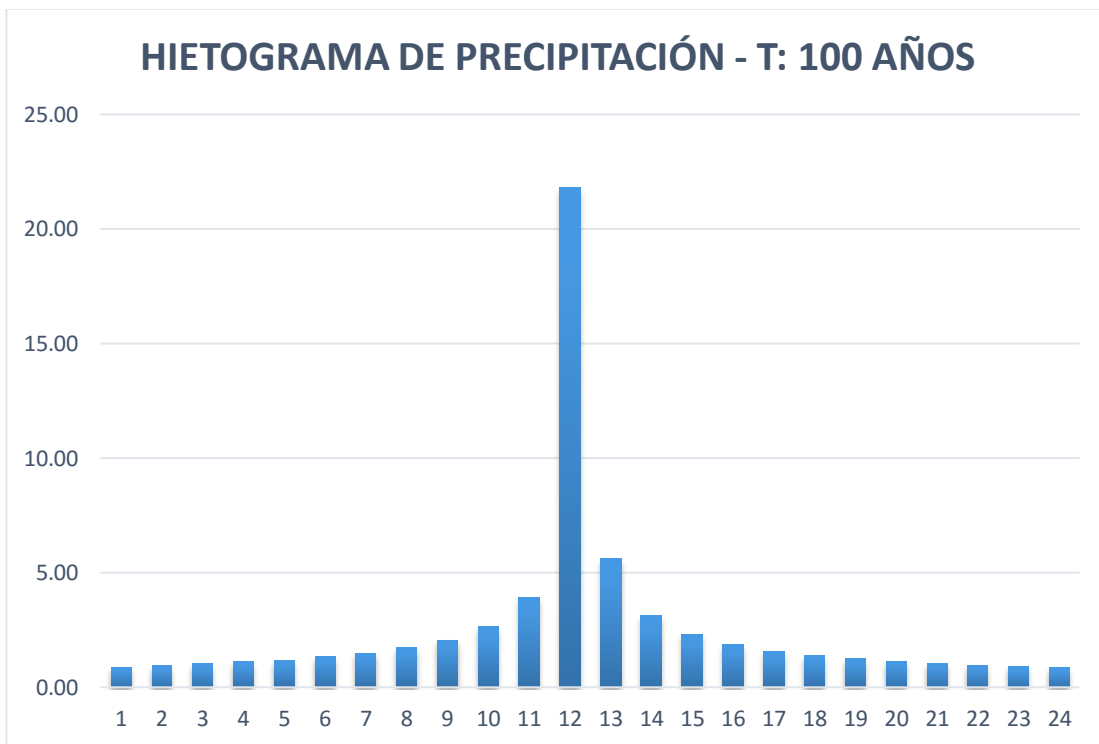


Gráfico 68: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años – Estación Quiruvilca.

### Hietograma de diseño, para un T: 50 años:

Tabla IV. 30 Valores de hietograma de diseño para un T: 50 años – Estación Quiruvilca.

† (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	19.41	19.41	19.41	19.41	0.80	0.80
2	12.20	24.41	5.00	5.00	0.85	0.85
3	9.30	27.91	3.50	3.50	0.91	0.91
4	7.67	30.69	2.78	2.78	0.98	0.98
5	6.61	33.04	2.35	2.35	1.07	1.07
6	5.85	35.09	2.05	2.05	1.18	1.18
7	5.27	36.92	1.83	1.83	1.33	1.33
8	4.82	38.59	1.67	1.67	1.53	1.53
9	4.46	40.12	1.53	1.53	1.83	1.83
10	4.15	41.54	1.42	1.42	2.35	2.35
11	3.90	42.87	1.33	1.33	3.50	3.50
12	3.68	44.12	1.25	1.25	19.41	19.41
13	3.48	45.30	1.18	1.18	5.00	5.00
14	3.32	46.42	1.12	1.12	2.78	2.78
15	3.17	47.49	1.07	1.07	2.05	2.05
16	3.03	48.52	1.02	1.02	1.67	1.67
17	2.91	49.50	0.98	0.98	1.42	1.42
18	2.80	50.44	0.94	0.94	1.25	1.25
19	2.70	51.35	0.91	0.91	1.12	1.12
20	2.61	52.23	0.88	0.88	1.02	1.02
21	2.53	53.08	0.85	0.85	0.94	0.94
22	2.45	53.90	0.82	0.82	0.88	0.88
23	2.38	54.70	0.80	0.80	0.82	0.82
24	2.31	55.47	0.77	0.77	0.77	0.77

Fuente: Elaboración propia.

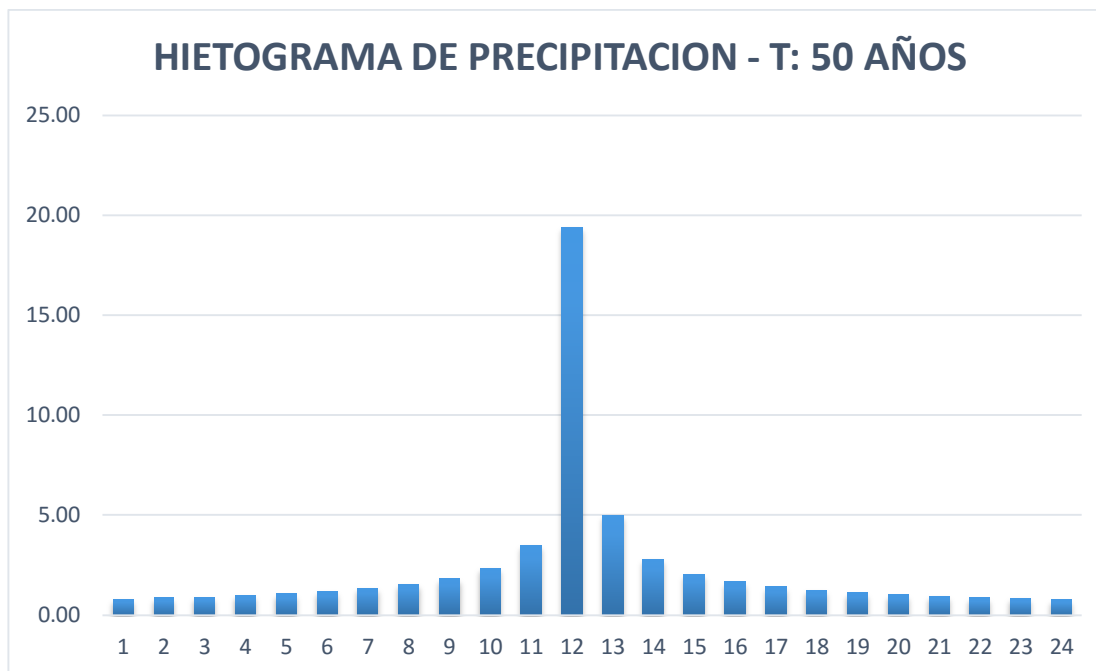


Gráfico 69: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años – Estación Quiruvilca.

### Hietograma de diseño, para un T: 25 años:

Tabla IV. 31 Valores de hietograma de diseño para un T: 25 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	17.28	17.28	17.28	17.28	0.71	0.71
2	10.86	21.73	4.45	4.45	0.76	0.76
3	8.28	24.84	3.11	3.11	0.81	0.81
4	6.83	27.32	2.48	2.48	0.87	0.87
5	5.88	29.41	2.09	2.09	0.95	0.95
6	5.21	31.24	1.83	1.83	1.05	1.05
7	4.70	32.87	1.63	1.63	1.18	1.18
8	4.29	34.35	1.48	1.48	1.36	1.36
9	3.97	35.72	1.36	1.36	1.63	1.63
10	3.70	36.98	1.27	1.27	2.09	2.09
11	3.47	38.17	1.18	1.18	3.11	3.11
12	3.27	39.28	1.11	1.11	17.28	17.28

<b>13</b>	3.10	40.33	1.05	1.05	4.45	4.45
<b>14</b>	2.95	41.33	1.00	1.00	2.48	2.48
<b>15</b>	2.82	42.28	0.95	0.95	1.83	1.83
<b>16</b>	2.70	43.19	0.91	0.91	1.48	1.48
<b>17</b>	2.59	44.07	0.87	0.87	1.27	1.27
<b>18</b>	2.49	44.91	0.84	0.84	1.11	1.11
<b>19</b>	2.41	45.72	0.81	0.81	1.00	1.00
<b>20</b>	2.32	46.50	0.78	0.78	0.91	0.91
<b>21</b>	2.25	47.26	0.76	0.76	0.84	0.84
<b>22</b>	2.18	47.99	0.73	0.73	0.78	0.78
<b>23</b>	2.12	48.70	0.71	0.71	0.73	0.73
<b>24</b>	2.06	49.39	0.69	0.69	0.69	0.69

Fuente: Elaboración propia.

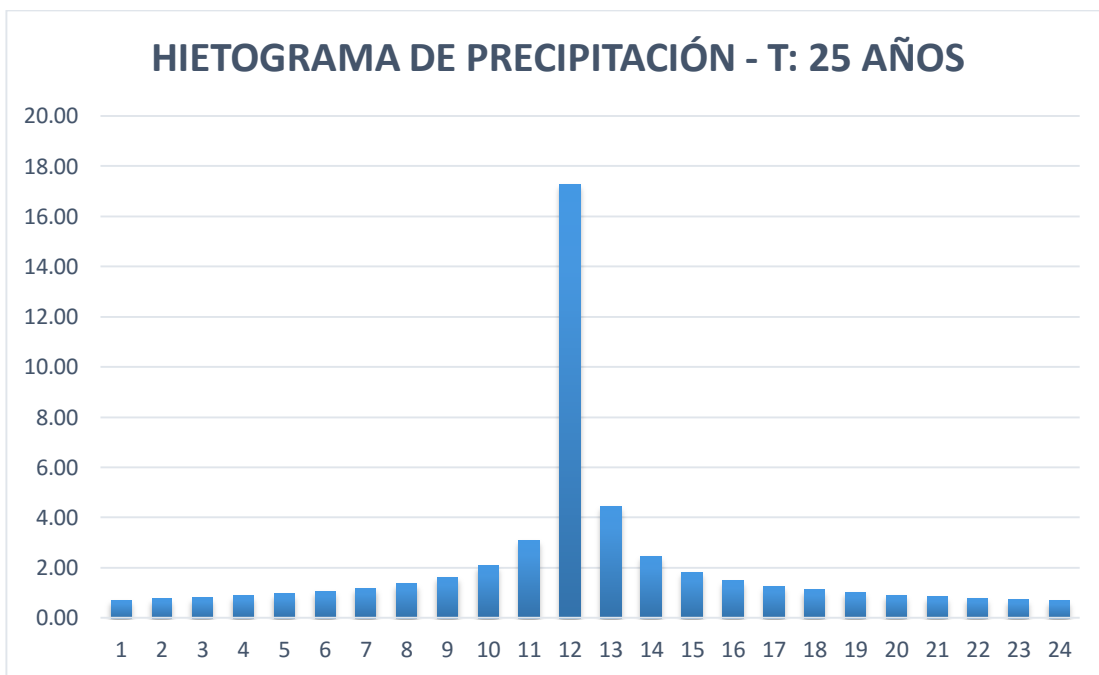


Gráfico 70: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años – Estación Quiruvilca.

### Hietograma de diseño, para un T: 10 años:

Tabla IV. 32 Valores de hietograma de diseño para un T: 10 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	14.82	14.82	14.82	14.82	0.61	0.61
2	9.32	18.64	3.81	3.81	0.65	0.65
3	7.10	21.31	2.67	2.67	0.69	0.69
4	5.86	23.43	2.12	2.12	0.75	0.75
5	5.05	25.23	1.79	1.79	0.82	0.82
6	4.47	26.79	1.57	1.57	0.90	0.90
7	4.03	28.19	1.40	1.40	1.01	1.01
8	3.68	29.46	1.27	1.27	1.17	1.17
9	3.40	30.63	1.17	1.17	1.40	1.40
10	3.17	31.72	1.09	1.09	1.79	1.79
11	2.98	32.73	1.01	1.01	2.67	2.67
12	2.81	33.69	0.95	0.95	14.82	14.82
13	2.66	34.59	0.90	0.90	3.81	3.81
14	2.53	35.45	0.86	0.86	2.12	2.12
15	2.42	36.26	0.82	0.82	1.57	1.57
16	2.32	37.05	0.78	0.78	1.27	1.27
17	2.22	37.79	0.75	0.75	1.09	1.09
18	2.14	38.52	0.72	0.72	0.95	0.95
19	2.06	39.21	0.69	0.69	0.86	0.86
20	1.99	39.88	0.67	0.67	0.78	0.78
21	1.93	40.53	0.65	0.65	0.72	0.72
22	1.87	41.16	0.63	0.63	0.67	0.67
23	1.82	41.76	0.61	0.61	0.63	0.63
24	1.76	42.36	0.59	0.59	0.59	0.59

Fuente: Elaboración propia.

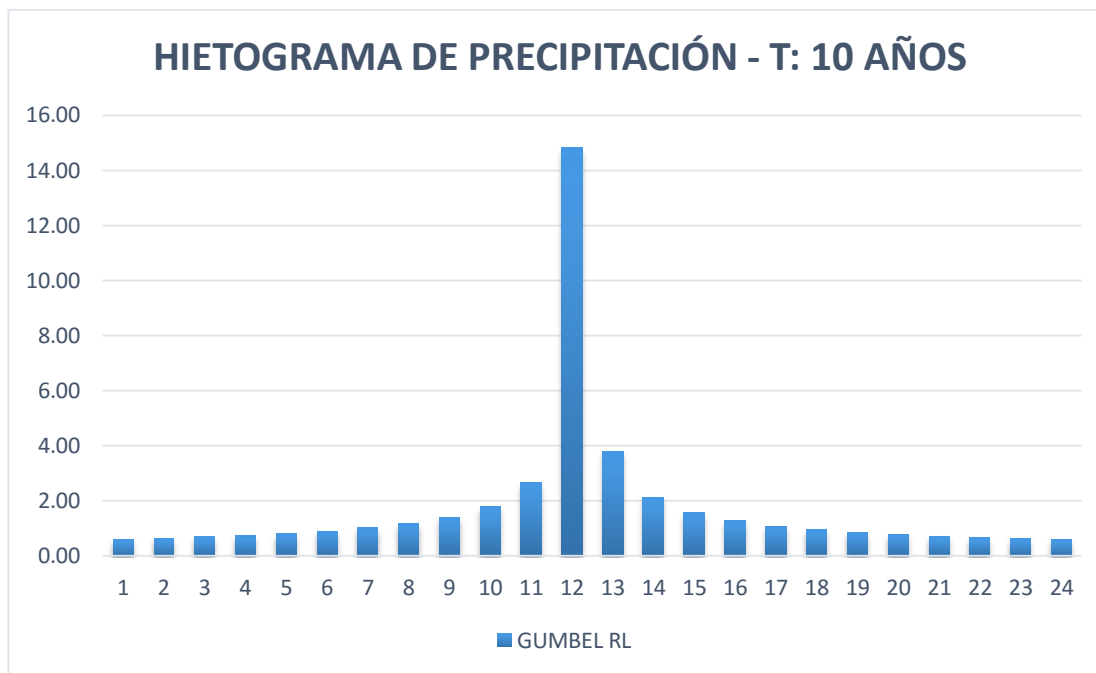


Gráfico 71: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años – Estación Quiruvilca.

#### Hietograma de diseño, para un T: 5 años:

Tabla IV. 33 Valores de hietograma de diseño para un T: 5 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	13.20	13.20	13.20	13.20	0.54	0.54
2	8.30	16.59	3.40	3.40	0.58	0.58
3	6.32	18.97	2.38	2.38	0.62	0.62
4	5.22	20.86	1.89	1.89	0.67	0.67
5	4.49	22.46	1.60	1.60	0.73	0.73
6	3.98	23.85	1.39	1.39	0.80	0.80
7	3.59	25.10	1.25	1.25	0.90	0.90
8	3.28	26.23	1.13	1.13	1.04	1.04
9	3.03	27.27	1.04	1.04	1.25	1.25
10	2.82	28.24	0.97	0.97	1.60	1.60
11	2.65	29.14	0.90	0.90	2.38	2.38



12	2.50	29.99	0.85	0.85	13.20	13.20
13	2.37	30.80	0.80	0.80	3.40	3.40
14	2.25	31.56	0.76	0.76	1.89	1.89
15	2.15	32.29	0.73	0.73	1.39	1.39
16	2.06	32.98	0.70	0.70	1.13	1.13
17	1.98	33.65	0.67	0.67	0.97	0.97
18	1.91	34.29	0.64	0.64	0.85	0.85
19	1.84	34.91	0.62	0.62	0.76	0.76
20	1.78	35.51	0.60	0.60	0.70	0.70
21	1.72	36.08	0.58	0.58	0.64	0.64
22	1.67	36.64	0.56	0.56	0.60	0.60
23	1.62	37.18	0.54	0.54	0.56	0.56
24	1.57	37.71	0.53	0.53	0.53	0.53

Fuente: Elaboración propia.

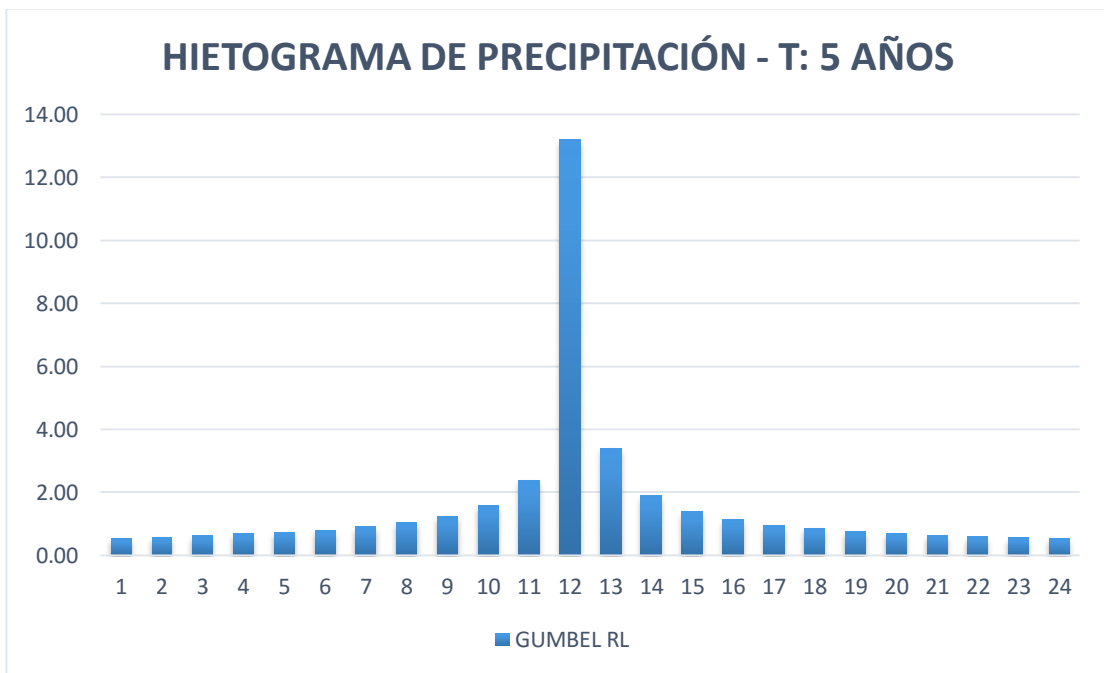


Gráfico 72: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años – Estación Quiruvilca.

### Hietograma de diseño, para un T: 2 años:

Tabla IV. 34 Valores de hietograma de diseño para un T: 2 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	11.32	11.32	11.32	11.32	0.46	0.46
2	7.12	14.23	2.91	2.91	0.49	0.49
3	5.42	16.27	2.04	2.04	0.53	0.53
4	4.47	17.89	1.62	1.62	0.57	0.57
5	3.85	19.26	1.37	1.37	0.62	0.62
6	3.41	20.46	1.20	1.20	0.69	0.69
7	3.08	21.53	1.07	1.07	0.77	0.77
8	2.81	22.50	0.97	0.97	0.89	0.89
9	2.60	23.39	0.89	0.89	1.07	1.07
10	2.42	24.22	0.83	0.83	1.37	1.37
11	2.27	24.99	0.77	0.77	2.04	2.04
12	2.14	25.72	0.73	0.73	11.32	11.32
13	2.03	26.41	0.69	0.69	2.91	2.91
14	1.93	27.07	0.65	0.65	1.62	1.62
15	1.85	27.69	0.62	0.62	1.20	1.20
16	1.77	28.29	0.60	0.60	0.97	0.97
17	1.70	28.86	0.57	0.57	0.83	0.83
18	1.63	29.41	0.55	0.55	0.73	0.73
19	1.58	29.94	0.53	0.53	0.65	0.65
20	1.52	30.45	0.51	0.51	0.60	0.60
21	1.47	30.95	0.49	0.49	0.55	0.55
22	1.43	31.43	0.48	0.48	0.51	0.51
23	1.39	31.89	0.46	0.46	0.48	0.48
24	1.35	32.34	0.45	0.45	0.45	0.45

Fuente: Elaboración propia.

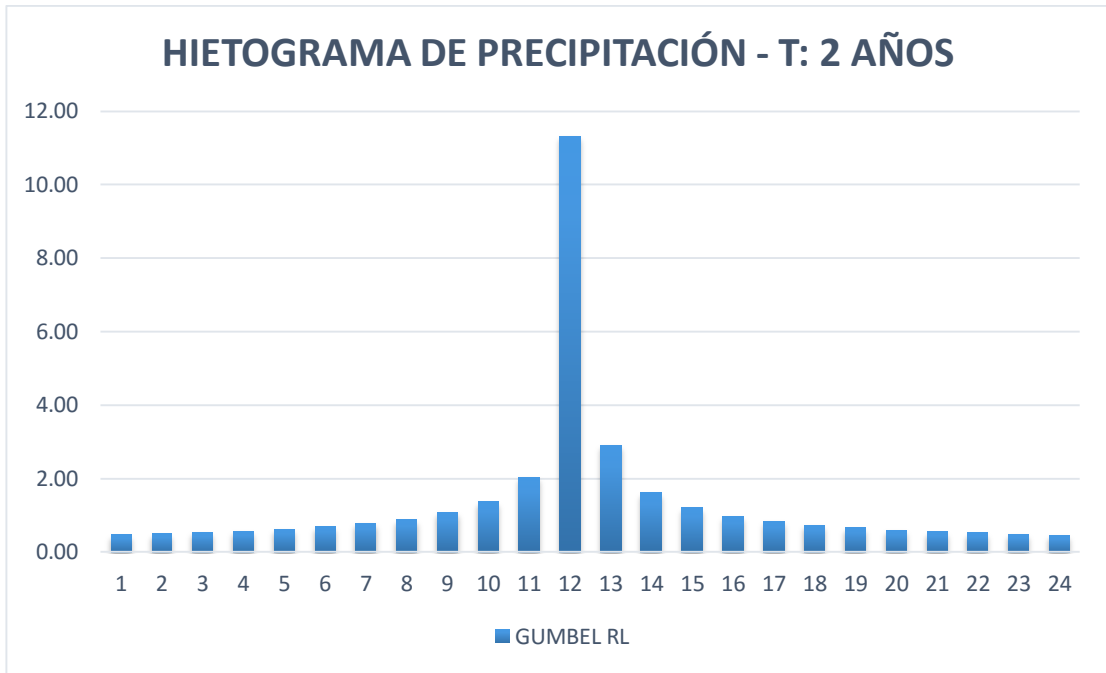


Gráfico 73: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años – Estación Quiruvilca.

## Estación Julcán

### A. Ubicación Geográfica Y Registro Histórico

La estación Julcán se encuentra ubicada en el distrito de Julcán, provincia de Julcán, departamento de La Libertad. Sus coordenadas geográficas son: Latitud de 8° 03' 12.4", Longitud de 78° 30' 7.79" y una altitud de 3448 m.s.n.m. Dicha estación cuenta con un registro histórico de 47 años, cuyas precipitaciones máximas de 24 horas anuales, registradas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 35 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Julcán.

<b>n</b>	<b>AÑO DE REGISTRO</b>	<b>PRECIP MAX EN 24 HRS (mm)</b>
1	1964	32.00
2	1965	29.50
3	1966	17.40
4	1967	23.60
5	1968	12.30
6	1969	26.00
7	1970	20.00
8	1971	32.10
9	1972	19.20
10	1973	34.90
11	1974	24.70
12	1975	32.60
13	1976	31.00
14	1977	29.30
15	1978	26.80
16	1979	43.30
17	1980	34.20
18	1981	42.60
19	1982	21.30
20	1983	35.20
21	1984	26.46
22	1985	22.20

23	1986	30.10
24	1987	32.30
25	1988	28.90
26	1989	25.80
27	1990	20.38
28	1991	29.60
29	1992	19.40
30	1993	23.79
31	1994	22.10
32	1995	37.40
33	1996	48.00
34	1997	40.10
35	1998	33.30
36	1999	42.10
37	2000	33.80
38	2001	50.00
39	2002	30.30
40	2003	29.30
41	2004	47.70
42	2005	40.70
43	2006	41.00
44	2007	36.70
45	2008	34.60
46	2009	36.30
47	2010	32.00

Fuente: SENAMHI

## B. Funciones de Distribución de Probabilidad y Pruebas de ajuste

Tabla IV. 36 Función de probabilidad Normal – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	F(y)	F(m) Weibull	Kolmogorov. Simirnov
1	1964	32.00	0.0136	0.0208	0.0072
2	1965	29.50	0.0537	0.0417	0.0121
3	1966	17.40	0.0810	0.0625	0.0185
4	1967	23.60	0.0846	0.0833	0.0012
5	1968	12.30	0.0960	0.1042	0.0082
6	1969	26.00	0.1038	0.1250	0.0212

7	1970	20.00	0.1247	0.1458	0.0212
8	1971	32.10	0.1450	0.1667	0.0217
9	1972	19.20	0.1477	0.1875	0.0398
10	1973	34.90	0.1889	0.2083	0.0194
11	1974	24.70	0.1949	0.2292	0.0343
12	1975	32.60	0.2258	0.2500	0.0242
13	1976	31.00	0.2664	0.2708	0.0044
14	1977	29.30	0.2742	0.2917	0.0175
15	1978	26.80	0.2923	0.3125	0.0202
16	1979	43.30	0.3063	0.3333	0.0270
17	1980	34.20	0.3975	0.3542	0.0433
18	1981	42.60	0.4157	0.3750	0.0407
19	1982	21.30	0.4157	0.3958	0.0199
20	1983	35.20	0.4249	0.4167	0.0082
21	1984	26.46	0.4295	0.4375	0.0080
22	1985	22.20	0.4527	0.4583	0.0057
23	1986	30.10	0.4620	0.4792	0.0172
24	1987	32.30	0.4947	0.5000	0.0053
25	1988	28.90	0.5415	0.5208	0.0206
26	1989	25.80	0.5415	0.5417	0.0002
27	1990	20.38	0.5461	0.5625	0.0164
28	1991	29.60	0.5554	0.5833	0.0279
29	1992	19.40	0.5693	0.6042	0.0349
30	1993	23.79	0.6013	0.6250	0.0237
31	1994	22.10	0.6238	0.6458	0.0221
32	1995	37.40	0.6415	0.6667	0.0252
33	1996	48.00	0.6588	0.6875	0.0287
34	1997	40.10	0.6717	0.7083	0.0367
35	1998	33.30	0.6843	0.7292	0.0449
36	1999	42.10	0.7287	0.7500	0.0213
37	2000	33.80	0.7440	0.7708	0.0268
38	2001	50.00	0.7697	0.7917	0.0219
39	2002	30.30	0.8543	0.8125	0.0418
40	2003	29.30	0.8698	0.8333	0.0365
41	2004	47.70	0.8771	0.8542	0.0229
42	2005	40.70	0.9014	0.8750	0.0264
43	2006	41.00	0.9112	0.8958	0.0154
44	2007	36.70	0.9237	0.9167	0.0071

45	2008	34.60	0.9742	0.9375	0.0367
46	2009	36.30	0.9763	0.9583	0.0179
47	2010	32.00	0.9867	0.9792	0.0075

Fuente: Elaboración propia.

media	31.1132
des estan	8.5184

D max =	0.0449
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.19
----------------	------

### Análisis Gráfico de Ajuste

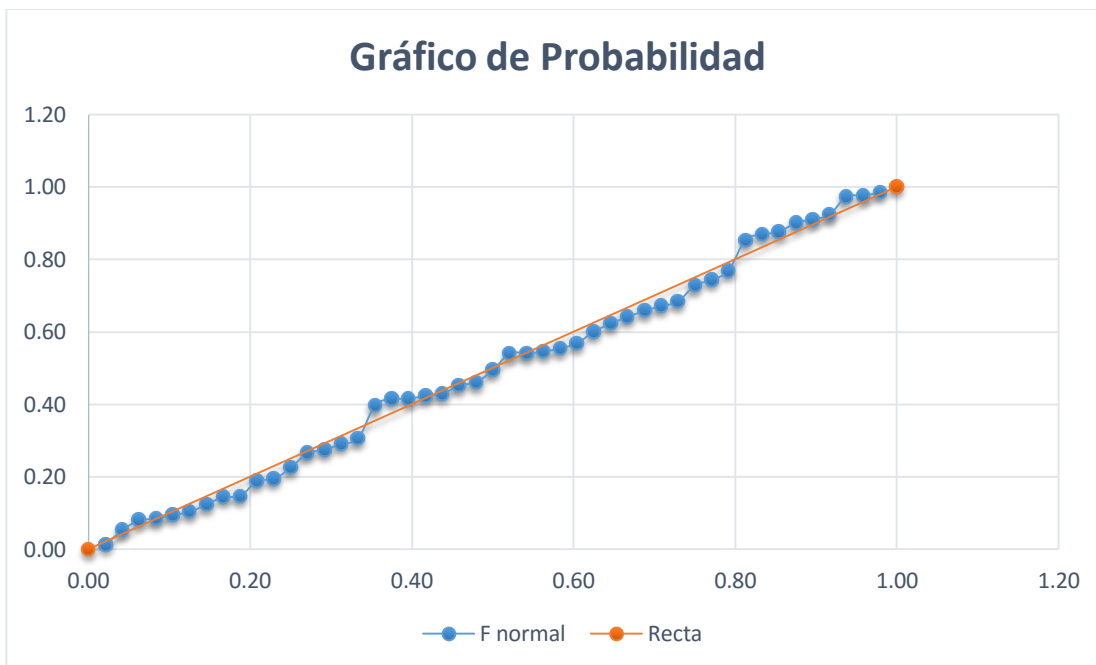


Gráfico 74: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad Normal – Estación Julcán.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 37 Función de probabilidad LogNormal – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	Y= ln x	F(y)	F(m) Weibull	Kolmogorov. Simirnov
1	1964	32.00	2.5096	0.0012	0.0208	0.0197
2	1965	29.50	2.8565	0.0319	0.0417	0.0098
3	1966	17.40	2.9549	0.0646	0.0625	0.0021
4	1967	23.60	2.9653	0.0692	0.0833	0.0141
5	1968	12.30	2.9957	0.0842	0.1042	0.0199
6	1969	26.00	3.0145	0.0946	0.1250	0.0304
7	1970	20.00	3.0587	0.1227	0.1458	0.0232
8	1971	32.10	3.0956	0.1502	0.1667	0.0165
9	1972	19.20	3.1001	0.1538	0.1875	0.0337
10	1973	34.90	3.1612	0.2088	0.2083	0.0004
11	1974	24.70	3.1692	0.2166	0.2292	0.0125
12	1975	32.60	3.2068	0.2563	0.2500	0.0063
13	1976	31.00	3.2504	0.3065	0.2708	0.0357
14	1977	29.30	3.2581	0.3159	0.2917	0.0242
15	1978	26.80	3.2755	0.3373	0.3125	0.0248
16	1979	43.30	3.2884	0.3536	0.3333	0.0203
17	1980	34.20	3.3638	0.4533	0.3542	0.0991
18	1981	42.60	3.3776	0.4720	0.3750	0.0970
19	1982	21.30	3.3776	0.4720	0.3958	0.0761
20	1983	35.20	3.3844	0.4812	0.4167	0.0646
21	1984	26.46	3.3878	0.4859	0.4375	0.0484
22	1985	22.20	3.4045	0.5087	0.4583	0.0504
23	1986	30.10	3.4111	0.5178	0.4792	0.0386
24	1987	32.30	3.4340	0.5488	0.5000	0.0488
25	1988	28.90	3.4657	0.5915	0.5208	0.0707
26	1989	25.80	3.4657	0.5915	0.5417	0.0498
27	1990	20.38	3.4689	0.5956	0.5625	0.0331
28	1991	29.60	3.4751	0.6038	0.5833	0.0205
29	1992	19.40	3.4843	0.6160	0.6042	0.0118
30	1993	23.79	3.5056	0.6434	0.6250	0.0184
31	1994	22.10	3.5205	0.6623	0.6458	0.0164
32	1995	37.40	3.5322	0.6769	0.6667	0.0102
33	1996	48.00	3.5439	0.6910	0.6875	0.0035
34	1997	40.10	3.5525	0.7013	0.7083	0.0070



35	1998	33.30	3.5610	0.7114	0.7292	0.0177
36	1999	42.10	3.5918	0.7463	0.7500	0.0037
37	2000	33.80	3.6028	0.7582	0.7708	0.0127
38	2001	50.00	3.6217	0.7779	0.7917	0.0138
39	2002	30.30	3.6914	0.8422	0.8125	0.0297
40	2003	29.30	3.7062	0.8542	0.8333	0.0208
41	2004	47.70	3.7136	0.8598	0.8542	0.0057
42	2005	40.70	3.7400	0.8790	0.8750	0.0040
43	2006	41.00	3.7519	0.8870	0.8958	0.0089
44	2007	36.70	3.7682	0.8973	0.9167	0.0193
45	2008	34.60	3.8649	0.9449	0.9375	0.0074
46	2009	36.30	3.8712	0.9473	0.9583	0.0110
47	2010	32.00	3.9120	0.9607	0.9792	0.0185

media	3.3981
des estan	0.2922

D max =	0.0991
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.19
----------------	------

### Análisis Gráfico de Ajuste

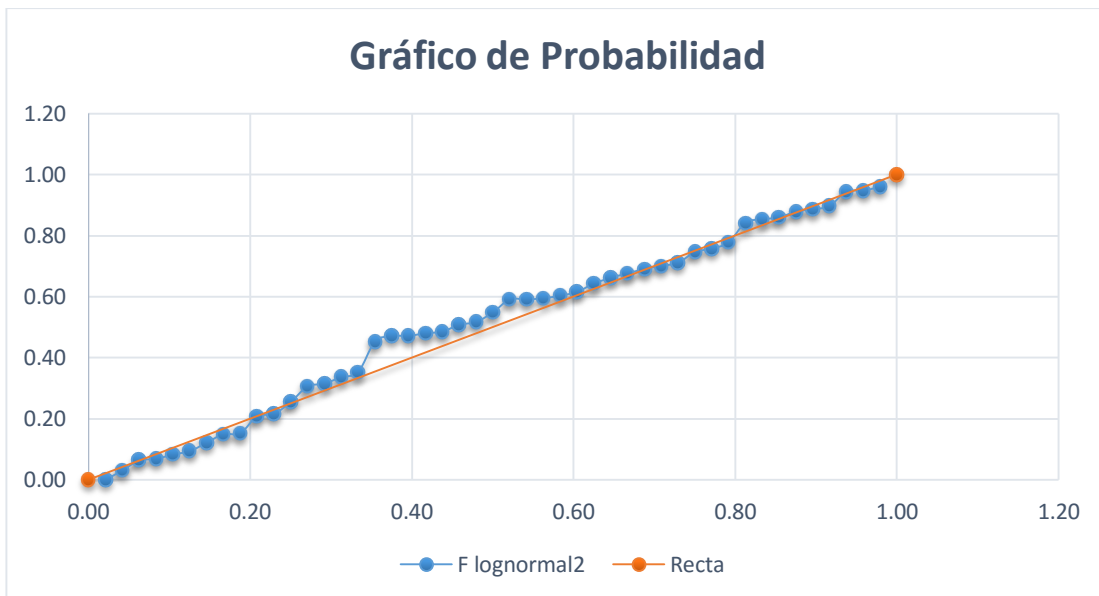


Gráfico 75: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad LogNormal – Estación Julcán.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 38 Función de probabilidad Gumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	F(m) de Weibull	F(y) GUMBEL	Kolmogorov. Smirnov
1	1964	32.00	0.0208	0.0001	0.0208
2	1965	29.50	0.0417	0.0120	0.0297
3	1966	17.40	0.0625	0.0342	0.0283
4	1967	23.60	0.0833	0.0378	0.0455
5	1968	12.30	0.1042	0.0502	0.0540
6	1969	26.00	0.1250	0.0592	0.0658
7	1970	20.00	0.1458	0.0854	0.0604
8	1971	32.10	0.1667	0.1129	0.0538
9	1972	19.20	0.1875	0.1167	0.0708
10	1973	34.90	0.2083	0.1755	0.0329
11	1974	24.70	0.2292	0.1842	0.0450
12	1975	32.60	0.2500	0.2289	0.0211
13	1976	31.00	0.2708	0.2866	0.0158
14	1977	29.30	0.2917	0.2975	0.0058
15	1978	26.80	0.3125	0.3224	0.0099
16	1979	43.30	0.3333	0.3413	0.0080
17	1980	34.20	0.3542	0.4568	0.1026
18	1981	42.60	0.3750	0.4782	0.1032
19	1982	21.30	0.3958	0.4782	0.0824
20	1983	35.20	0.4167	0.4888	0.0721
21	1984	26.46	0.4375	0.4940	0.0565
22	1985	22.20	0.4583	0.5200	0.0616
23	1986	30.10	0.4792	0.5301	0.0510
24	1987	32.30	0.5000	0.5649	0.0649
25	1988	28.90	0.5208	0.6118	0.0910
26	1989	25.80	0.5417	0.6118	0.0702
27	1990	20.38	0.5625	0.6163	0.0538
28	1991	29.60	0.5833	0.6253	0.0419
29	1992	19.40	0.6042	0.6384	0.0342
30	1993	23.79	0.6250	0.6677	0.0427
31	1994	22.10	0.6458	0.6875	0.0417
32	1995	37.40	0.6667	0.7027	0.0361
33	1996	48.00	0.6875	0.7174	0.0299

34	1997	40.10	0.7083	0.7280	0.0196
35	1998	33.30	0.7292	0.7383	0.0091
36	1999	42.10	0.7500	0.7733	0.0233
37	2000	33.80	0.7708	0.7850	0.0141
38	2001	50.00	0.7917	0.8042	0.0125
39	2002	30.30	0.8125	0.8649	0.0524
40	2003	29.30	0.8333	0.8758	0.0425
41	2004	47.70	0.8542	0.8810	0.0268
42	2005	40.70	0.8750	0.8982	0.0232
43	2006	41.00	0.8958	0.9052	0.0094
44	2007	36.70	0.9167	0.9143	0.0024
45	2008	34.60	0.9375	0.9548	0.0173
46	2009	36.30	0.9583	0.9568	0.0015
47	2010	32.00	0.9792	0.9678	0.0113

Fuente: Elaboración propia.

media	31.1132
des estan	8.5184

alpha	6.6418
beta	27.2796

D max =	0.1032
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.19
----------------	------

**Análisis Gráfico de Ajuste**

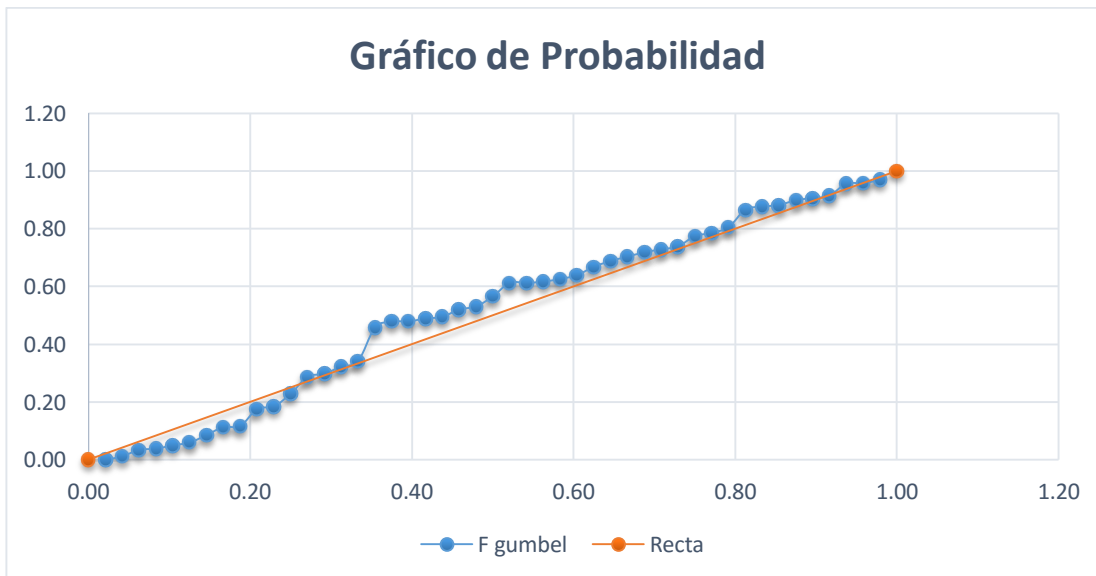


Gráfico 76: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad Gumbel – Estación Julcán.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 39 Función de probabilidad LogGumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	LOG(X)	F(m) de Weibull	F(y) GUMBEL	Kolmogorov. Simirnov
1	1964	32	1.0899	0.0208	0.0000	0.0208
2	1965	29.5	1.2405	0.0417	0.0024	0.0393
3	1966	17.4	1.2833	0.0625	0.0197	0.0428
4	1967	23.6	1.2878	0.0833	0.0234	0.0599
5	1968	12.3	1.3010	0.1042	0.0375	0.0667
6	1969	26	1.3092	0.1250	0.0486	0.0764
7	1970	20	1.3284	0.1458	0.0828	0.0630
8	1971	32.1	1.3444	0.1667	0.1202	0.0465
9	1972	19.2	1.3464	0.1875	0.1253	0.0622
10	1973	34.9	1.3729	0.2083	0.2043	0.0041
11	1974	24.7	1.3764	0.2292	0.2157	0.0135
12	1975	32.6	1.3927	0.2500	0.2724	0.0224
13	1976	31	1.4116	0.2708	0.3416	0.0708
14	1977	29.3	1.4150	0.2917	0.3541	0.0624
15	1978	26.8	1.4225	0.3125	0.3821	0.0696
16	1979	43.3	1.4281	0.3333	0.4030	0.0696
17	1980	34.2	1.4609	0.3542	0.5206	0.1665
18	1981	42.6	1.4669	0.3750	0.5409	0.1659
19	1982	21.3	1.4669	0.3958	0.5409	0.1451
20	1983	35.2	1.4698	0.4167	0.5508	0.1341
21	1984	26.4	1.4713	0.4375	0.5557	0.1182
22	1985	22.2	1.4786	0.4583	0.5793	0.1210
23	1986	30.1	1.4814	0.4792	0.5884	0.1093
24	1987	32.3	1.4914	0.5000	0.6190	0.1190
25	1988	28.9	1.5051	0.5208	0.6588	0.1380
26	1989	25.8	1.5051	0.5417	0.6588	0.1172
27	1990	20.3	1.5065	0.5625	0.6626	0.1001
28	1991	29.6	1.5092	0.5833	0.6699	0.0866
29	1992	19.4	1.5132	0.6042	0.6807	0.0765
30	1993	23.7	1.5224	0.6250	0.7044	0.0794
31	1994	22.1	1.5289	0.6458	0.7202	0.0744
32	1995	37.4	1.5340	0.6667	0.7322	0.0656

33	1996	48	1.5391	0.6875	0.7437	0.0562
34	1997	40.1	1.5428	0.7083	0.7519	0.0436
35	1998	33.3	1.5465	0.7292	0.7599	0.0307
36	1999	42.1	1.5599	0.7500	0.7867	0.0367
37	2000	33.8	1.5647	0.7708	0.7956	0.0248
38	2001	50	1.5729	0.7917	0.8102	0.0185
39	2002	30.3	1.6031	0.8125	0.8564	0.0439
40	2003	29.3	1.6096	0.8333	0.8648	0.0315
41	2004	47.7	1.6128	0.8542	0.8688	0.0147
42	2005	40.7	1.6243	0.8750	0.8823	0.0073
43	2006	41	1.6294	0.8958	0.8879	0.0079
44	2007	36.7	1.6365	0.9167	0.8953	0.0214
45	2008	34.6	1.6785	0.9375	0.9302	0.0073
46	2009	36.3	1.6812	0.9583	0.9320	0.0263
47	2010	32	1.6990	0.9792	0.9429	0.0363

Fuente: Elaboración propia.

media	1.4758
des estan	0.1269

alpha	0.0989
beta	1.4187

D max =	0.1665
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.19
----------------	------

### Análisis Gráfico de Ajuste

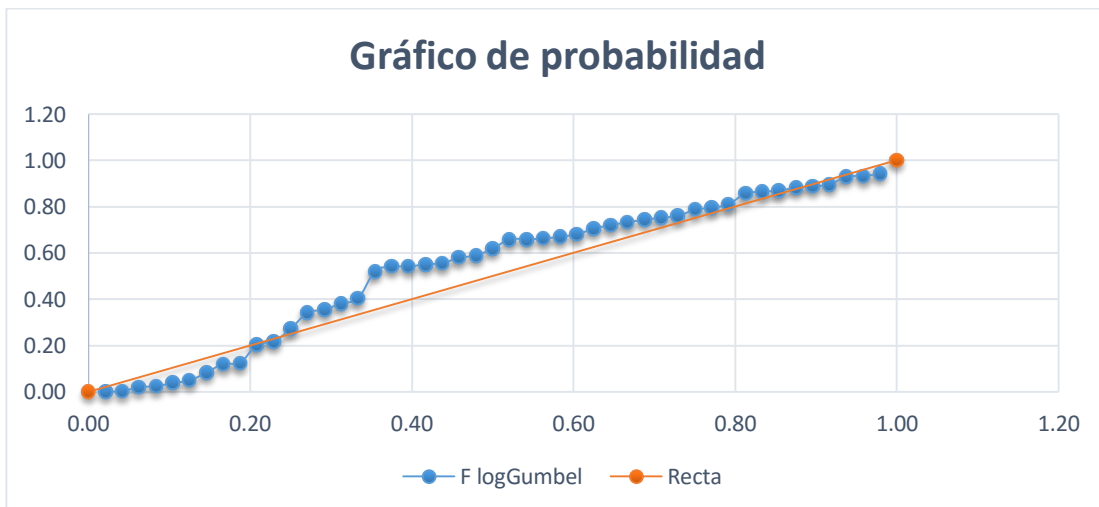


Gráfico 77: Análisis gráfico de ajuste de la función de probabilidad LogGumbel – Estación Julcán.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 40 Función de probabilidad Pearson3 – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	f(Y)	F(M)	Kolmogorov. Simirnov
1	1964	32.00	0.0094	0.0208	0.0114
2	1965	29.50	0.0478	0.0417	0.0062
3	1966	17.40	0.0760	0.0625	0.0135
4	1967	23.60	0.0797	0.0833	0.0036
5	1968	12.30	0.0918	0.1042	0.0124
6	1969	26.00	0.1000	0.1250	0.0250
7	1970	20.00	0.1221	0.1458	0.0237
8	1971	32.10	0.1438	0.1667	0.0229
9	1972	19.20	0.1466	0.1875	0.0409
10	1973	34.90	0.1905	0.2083	0.0179
11	1974	24.70	0.1969	0.2292	0.0323
12	1975	32.60	0.2296	0.2500	0.0204
13	1976	31.00	0.2725	0.2708	0.0017
14	1977	29.30	0.2807	0.2917	0.0110
15	1978	26.80	0.2997	0.3125	0.0128
16	1979	43.30	0.3144	0.3333	0.0190
17	1980	34.20	0.4086	0.3542	0.0545
18	1981	42.60	0.4272	0.3750	0.0522
19	1982	21.30	0.4272	0.3958	0.0314
20	1983	35.20	0.4366	0.4167	0.0199
21	1984	26.46	0.4412	0.4375	0.0037
22	1985	22.20	0.4647	0.4583	0.0064
23	1986	30.10	0.4741	0.4792	0.0051
24	1987	32.30	0.5070	0.5000	0.0070
25	1988	28.90	0.5535	0.5208	0.0327
26	1989	25.80	0.5535	0.5417	0.0118
27	1990	20.38	0.5581	0.5625	0.0044
28	1991	29.60	0.5673	0.5833	0.0160
29	1992	19.40	0.5810	0.6042	0.0232
30	1993	23.79	0.6123	0.6250	0.0127
31	1994	22.10	0.6342	0.6458	0.0116
32	1995	37.40	0.6514	0.6667	0.0153

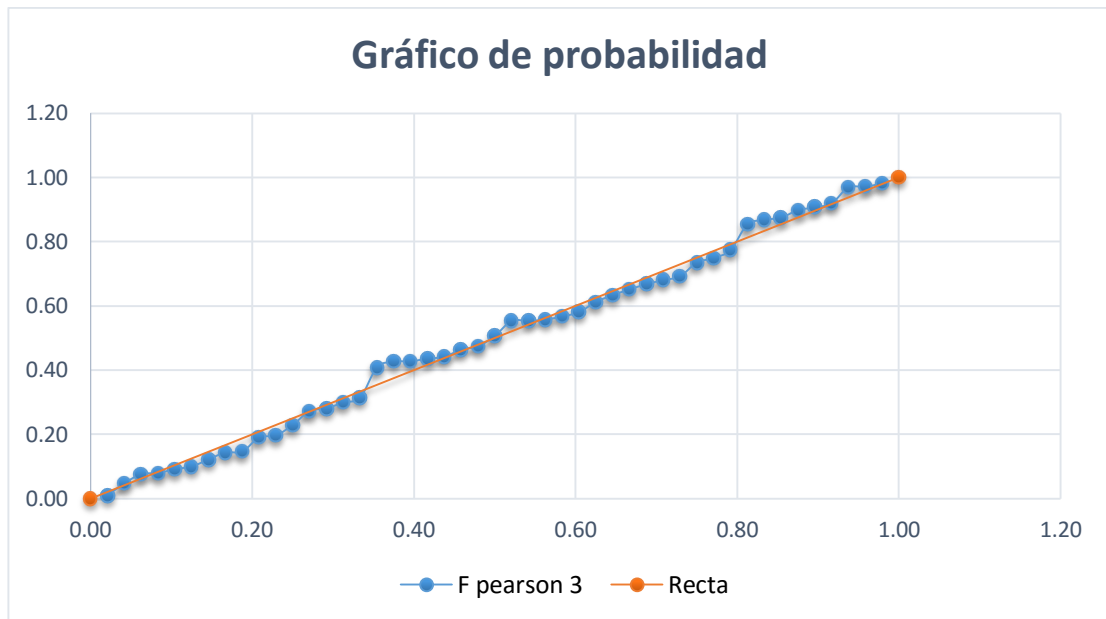
33	1996	48.00	0.6682	0.6875	0.0193
34	1997	40.10	0.6806	0.7083	0.0278
35	1998	33.30	0.6927	0.7292	0.0365
36	1999	42.10	0.7352	0.7500	0.0148
37	2000	33.80	0.7497	0.7708	0.0211
38	2001	50.00	0.7741	0.7917	0.0175
39	2002	30.30	0.8538	0.8125	0.0413
40	2003	29.30	0.8685	0.8333	0.0351
41	2004	47.70	0.8754	0.8542	0.0212
42	2005	40.70	0.8984	0.8750	0.0234
43	2006	41.00	0.9077	0.8958	0.0119
44	2007	36.70	0.9196	0.9167	0.0030
45	2008	34.60	0.9694	0.9375	0.0319
46	2009	36.30	0.9715	0.9583	0.0132
47	2010	32.00	0.9827	0.9792	0.0035

Fuente: Elaboración propia.

media	31.1132468	117.324808
des estan	8.51841977	10.8316577
coef asim	0.18464394	0.18464394
D max =	0.05446	

alfa	117.324808	117.324808
beta	0.78643732	1
Z0	-61.1553599	
D KOLMOGOROV =	0.19	

### Análisis Gráfico de Ajuste



Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 41 Función de probabilidad LogPearson3 – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	P <sub>max 24</sub> (mm)	ordenado	f(Y)	F(M)	Kolmogorov. Simirnov
1	1964	32	12.30	0.9939	0.0208	0.9731
2	1965	29.5	17.40	0.9540	0.0417	0.9123
3	1966	17.4	19.20	0.9235	0.0625	0.8610
4	1967	23.6	19.40	0.9195	0.0833	0.8361
5	1968	12.3	20.00	0.9065	0.1042	0.8024
6	1969	26	20.38	0.8977	0.1250	0.7727
7	1970	20	21.30	0.8742	0.1458	0.7284
8	1971	32.1	22.10	0.8514	0.1667	0.6848
9	1972	19.2	22.20	0.8484	0.1875	0.6609
10	1973	34.9	23.60	0.8030	0.2083	0.5947
11	1974	24.7	23.79	0.7965	0.2292	0.5673
12	1975	32.6	24.70	0.7632	0.2500	0.5132
13	1976	31	25.80	0.7201	0.2708	0.4492
14	1977	29.3	26.00	0.7119	0.2917	0.4203
15	1978	26.8	26.46	0.6931	0.3125	0.3806
16	1979	43.3	26.80	0.6786	0.3333	0.3453
17	1980	34.2	28.90	0.5864	0.3542	0.2323



18	1981	42.6	29.30	0.5684	0.3750	0.1934
19	1982	21.3	29.30	0.5684	0.3958	0.1726
20	1983	35.2	29.50	0.5594	0.4167	0.1427
21	1984	26.46	29.60	0.5548	0.4375	0.1173
22	1985	22.2	30.10	0.5322	0.4583	0.0739
23	1986	30.1	30.30	0.5231	0.4792	0.0440
24	1987	32.3	31.00	0.4915	0.5000	0.0085
25	1988	28.9	32.00	0.4468	0.5208	0.0741
26	1989	25.8	32.00	0.4468	0.5417	0.0949
27	1990	20.38	32.10	0.4423	0.5625	0.1202
28	1991	29.6	32.30	0.4335	0.5833	0.1498
29	1992	19.4	32.60	0.4204	0.6042	0.1838
30	1993	23.79	33.30	0.3902	0.6250	0.2348
31	1994	22.1	33.80	0.3691	0.6458	0.2768
32	1995	37.4	34.20	0.3525	0.6667	0.3142
33	1996	48	34.60	0.3362	0.6875	0.3513
34	1997	40.1	34.90	0.3243	0.7083	0.3841
35	1998	33.3	35.20	0.3125	0.7292	0.4167
36	1999	42.1	36.30	0.2710	0.7500	0.4790
37	2000	33.8	36.70	0.2567	0.7708	0.5141
38	2001	50	37.40	0.2327	0.7917	0.5590
39	2002	30.3	40.10	0.1527	0.8125	0.6598
40	2003	29.3	40.70	0.1377	0.8333	0.6956
41	2004	47.7	41.00	0.1306	0.8542	0.7236
42	2005	40.7	42.10	0.1067	0.8750	0.7683
43	2006	41	42.60	0.0970	0.8958	0.7989
44	2007	36.7	43.30	0.0844	0.9167	0.8323
45	2008	34.6	47.70	0.0309	0.9375	0.9066
46	2009	36.3	48.00	0.0286	0.9583	0.9298
47	2010	32	50.00	0.0165	0.9792	0.9627

Fuente: Elaboración propia.

<b>promedio</b>	3.3981	10.5866
<b>des estan</b>	0.2922	3.2537
<b>coef asime</b>	-0.6147	0.6147

<b>alfa</b>	10.5866	10.5866
<b>beta</b>	-0.0898	1
<b>Zo</b>	4.3488	

<b>D max =</b>	<b>0.9731</b>
----------------	---------------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	<b>0.19</b>
-----------------------	-------------

Función de probabilidad inconsistente.

**C. Precipitaciones e intensidades máximas de diseño en función al periodo de retorno, para la función de Probabilidad seleccionada.**

**Selección de la Distribución de probabilidad a utilizar:**

Del análisis de funciones de distribución de probabilidad y las pruebas de bondad de ajuste para la estación Julcán, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla IV. 42 Cuadro resumen de valores de delta teórico para cada función de distribución.

	ESTACIÓN JULCAN					
	Normal	LogNormal	Gumbel	LogGumbel	Pearson	LogPearson
Delta teorico	0.0449	0.0991	0.1032	0.16648	0.05445	0.9731
Delta tabla	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
	ajuste	ajuste	ajuste	ajuste	ajuste	Incosis.

Fuente: Elaboración propia.

Siendo la función de distribución Normal la que presenta un mejor ajuste, por presentar un delta teórico menor en comparación a las demás funciones de distribución. Además de este criterio de selección se considero observar los valores de precipitación de diseño, para cada periodo de retorno, con el fin de verificar si estos valores de precipitación no se alejen completamente de la realidad dada por el registro histórico. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 43 Precipitaciones de diseño obtenidas para cada función de distribución y periodo de retorno.

T (años)	ESTACIÓN JULCAN					
	Normal	LogNormal	Gumbel	LogGumbel	Pearson	LogPearson
2	31.11	29.91	29.71	28.51	30.85	s.d
5	38.28	38.25	37.24	36.90	38.20	s.d
10	42.03	43.49	42.23	43.79	42.18	s.d
25	46.03	49.88	48.52	54.34	46.55	s.d
50	48.61	54.50	53.20	63.79	49.44	s.d
100	50.93	59.02	57.83	74.78	52.08	s.d
500	55.63	69.34	68.55	108.00	57.55	s.d

Fuente: Elaboración propia.

De lo observado en las tablas IV.42 y IV.43, se concluye:

- Cumplen con la prueba de ajuste kolmogorov, las distribuciones: Normal, Log normal, gumbel, LogGumbel y Pearson.
- Se descarta la función Log Gumbel por presentar valores muy elevados a partir de T: 50 años, además su prueba de ajuste no fue óptima.
- Se escoge la función Log Normal por presentar valores más conservadores de precipitación a partir de T: 100 años, teniendo en cuenta que el valor máximo de los registros históricos es de 50 mm.

Siendo la función Log Normal la elegida para el cálculo de las precipitaciones e intensidades máximas, en función a los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Se tiene:

**Para la función LogNormal:**

Tabla IV. 44 Precipitaciones e intensidades máximas por función LogNormal – Estación Julcán.

Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno (años)	intensidad máx 24 hrs (mm/hr)	precipitación máx 24 hrs (mm)
0.500	2	1.25	29.91
0.200	5	1.59	38.25
0.100	10	1.81	43.49
0.040	25	2.08	49.88
0.020	50	2.27	54.50
0.010	100	2.46	59.02
0.002	500	2.89	69.34

Fuente: Elaboración propia.

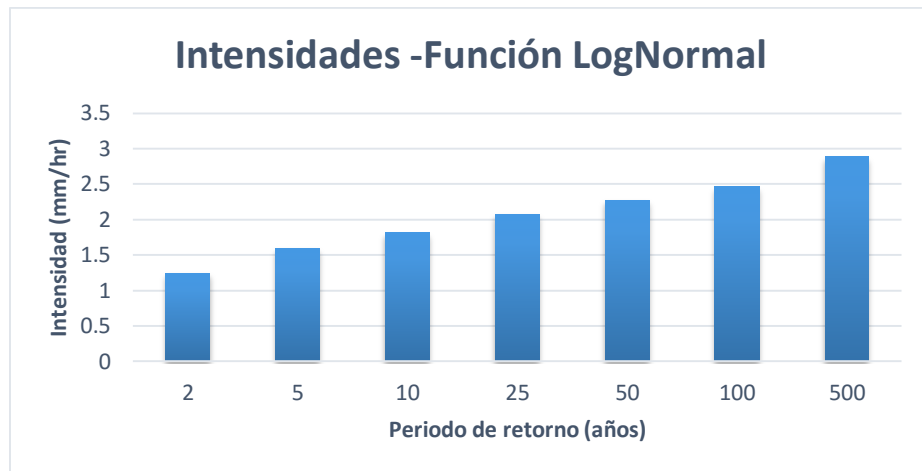


Gráfico 78: Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogNormal – Estación Julcán.

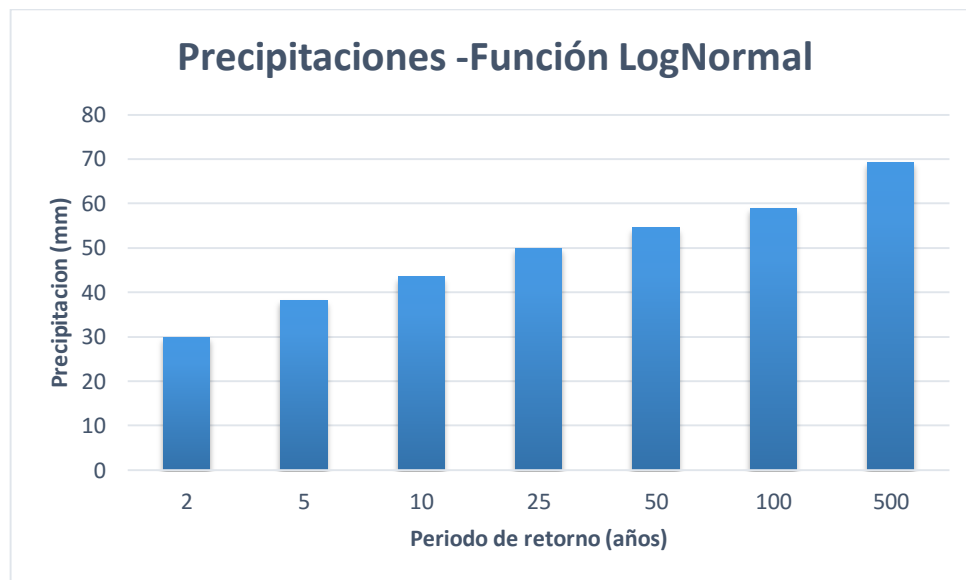


Gráfico 79: Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogNormal – Estación Julcán.

**Nota:** Los cálculos realizados a cada función de probabilidad, así como los valores de la prueba de ajuste Kolmogorov. Smirnov, se pueden corroborar con los datos brindados por el programa “Hidroesta”, en la sección anexos.

**D. Disgregación de la lluvia máxima en precipitaciones e intensidades parciales.**

Para la disgregación de la lámina de lluvia, se utilizó los factores que más se ajustan a la realidad climática e hidrológica de la zona de estudio, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 45 Coeficientes de distribución de lluvia.

<b>Pt/P24</b>	<b>t (horas)</b>
<b>0.35</b>	1
<b>0.44</b>	2
<b>0.50</b>	3
<b>0.55</b>	4
<b>0.60</b>	5
<b>0.63</b>	6
<b>0.67</b>	7
<b>0.70</b>	8
<b>0.72</b>	9
<b>0.75</b>	10
<b>0.77</b>	11
<b>0.80</b>	12
<b>0.82</b>	13
<b>0.84</b>	14
<b>0.86</b>	15
<b>0.87</b>	16
<b>0.89</b>	17
<b>0.91</b>	18
<b>0.93</b>	19
<b>0.94</b>	20
<b>0.96</b>	21
<b>0.97</b>	22
<b>0.99</b>	23
<b>1.00</b>	24

Fuente: Propia.

De la cual se obtuvo las siguientes tablas de precipitación e intensidad en función al periodo de retorno y duraciones determinadas:

Tabla IV. 46 Valores Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Julcán.

Duración en horas	Tabla precipitaciones						
	período de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	500
1	10.47	13.39	15.22	17.46	19.07	20.66	24.27
2	13.16	16.83	19.14	21.95	23.98	25.97	30.51
4	16.54	21.15	24.05	27.58	30.14	32.64	38.35
6	18.93	24.21	27.53	31.57	34.50	37.36	43.89
8	20.82	26.62	30.27	34.72	37.93	41.08	48.26
10	22.40	28.65	32.58	37.36	40.82	44.20	51.94
12	23.78	30.41	34.58	39.66	43.33	46.92	55.13
24	29.91	38.25	43.49	49.88	54.50	59.02	69.34

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV. 47 Valores Intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Julcán.

Duración en horas	Tabla intensidades						
	período de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	500
1	10.47	13.39	15.22	17.46	19.07	20.66	24.27
2	6.58	8.41	9.57	10.97	11.99	12.98	15.26
4	4.13	5.29	6.01	6.90	7.53	8.16	9.59
6	3.16	4.03	4.59	5.26	5.75	6.23	7.32
8	2.60	3.33	3.78	4.34	4.74	5.13	6.03
10	2.24	2.86	3.26	3.74	4.08	4.42	5.19
12	1.98	2.53	2.88	3.30	3.61	3.91	4.59
24	1.25	1.59	1.81	2.08	2.27	2.46	2.89

Fuente: Elaboración propia.

### E. Regresión lineal múltiple para la obtención matemática de curvas IDF.

De la tabla de intensidades mostrada en la actividad anterior, se le aplicó el método de regresiones múltiples a los valores de intensidad, duraciones y periodos de retorno.

Tabla IV. 48 Regresión Lineal múltiple – Estación Julcán.

REGRESIONES LINEALES - Aparicio								
periodo	Y	X1	X2	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	x1.x2	x1.y	x2.y
<b>2</b>	1.0199	0.3010	1.7782	0.0906	3.1618	0.5353	0.3070	1.8135
	0.8182	0.3010	2.0792	0.0906	4.3230	0.6259	0.2463	1.7012
	0.6165	0.3010	2.3802	0.0906	5.6654	0.7165	0.1856	1.4673
	0.4990	0.3010	2.5563	0.0906	6.5347	0.7695	0.1502	1.2757
	0.4153	0.3010	2.6812	0.0906	7.1891	0.8071	0.1250	1.1135
	0.3503	0.3010	2.7782	0.0906	7.7181	0.8363	0.1054	0.9731
	0.2970	0.3010	2.8573	0.0906	8.1643	0.8601	0.0894	0.8486
	0.0956	0.3010	3.1584	0.0906	9.9753	0.9508	0.0288	0.3019
<b>5</b>	1.1267	0.6990	1.7782	0.4886	3.1618	1.2429	0.7875	2.0034
	0.9250	0.6990	2.0792	0.4886	4.3230	1.4533	0.6466	1.9233
	0.7233	0.6990	2.3802	0.4886	5.6654	1.6637	0.5055	1.7215
	0.6058	0.6990	2.5563	0.4886	6.5347	1.7868	0.4235	1.5487
	0.5221	0.6990	2.6812	0.4886	7.1891	1.8741	0.3649	1.3999
	0.4571	0.6990	2.7782	0.4886	7.7181	1.9418	0.3195	1.2698
	0.4038	0.6990	2.8573	0.4886	8.1643	1.9972	0.2822	1.1537
	0.2024	0.6990	3.1584	0.4886	9.9753	2.2076	0.1415	0.6392
<b>10</b>	1.1825	1.0000	1.7782	1.0000	3.1618	1.7782	1.1825	2.1026
	0.9808	1.0000	2.0792	1.0000	4.3230	2.0792	0.9808	2.0393
	0.7791	1.0000	2.3802	1.0000	5.6654	2.3802	0.7791	1.8544
	0.6617	1.0000	2.5563	1.0000	6.5347	2.5563	0.6617	1.6914
	0.5779	1.0000	2.6812	1.0000	7.1891	2.6812	0.5779	1.5496
	0.5129	1.0000	2.7782	1.0000	7.7181	2.7782	0.5129	1.4249
	0.4596	1.0000	2.8573	1.0000	8.1643	2.8573	0.4596	1.3132
	0.2582	1.0000	3.1584	1.0000	9.9753	3.1584	0.2582	0.8155
<b>25</b>	1.2420	1.3979	1.7782	1.9542	3.1618	2.4857	1.7362	2.2085
	1.0404	1.3979	2.0792	1.9542	4.3230	2.9066	1.4544	2.1631
	0.8386	1.3979	2.3802	1.9542	5.6654	3.3274	1.1723	1.9961
	0.7212	1.3979	2.5563	1.9542	6.5347	3.5736	1.0082	1.8436
	0.6375	1.3979	2.6812	1.9542	7.1891	3.7482	0.8911	1.7092
	0.5724	1.3979	2.7782	1.9542	7.7181	3.8837	0.8002	1.5903
	0.5191	1.3979	2.8573	1.9542	8.1643	3.9944	0.7257	1.4833
	0.3177	1.3979	3.1584	1.9542	9.9753	4.4152	0.4442	1.0035
<b>50</b>	1.2805	1.6990	1.7782	2.8865	3.1618	3.0210	2.1755	2.2769
	1.0788	1.6990	2.0792	2.8865	4.3230	3.5325	1.8329	2.2431
	0.8771	1.6990	2.3802	2.8865	5.6654	4.0439	1.4901	2.0876
	0.7596	1.6990	2.5563	2.8865	6.5347	4.3431	1.2906	1.9419
	0.6759	1.6990	2.6812	2.8865	7.1891	4.5553	1.1484	1.8123
	0.6109	1.6990	2.7782	2.8865	7.7181	4.7200	1.0379	1.6971

	0.5576	1.6990	2.8573	2.8865	8.1643	4.8545	0.9473	1.5932
	0.3562	1.6990	3.1584	2.8865	9.9753	5.3660	0.6051	1.1250
<b>100</b>	1.3151	2.0000	1.7782	4.0000	3.1618	3.5563	2.6301	2.3384
	1.1134	2.0000	2.0792	4.0000	4.3230	4.1584	2.2268	2.3150
	0.9116	2.0000	2.3802	4.0000	5.6654	4.7604	1.8233	2.1699
	0.7942	2.0000	2.5563	4.0000	6.5347	5.1126	1.5885	2.0303
	0.7105	2.0000	2.6812	4.0000	7.1891	5.3625	1.4210	1.9050
	0.6455	2.0000	2.7782	4.0000	7.7181	5.5563	1.2909	1.7932
	0.5922	2.0000	2.8573	4.0000	8.1643	5.7147	1.1843	1.6920
	0.3908	2.0000	3.1584	4.0000	9.9753	6.3167	0.7815	1.2342
<b>500</b>	1.3851	2.6990	1.7782	7.2844	3.1618	4.7992	3.7383	2.4629
	1.1834	2.6990	2.0792	7.2844	4.3230	5.6116	3.1940	2.4606
	0.9817	2.6990	2.3802	7.2844	5.6654	6.4241	2.6495	2.3366
	0.8643	2.6990	2.5563	7.2844	6.5347	6.8994	2.3326	2.2093
	0.7805	2.6990	2.6812	7.2844	7.1891	7.2366	2.1066	2.0928
	0.7155	2.6990	2.7782	7.2844	7.7181	7.4981	1.9311	1.9877
	0.6622	2.6990	2.8573	7.2844	8.1643	7.7119	1.7872	1.8921
	0.4608	2.6990	3.1584	7.2844	9.9753	8.5243	1.2437	1.4554
<b>Σ</b>	<b>40.0825</b>	<b>78.3670</b>	<b>141.8825</b>	<b>141.6348</b>	<b>369.1218</b>	<b>198.5520</b>	<b>60.8111</b>	<b>95.0947</b>
	<b>y</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X1<sup>2</sup></b>	<b>X2<sup>2</sup></b>	<b>x1.x2</b>	<b>x1.y</b>	<b>x2.y</b>
<b>n</b>	<b>56.0000</b>							

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

Y: logaritmo de precipitaciones (mm/hr), X1: logaritmo del periodo de retorno (años), X2: logaritmo de las duraciones (minutos).

Con estos resultados y elaborando el sistema de ecuaciones, definidos por las ecuaciones: 2.35, 2.36 y 2.37. Se obtuvo:

$$40.0825 = a_0 * 56 + a_1 * 78.367 + a_2 * 141.8825$$

$$61.81107 = a_0 * 78.367 + a_1 * 141.6348 + a_2 * 198.5520$$

$$95.094658 = a_0 * 141.8825 + a_1 * 198.5520 + a_2 * 369.1218$$

Despejando:

$$a_0 = 2.2057, a_1 = 0.1476, a_2 = -0.6696.$$



Se aplicó además la prueba de correlación múltiple, con el fin de obtener el porcentaje de correlación entre sus variables (“T”, “d” e “i”):

Tabla IV. 49 Prueba de correlación múltiple – Estación Julcán.

PRUEBA DE CORRELACIÓN	
Y'	(Y-Y') <sup>2</sup>
1.05949	0.00157
0.85791	0.00158
0.65634	0.00159
0.53842	0.00155
0.45476	0.00156
0.38987	0.00157
0.33685	0.00159
0.13527	0.00158
1.11824	0.00007
0.91666	0.00007
0.71508	0.00007
0.59717	0.00008
0.51351	0.00007
0.44861	0.00007
0.39559	0.00007
0.19401	0.00007
1.16268	0.00039
0.96110	0.00039
0.75952	0.00038
0.64161	0.00040
0.55794	0.00040
0.49305	0.00039
0.44003	0.00038
0.23845	0.00039
1.22142	0.00042
1.01984	0.00042
0.81827	0.00041
0.70035	0.00043
0.61669	0.00043
0.55180	0.00043
0.49877	0.00041
0.29720	0.00042
1.26586	0.00021
1.06428	0.00021

0.86271	0.00021
0.74479	0.00022
0.66113	0.00022
0.59623	0.00021
0.54321	0.00021
0.34164	0.00021
1.31030	0.00002
1.10872	0.00002
0.90714	0.00002
0.78923	0.00003
0.70557	0.00002
0.64067	0.00002
0.58765	0.00002
0.38607	0.00002
1.41348	0.00081
1.21190	0.00081
1.01033	0.00082
0.89241	0.00079
0.80875	0.00080
0.74386	0.00080
0.69084	0.00082
0.48926	0.00081
<b>Σ</b>	0.02800
<b>var y :</b>	0.09182

Fuente: Elaboración propia.

<b>S:</b>	0.000528
<b>R:</b>	<b>99.71%</b>

Se concluye que hay una excelente correlación entre las variables.

Dónde:  $y'$  = valor estimado de  $y$  (calculado en base a la ecuación 2.34),  $R$  = coeficiente de correlación lineal múltiple expresado en porcentaje.

De los factores  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  calculados, haciendo su equivalencia con los factores de la ecuación 2.33, se tiene:

<b>K</b>	160.600373
<b>m</b>	0.14762268
<b>n</b>	0.6696246

Así la ecuación de las curvas I-D-F queda definida:

$$i = \frac{160.6003 T^{0.14762}}{(d)^{0.66962}}$$

Donde: i (mm/hr), T(años) y d (minutos).

Cuya tabla de intensidades es:

Tabla IV. 50 Intensidades obtenidas por ecuación IDF – Estación Julcán.

T (años)	Tabla intensidades							
	Duración en minutos							
	60	120	240	360	480	600	720	1440
2	11.47	7.21	4.53	3.45	2.85	2.45	2.17	1.37
5	13.13	8.25	5.19	3.96	3.26	2.81	2.49	1.56
10	14.54	9.14	5.75	4.38	3.61	3.11	2.75	1.73
25	16.65	10.47	6.58	5.02	4.14	3.56	3.15	1.98
50	18.44	11.60	7.29	5.56	4.58	3.95	3.49	2.20
100	20.43	12.84	8.08	6.16	5.08	4.37	3.87	2.43
500	25.91	16.29	10.24	7.81	6.44	5.54	4.91	3.09

Fuente: Elaboración propia.

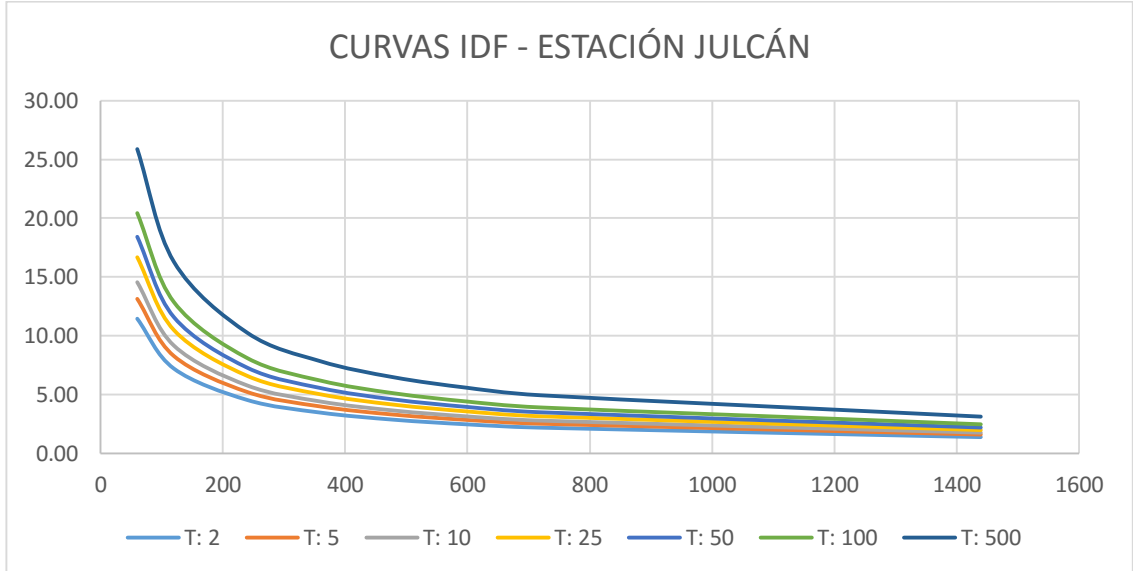


Gráfico 80: Resumen de curvas IDF para diferentes periodos de retorno obtenidas mediante regresión lineal múltiple – Estación Julcán.

**F. Obtención de los hietogramas de diseño utilizando las relaciones de curvas IDF, método de los bloques alternados.**

Para realizar este cálculo, además de tener definidas nuestras curvas I-D-F, se hace necesario también definir nuestra duración de lluvia y los intervalos de tiempo en que se dividirá esta duración:

Se definió una duración de lluvia de: 24 horas

Con intervalos de tiempo de: 1 hora.

**Hietograma de diseño, para un T: 500 años:**

Tabla IV. 51 Valores de hietograma de diseño para un T: 500 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	25.91	25.91	25.91	25.91	1.06	1.06
2	16.29	32.58	6.67	6.67	1.13	1.13
3	12.42	37.25	4.67	4.67	1.21	1.21
4	10.24	40.96	3.71	3.71	1.31	1.31
5	8.82	44.10	3.13	3.13	1.43	1.43
6	7.81	46.83	2.74	2.74	1.58	1.58
7	7.04	49.28	2.45	2.45	1.77	1.77
8	6.44	51.50	2.22	2.22	2.04	2.04
9	5.95	53.55	2.04	2.04	2.45	2.45
10	5.54	55.44	1.90	1.90	3.13	3.13
11	5.20	57.22	1.77	1.77	4.67	4.67
12	4.91	58.89	1.67	1.67	25.91	25.91
13	4.65	60.46	1.58	1.58	6.67	6.67
14	4.43	61.96	1.50	1.50	3.71	3.71
15	4.23	63.39	1.43	1.43	2.74	2.74
16	4.05	64.76	1.37	1.37	2.22	2.22
17	3.89	66.07	1.31	1.31	1.90	1.90
18	3.74	67.33	1.26	1.26	1.67	1.67
19	3.61	68.54	1.21	1.21	1.50	1.50
20	3.49	69.71	1.17	1.17	1.37	1.37

<b>21</b>	3.37	70.85	1.13	1.13	1.26	1.26
<b>22</b>	3.27	71.94	1.10	1.10	1.17	1.17
<b>23</b>	3.17	73.01	1.06	1.06	1.10	1.10
<b>24</b>	3.09	74.04	1.03	1.03	1.03	1.03

Fuente: Elaboración propia.

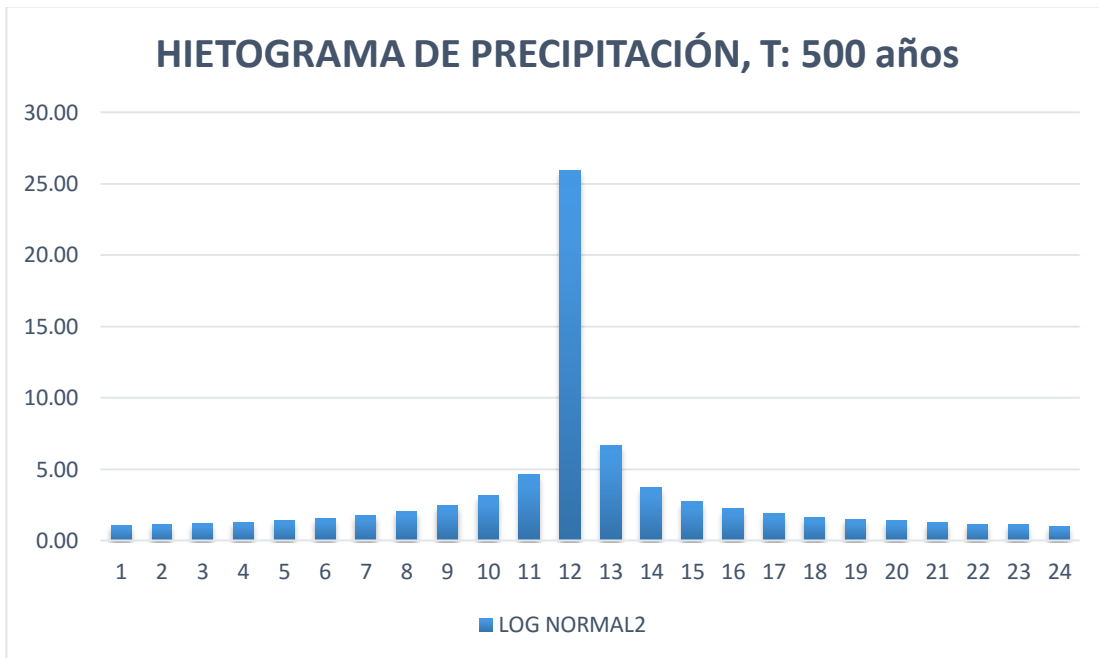


Gráfico 81: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años – Estación Julcán.

**Hietograma de diseño, para un T: 100 años:**

Tabla IV. 52 Valores de hietograma de diseño para un T: 100 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
<b>1</b>	20.43	20.43	20.43	20.43	0.84	0.84
<b>2</b>	12.84	25.69	5.26	5.26	0.89	0.89
<b>3</b>	9.79	29.37	3.68	3.68	0.96	0.96
<b>4</b>	8.08	32.30	2.93	2.93	1.03	1.03
<b>5</b>	6.95	34.77	2.47	2.47	1.13	1.13
<b>6</b>	6.16	36.93	2.16	2.16	1.24	1.24

7	5.55	38.86	1.93	1.93	1.40	1.40
8	5.08	40.61	1.75	1.75	1.61	1.61
9	4.69	42.22	1.61	1.61	1.93	1.93
10	4.37	43.72	1.50	1.50	2.47	2.47
11	4.10	45.12	1.40	1.40	3.68	3.68
12	3.87	46.43	1.32	1.32	20.43	20.43
13	3.67	47.68	1.24	1.24	5.26	5.26
14	3.49	48.86	1.18	1.18	2.93	2.93
15	3.33	49.99	1.13	1.13	2.16	2.16
16	3.19	51.06	1.08	1.08	1.75	1.75
17	3.06	52.10	1.03	1.03	1.50	1.50
18	2.95	53.09	0.99	0.99	1.32	1.32
19	2.84	54.05	0.96	0.96	1.18	1.18
20	2.75	54.97	0.92	0.92	1.08	1.08
21	2.66	55.86	0.89	0.89	0.99	0.99
22	2.58	56.73	0.87	0.87	0.92	0.92
23	2.50	57.57	0.84	0.84	0.87	0.87
24	2.43	58.38	0.82	0.82	0.82	0.82

Fuente: Elaboración propia.

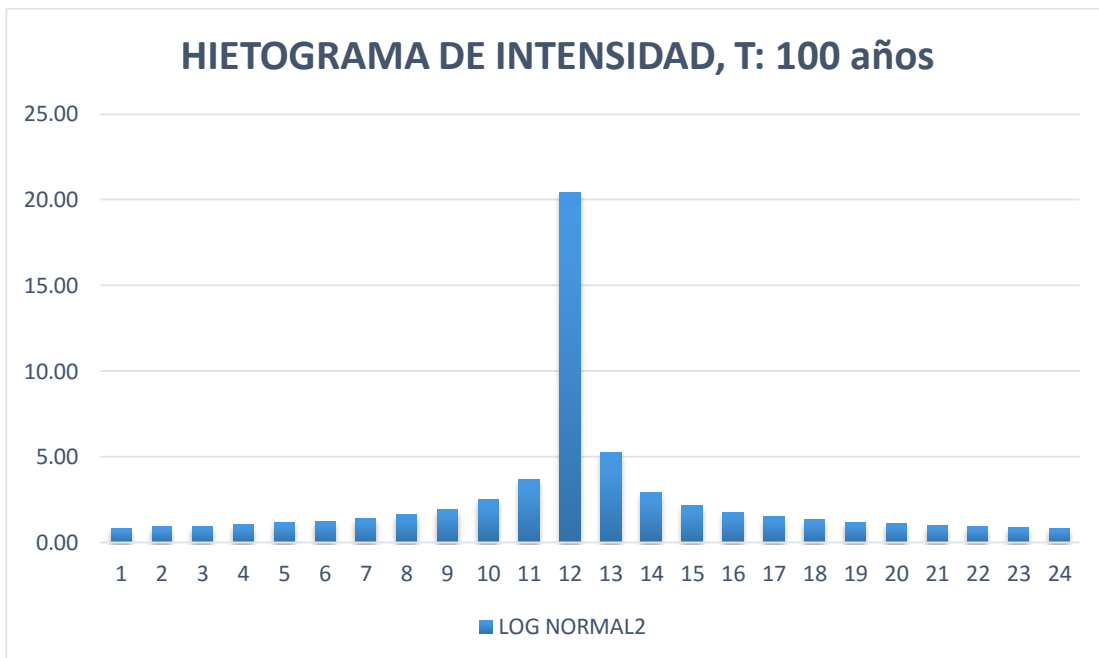


Gráfico 82: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años – Estación Julcán.

### Hietograma de diseño, para un T: 50 años:

Tabla IV. 53 Valores de hietograma de diseño para un T: 50 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	18.44	18.44	18.44	18.44	0.76	0.76
2	11.60	23.19	4.75	4.75	0.81	0.81
3	8.84	26.51	3.32	3.32	0.86	0.86
4	7.29	29.16	2.64	2.64	0.93	0.93
5	6.28	31.39	2.23	2.23	1.02	1.02
6	5.56	33.34	1.95	1.95	1.12	1.12
7	5.01	35.08	1.74	1.74	1.26	1.26
8	4.58	36.66	1.58	1.58	1.45	1.45
9	4.24	38.12	1.45	1.45	1.74	1.74
10	3.95	39.47	1.35	1.35	2.23	2.23
11	3.70	40.73	1.26	1.26	3.32	3.32
12	3.49	41.92	1.19	1.19	18.44	18.44
13	3.31	43.04	1.12	1.12	4.75	4.75
14	3.15	44.11	1.07	1.07	2.64	2.64
15	3.01	45.12	1.02	1.02	1.95	1.95
16	2.88	46.10	0.97	0.97	1.58	1.58
17	2.77	47.03	0.93	0.93	1.35	1.35
18	2.66	47.93	0.90	0.90	1.19	1.19
19	2.57	48.79	0.86	0.86	1.07	1.07
20	2.48	49.62	0.83	0.83	0.97	0.97
21	2.40	50.43	0.81	0.81	0.90	0.90
22	2.33	51.21	0.78	0.78	0.83	0.83
23	2.26	51.97	0.76	0.76	0.78	0.78
24	2.20	52.70	0.74	0.74	0.74	0.74

Fuente: Elaboración propia.

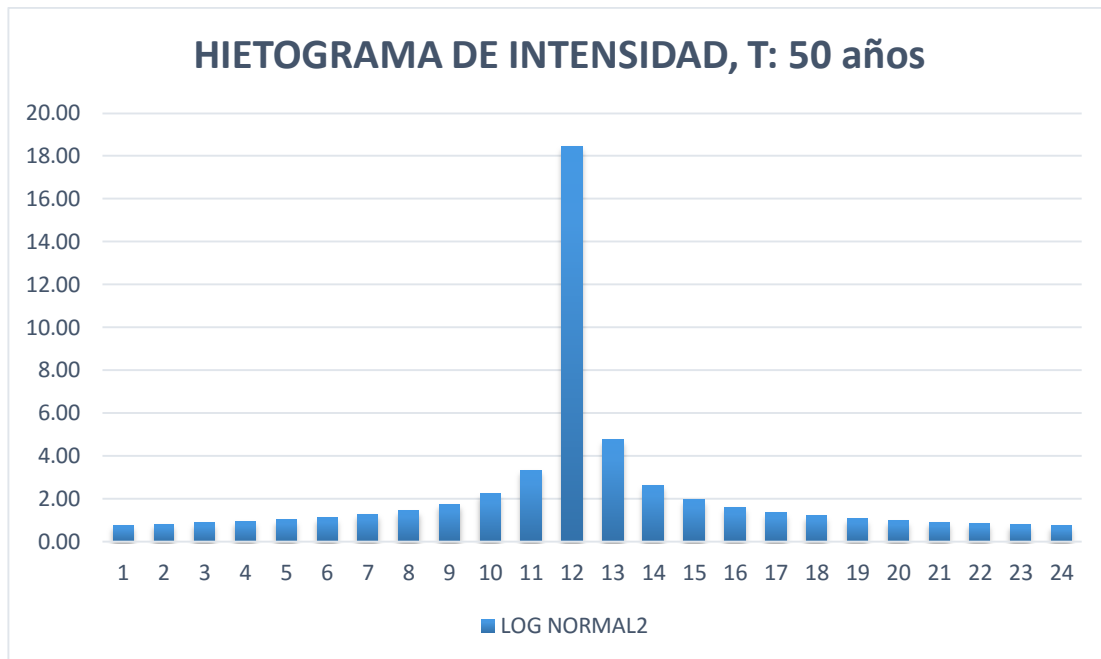


Gráfico 83: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años – Estación Julcán.

### Hietograma de diseño, para un T: 25 años:

Tabla IV. 54 Valores de hietograma de diseño para un T: 25 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	16.65	16.65	16.65	16.65	0.68	0.68
2	10.47	20.94	4.28	4.28	0.73	0.73
3	7.98	23.94	3.00	3.00	0.78	0.78
4	6.58	26.32	2.39	2.39	0.84	0.84
5	5.67	28.34	2.01	2.01	0.92	0.92
6	5.02	30.10	1.76	1.76	1.01	1.01
7	4.52	31.67	1.57	1.57	1.14	1.14
8	4.14	33.10	1.43	1.43	1.31	1.31
9	3.82	34.41	1.31	1.31	1.57	1.57
10	3.56	35.63	1.22	1.22	2.01	2.01
11	3.34	36.77	1.14	1.14	3.00	3.00



12	3.15	37.84	1.07	1.07	16.65	16.65
13	2.99	38.85	1.01	1.01	4.28	4.28
14	2.84	39.82	0.96	0.96	2.39	2.39
15	2.72	40.74	0.92	0.92	1.76	1.76
16	2.60	41.61	0.88	0.88	1.43	1.43
17	2.50	42.46	0.84	0.84	1.22	1.22
18	2.40	43.26	0.81	0.81	1.07	1.07
19	2.32	44.04	0.78	0.78	0.96	0.96
20	2.24	44.80	0.75	0.75	0.88	0.88
21	2.17	45.52	0.73	0.73	0.81	0.81
22	2.10	46.23	0.71	0.71	0.75	0.75
23	2.04	46.91	0.68	0.68	0.71	0.71
24	1.98	47.58	0.66	0.66	0.66	0.66

Fuente: Elaboración propia.

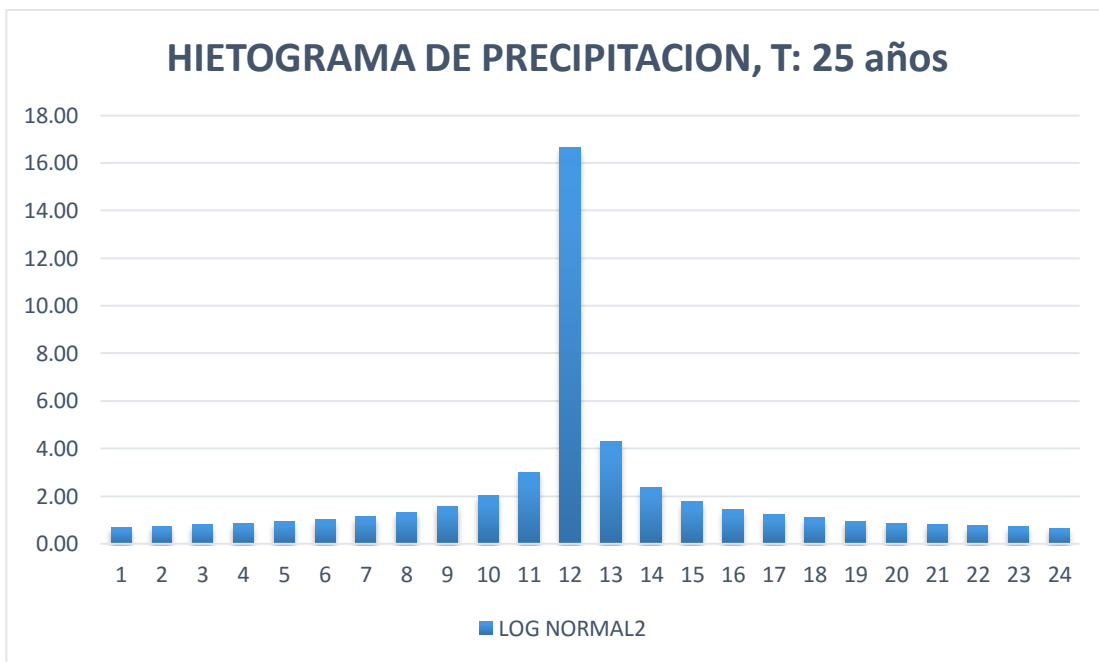


Gráfico 84: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años – Estación Julcán.

### Hietograma de diseño, para un T: 10 años:

Tabla IV. 55 Valores de hietograma de diseño para un T: 10 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	14.54	14.54	14.54	14.54	0.60	0.60
2	9.14	18.29	3.74	3.74	0.64	0.64
3	6.97	20.91	2.62	2.62	0.68	0.68
4	5.75	22.99	2.08	2.08	0.74	0.74
5	4.95	24.75	1.76	1.76	0.80	0.80
6	4.38	26.29	1.54	1.54	0.89	0.89
7	3.95	27.66	1.37	1.37	1.00	1.00
8	3.61	28.91	1.25	1.25	1.15	1.15
9	3.34	30.06	1.15	1.15	1.37	1.37
10	3.11	31.12	1.06	1.06	1.76	1.76
11	2.92	32.12	1.00	1.00	2.62	2.62
12	2.75	33.05	0.94	0.94	14.54	14.54
13	2.61	33.94	0.89	0.89	3.74	3.74
14	2.48	34.78	0.84	0.84	2.08	2.08
15	2.37	35.58	0.80	0.80	1.54	1.54
16	2.27	36.35	0.77	0.77	1.25	1.25
17	2.18	37.08	0.74	0.74	1.06	1.06
18	2.10	37.79	0.71	0.71	0.94	0.94
19	2.02	38.47	0.68	0.68	0.84	0.84
20	1.96	39.13	0.66	0.66	0.77	0.77
21	1.89	39.77	0.64	0.64	0.71	0.71
22	1.84	40.38	0.62	0.62	0.66	0.66
23	1.78	40.98	0.60	0.60	0.62	0.62
24	1.73	41.56	0.58	0.58	0.58	0.58

Fuente: Elaboración propia.

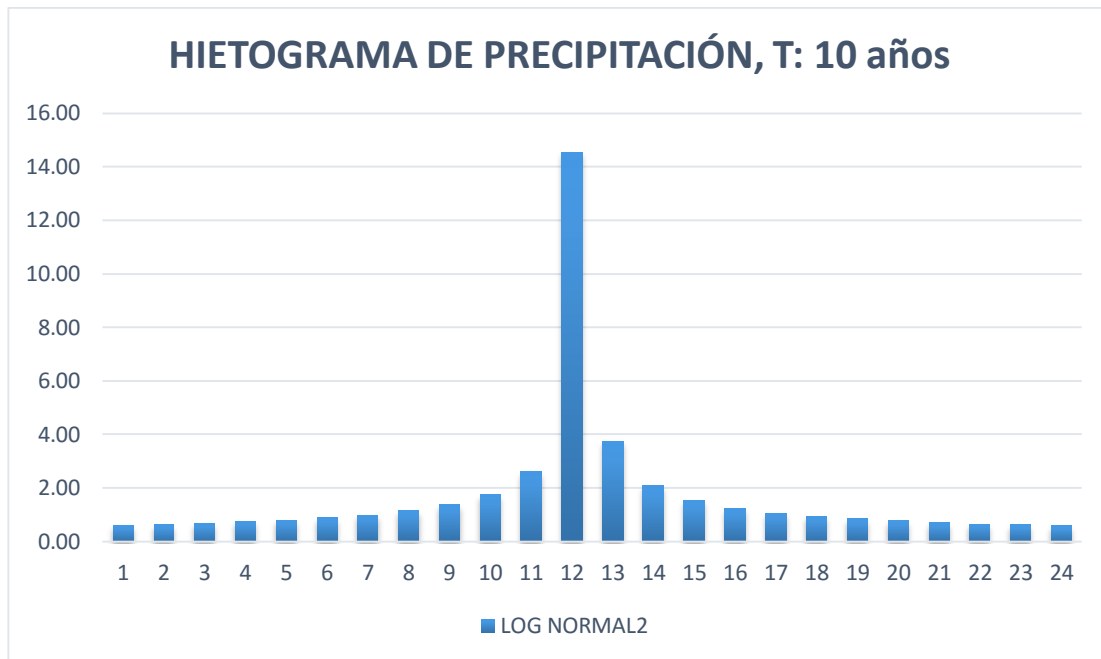


Gráfico 85: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años – Estación Julcán.

#### Hietograma de diseño, para un T: 5 años:

Tabla IV. 56 Valores de hietograma de diseño para un T: 5 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	13.13	13.13	13.13	13.13	0.54	0.54
2	8.25	16.51	3.38	3.38	0.57	0.57
3	6.29	18.87	2.37	2.37	0.61	0.61
4	5.19	20.76	1.88	1.88	0.66	0.66
5	4.47	22.34	1.59	1.59	0.72	0.72
6	3.96	23.73	1.39	1.39	0.80	0.80
7	3.57	24.97	1.24	1.24	0.90	0.90
8	3.26	26.10	1.13	1.13	1.04	1.04
9	3.01	27.13	1.04	1.04	1.24	1.24
10	2.81	28.09	0.96	0.96	1.59	1.59
11	2.64	28.99	0.90	0.90	2.37	2.37
12	2.49	29.84	0.85	0.85	13.13	13.13
13	2.36	30.64	0.80	0.80	3.38	3.38

<b>14</b>	2.24	31.40	0.76	0.76	1.88	1.88
<b>15</b>	2.14	32.12	0.72	0.72	1.39	1.39
<b>16</b>	2.05	32.81	0.69	0.69	1.13	1.13
<b>17</b>	1.97	33.48	0.66	0.66	0.96	0.96
<b>18</b>	1.90	34.12	0.64	0.64	0.85	0.85
<b>19</b>	1.83	34.73	0.61	0.61	0.76	0.76
<b>20</b>	1.77	35.32	0.59	0.59	0.69	0.69
<b>21</b>	1.71	35.90	0.57	0.57	0.64	0.64
<b>22</b>	1.66	36.45	0.56	0.56	0.59	0.59
<b>23</b>	1.61	36.99	0.54	0.54	0.56	0.56
<b>24</b>	1.56	37.52	0.52	0.52	0.52	0.52

Fuente: Elaboración propia.

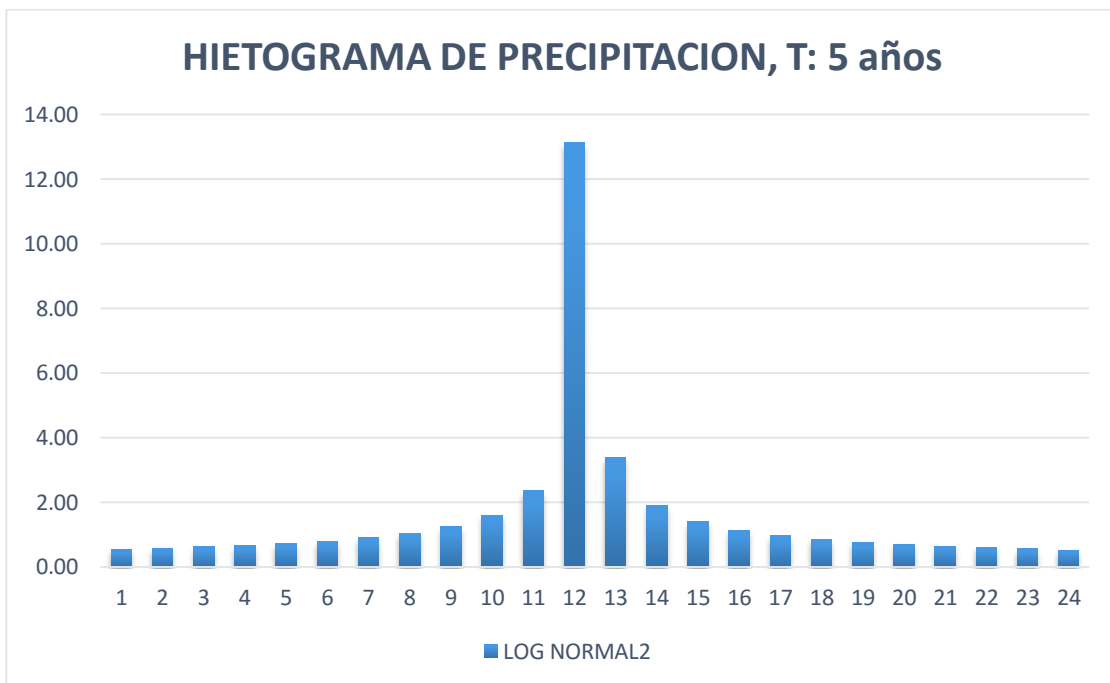


Gráfico 86: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años – Estación Julcán.

### Hietograma de diseño, para un T: 2 años:

Tabla IV. 57 Valores de hietograma de diseño para un T: 2 años – Estación Julcán.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	11.47	11.47	11.47	11.47	0.47	0.47
2	7.21	14.42	2.95	2.95	0.50	0.50
3	5.50	16.49	2.07	2.07	0.54	0.54
4	4.53	18.13	1.64	1.64	0.58	0.58
5	3.90	19.52	1.39	1.39	0.63	0.63
6	3.45	20.73	1.21	1.21	0.70	0.70
7	3.12	21.81	1.08	1.08	0.78	0.78
8	2.85	22.80	0.98	0.98	0.90	0.90
9	2.63	23.70	0.90	0.90	1.08	1.08
10	2.45	24.54	0.84	0.84	1.39	1.39
11	2.30	25.32	0.78	0.78	2.07	2.07
12	2.17	26.06	0.74	0.74	11.47	11.47
13	2.06	26.76	0.70	0.70	2.95	2.95
14	1.96	27.42	0.66	0.66	1.64	1.64
15	1.87	28.06	0.63	0.63	1.21	1.21
16	1.79	28.66	0.60	0.60	0.98	0.98
17	1.72	29.24	0.58	0.58	0.84	0.84
18	1.66	29.80	0.56	0.56	0.74	0.74
19	1.60	30.34	0.54	0.54	0.66	0.66
20	1.54	30.85	0.52	0.52	0.60	0.60
21	1.49	31.36	0.50	0.50	0.56	0.56
22	1.45	31.84	0.49	0.49	0.52	0.52
23	1.40	32.31	0.47	0.47	0.49	0.49
24	1.37	32.77	0.46	0.46	0.46	0.46

Fuente: Elaboración propia.

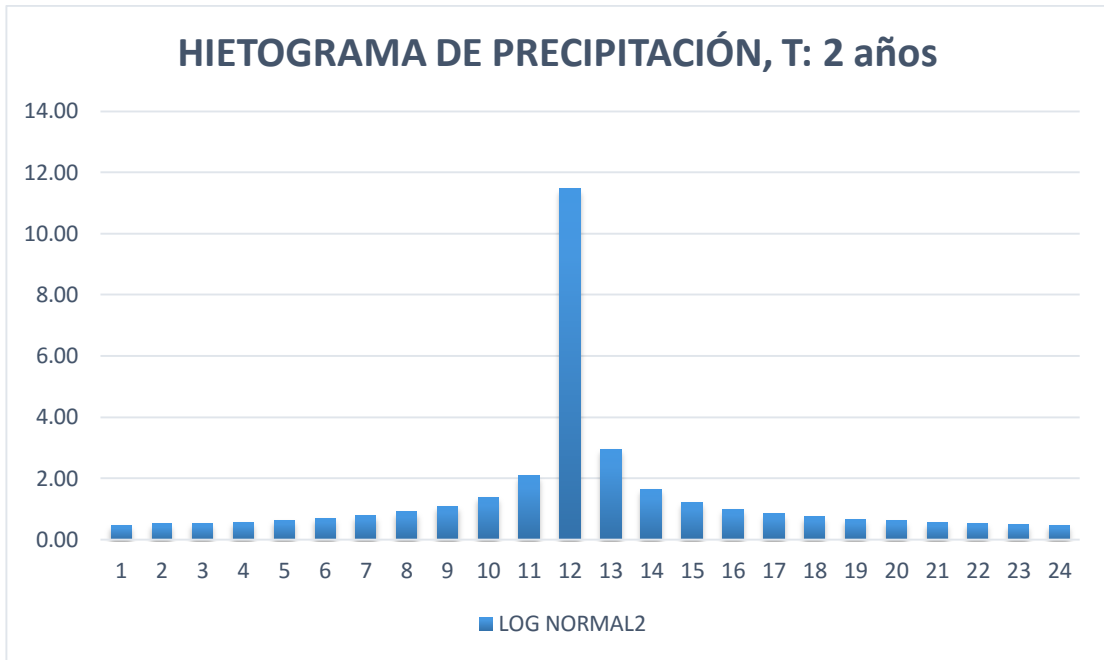


Gráfico 87: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años – Estación Julcán.

## Estación Salpo

### A. Ubicación Geográfica Y Registro Histórico

La estación Salpo se encuentra ubicada en el distrito de Salpo, provincia de Otuzco, departamento de La Libertad. Sus coordenadas geográficas son: Latitud de 8° 00' 31.6", Longitud de 78° 36' 33.4" y a una altitud de 3412 m.s.n.m. Dicha estación cuenta con un registro histórico de 46 años, cuyas precipitaciones máximas de 24 horas anuales, registradas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 58 Precipitaciones máximas anuales en 24 horas, estación Salpo.

<b>n</b>	<b>AÑO DE REGISTRO</b>	<b>PRECIP MAX EN 24 HRS (mm)</b>
1	1964	16.3
2	1965	17.6
3	1966	22.3
4	1967	38.5
5	1968	16.8
6	1969	27
7	1970	31.6
8	1971	22.2
9	1972	21
10	1973	21.2
11	1974	14.4
12	1975	28.4
13	1976	20.2
14	1977	31.6
15	1978	19.6
16	1979	69.5
17	1980	20.2
18	1981	35.3
19	1982	30.6
20	1983	48.3
21	1984	28.6
22	1985	26.3
23	1986	23.3

24	1987	25
25	1988	20
26	1989	26.5
27	1990	21.5
28	1991	20.6
29	1992	22
30	1993	25
31	1994	40
32	1995	23
33	1996	35.5
34	1997	26
35	1998	28.5
36	1999	31.8
37	2000	24
38	2001	29
39	2002	29
40	2003	29
41	2004	20.8
42	2005	16.4
43	2006	33
44	2007	20.4
45	2008	43
46	2009	30.5

Fuente: SENAMHI

## B. Funciones de Distribución de Probabilidad y Pruebas de ajuste

Tabla IV. 59 Función de probabilidad Normal – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	F(y)	F(m) Weibull	Kolmogorov. Smirnov
1	1974	14.4	0.0930	0.0213	0.0717
2	1964	16.3	0.1301	0.0426	0.0875
3	2005	16.4	0.1323	0.0638	0.0684
4	1968	16.8	0.1413	0.0851	0.0562
5	1965	17.6	0.1606	0.1064	0.0542
6	1978	19.6	0.2161	0.1277	0.0885
7	1988	20	0.2285	0.1489	0.0795
8	1976	20.2	0.2347	0.1702	0.0645
9	1980	20.2	0.2347	0.1915	0.0433



10	2007	20.4	0.2411	0.2128	0.0284
11	1991	20.6	0.2476	0.2340	0.0136
12	2004	20.8	0.2542	0.2553	0.0011
13	1972	21	0.2609	0.2766	0.0157
14	1973	21.2	0.2676	0.2979	0.0302
15	1990	21.5	0.2779	0.3191	0.0412
16	1992	22	0.2955	0.3404	0.0449
17	1971	22.2	0.3027	0.3617	0.0590
18	1966	22.3	0.3063	0.3830	0.0767
19	1995	23	0.3321	0.4043	0.0721
20	1986	23.3	0.3434	0.4255	0.0821
21	2000	24	0.3704	0.4468	0.0764
22	1987	25	0.4100	0.4681	0.0581
23	1993	25	0.4100	0.4894	0.0793
24	1997	26	0.4506	0.5106	0.0601
25	1985	26.3	0.4629	0.5319	0.0690
26	1989	26.5	0.4711	0.5532	0.0821
27	1969	27	0.4917	0.5745	0.0828
28	1975	28.4	0.5492	0.5957	0.0465
29	1998	28.5	0.5533	0.6170	0.0637
30	1984	28.6	0.5574	0.6383	0.0809
31	2001	29	0.5737	0.6596	0.0859
32	2002	29	0.5737	0.6809	0.1072
33	2003	29	0.5737	0.7021	0.1285
34	2009	30.5	0.6333	0.7234	0.0901
35	1982	30.6	0.6372	0.7447	0.1075
36	1970	31.6	0.6752	0.7660	0.0908
37	1977	31.6	0.6752	0.7872	0.1120
38	1999	31.8	0.6826	0.8085	0.1259
39	2006	33	0.7254	0.8298	0.1044
40	1981	35.3	0.7986	0.8511	0.0525
41	1996	35.5	0.8043	0.8723	0.0680
42	1967	38.5	0.8784	0.8936	0.0152
43	1994	40	0.9069	0.9149	0.0080
44	2008	43	0.9486	0.9362	0.0125
45	1983	48.3	0.9853	0.9574	0.0279
46	1979	69.5	1.0000	0.9787	0.0213

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	27.2022
<b>des estan</b>	9.6810

D max = 0.1285

D KOLMOGOROV = 0.2

### Análisis Gráfico de Ajuste

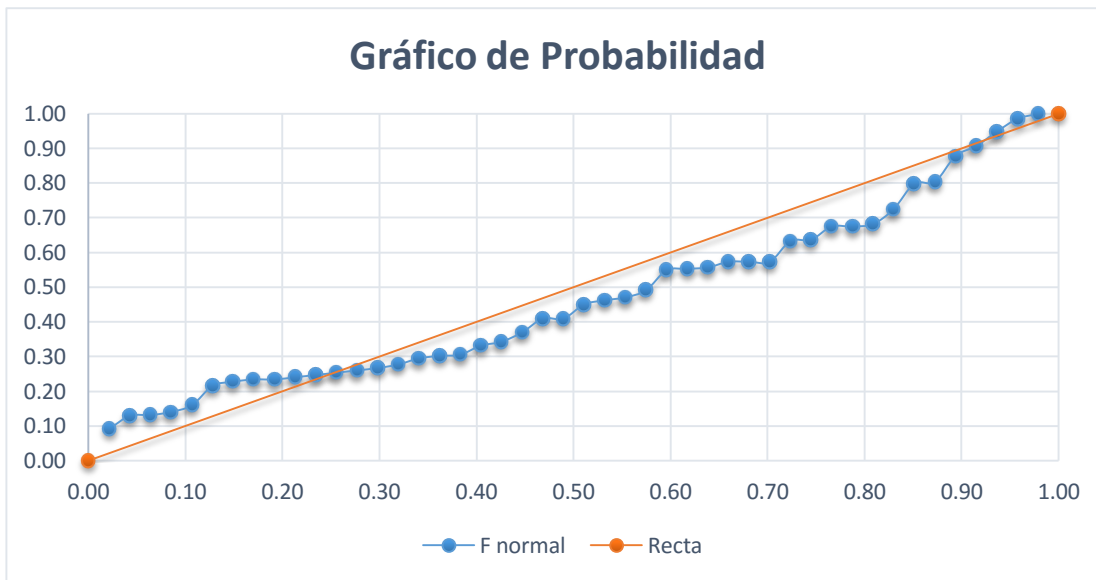


Gráfico 88: Análisis gráfico de ajuste de la función Normal – Estación Salpo.  
Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 60 Función de probabilidad LogNormal – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	$Y = \ln x$	F(y)	F(m) Weibull	Kolmogorov. Smirnov
1	1974	14.4	2.6672	0.0277	0.0213	0.0064
2	1964	16.3	2.7912	0.0654	0.0426	0.0229
3	2005	16.4	2.7973	0.0680	0.0638	0.0042
4	1968	16.8	2.8214	0.0790	0.0851	0.0061
5	1965	17.6	2.8679	0.1038	0.1064	0.0026
6	1978	19.6	2.9755	0.1818	0.1277	0.0541
7	1988	20	2.9957	0.1997	0.1489	0.0508
8	1976	20.2	3.0057	0.2089	0.1702	0.0387
9	1980	20.2	3.0057	0.2089	0.1915	0.0175
10	2007	20.4	3.0155	0.2183	0.2128	0.0055
11	1991	20.6	3.0253	0.2278	0.2340	0.0062
12	2004	20.8	3.0350	0.2375	0.2553	0.0179
13	1972	21	3.0445	0.2472	0.2766	0.0294

14	1973	21.2	3.0540	0.2571	0.2979	0.0408
15	1990	21.5	3.0681	0.2721	0.3191	0.0470
16	1992	22	3.0910	0.2976	0.3404	0.0428
17	1971	22.2	3.1001	0.3079	0.3617	0.0538
18	1966	22.3	3.1046	0.3131	0.3830	0.0699
19	1995	23	3.1355	0.3497	0.4043	0.0546
20	1986	23.3	3.1485	0.3655	0.4255	0.0600
21	2000	24	3.1781	0.4024	0.4468	0.0444
22	1987	25	3.2189	0.4547	0.4681	0.0134
23	1993	25	3.2189	0.4547	0.4894	0.0347
24	1997	26	3.2581	0.5057	0.5106	0.0049
25	1985	26.3	3.2696	0.5206	0.5319	0.0113
26	1989	26.5	3.2771	0.5305	0.5532	0.0227
27	1969	27	3.2958	0.5547	0.5745	0.0198
28	1975	28.4	3.3464	0.6189	0.5957	0.0232
29	1998	28.5	3.3499	0.6233	0.6170	0.0063
30	1984	28.6	3.3534	0.6276	0.6383	0.0107
31	2001	29	3.3673	0.6446	0.6596	0.0149
32	2002	29	3.3673	0.6446	0.6809	0.0362
33	2003	29	3.3673	0.6446	0.7021	0.0575
34	2009	30.5	3.4177	0.7039	0.7234	0.0195
35	1982	30.6	3.4210	0.7076	0.7447	0.0371
36	1970	31.6	3.4532	0.7426	0.7660	0.0234
37	1977	31.6	3.4532	0.7426	0.7872	0.0447
38	1999	31.8	3.4595	0.7492	0.8085	0.0593
39	2006	33	3.4965	0.7861	0.8298	0.0437
40	1981	35.3	3.5639	0.8445	0.8511	0.0066
41	1996	35.5	3.5695	0.8488	0.8723	0.0235
42	1967	38.5	3.6507	0.9026	0.8936	0.0090
43	1994	40	3.6889	0.9224	0.9149	0.0075
44	2008	43	3.7612	0.9513	0.9362	0.0151
45	1983	48.3	3.8774	0.9792	0.9574	0.0217
46	1979	69.5	4.2413	0.9994	0.9787	0.0206

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	3.2537
<b>des estan</b>	0.3062

<b>D max =</b>	0.0699
----------------	--------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	0.2
-----------------------	-----

## Análisis Gráfico de Ajuste

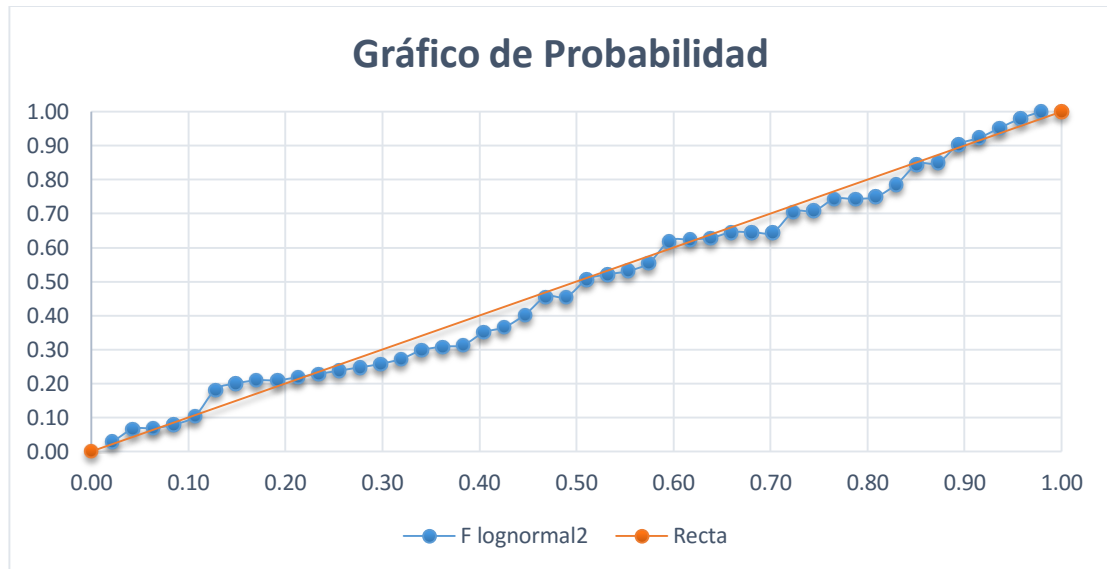


Gráfico 89: Análisis gráfico de ajuste de la función LogNormal – Estación Salpo.

Función de probabilidad consistente

Tabla IV. 61 Función de probabilidad Gumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	F(m) de Weibull	F(Y) GUMBEL	Kolmogorov. Smirnov
1	1974	14.4	0.0213	0.0468	0.0255
2	1964	16.3	0.0426	0.0925	0.0500
3	2005	16.4	0.0638	0.0955	0.0317
4	1968	16.8	0.0851	0.1078	0.0227
5	1965	17.6	0.1064	0.1349	0.0285
6	1978	19.6	0.1277	0.2150	0.0873
7	1988	20	0.1489	0.2327	0.0838
8	1976	20.2	0.1702	0.2418	0.0716
9	1980	20.2	0.1915	0.2418	0.0503
10	2007	20.4	0.2128	0.2509	0.0382
11	1991	20.6	0.2340	0.2602	0.0261
12	2004	20.8	0.2553	0.2695	0.0142
13	1972	21	0.2766	0.2789	0.0023
14	1973	21.2	0.2979	0.2884	0.0095
15	1990	21.5	0.3191	0.3027	0.0165

16	1992	22	0.3404	0.3268	0.0137
17	1971	22.2	0.3617	0.3365	0.0252
18	1966	22.3	0.3830	0.3413	0.0417
19	1995	23	0.4043	0.3754	0.0288
20	1986	23.3	0.4255	0.3900	0.0355
21	2000	24	0.4468	0.4239	0.0229
22	1987	25	0.4681	0.4716	0.0035
23	1993	25	0.4894	0.4716	0.0178
24	1997	26	0.5106	0.5177	0.0070
25	1985	26.3	0.5319	0.5311	0.0008
26	1989	26.5	0.5532	0.5400	0.0132
27	1969	27	0.5745	0.5617	0.0127
28	1975	28.4	0.5957	0.6194	0.0236
29	1998	28.5	0.6170	0.6233	0.0062
30	1984	28.6	0.6383	0.6272	0.0111
31	2001	29	0.6596	0.6424	0.0171
32	2002	29	0.6809	0.6424	0.0384
33	2003	29	0.7021	0.6424	0.0597
34	2009	30.5	0.7234	0.6958	0.0276
35	1982	30.6	0.7447	0.6991	0.0456
36	1970	31.6	0.7660	0.7309	0.0351
37	1977	31.6	0.7872	0.7309	0.0564
38	1999	31.8	0.8085	0.7369	0.0716
39	2006	33	0.8298	0.7707	0.0591
40	1981	35.3	0.8511	0.8253	0.0258
41	1996	35.5	0.8723	0.8294	0.0429
42	1967	38.5	0.8936	0.8819	0.0117
43	1994	40	0.9149	0.9021	0.0128
44	2008	43	0.9362	0.9331	0.0031
45	1983	48.3	0.9574	0.9663	0.0088
46	1979	69.5	0.9787	0.9979	0.0192

Fuente: Elaboración propia.

media	27.2022
des estan	9.6810

alpha	7.5482
beta	22.8453

D max =	0.0873
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.2
----------------	-----

## Análisis Gráfico de Ajuste

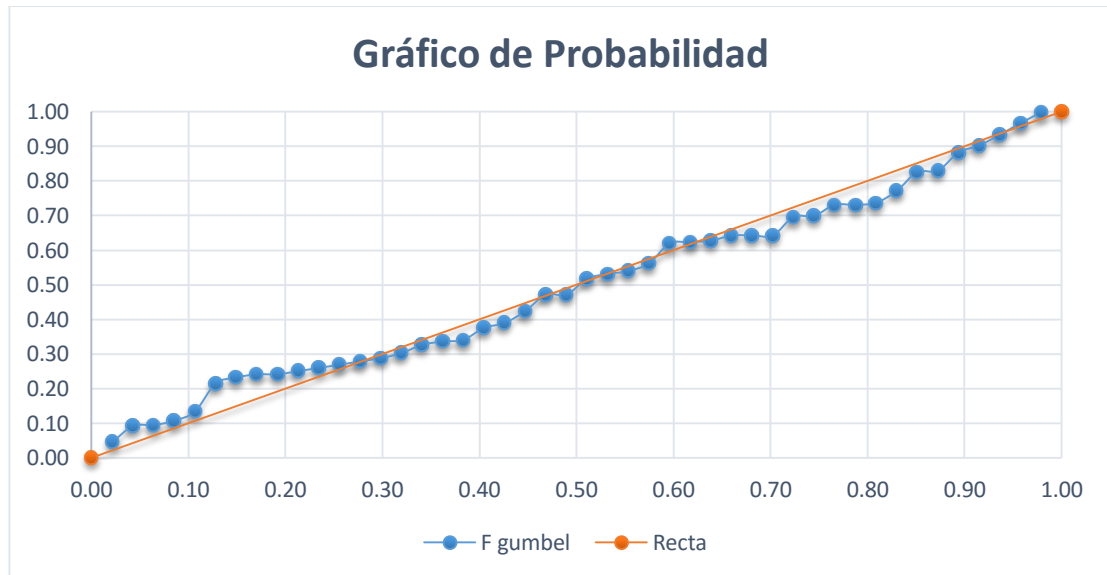


Gráfico 90: Análisis gráfico de ajuste de la función Gumbel – Estación Salpo.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 62 Función de probabilidad LogGumbel – Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	LOG(X)	F(m) de Weibull	F(y)	Kolmogorov. Smirnov
1	1974	14.4	1.1584	0.0213	0.0014	0.0198
2	1964	16.3	1.2122	0.0426	0.0203	0.0223
3	2005	16.4	1.2148	0.0638	0.0224	0.0414
4	1968	16.8	1.2253	0.0851	0.0323	0.0529
5	1965	17.6	1.2455	0.1064	0.0592	0.0471
6	1978	19.6	1.2923	0.1277	0.1652	0.0375
7	1988	20	1.3010	0.1489	0.1912	0.0423
8	1976	20.2	1.3054	0.1702	0.2046	0.0343
9	1980	20.2	1.3054	0.1915	0.2046	0.0131
10	2007	20.4	1.3096	0.2128	0.2181	0.0053
11	1991	20.6	1.3139	0.2340	0.2318	0.0022
12	2004	20.8	1.3181	0.2553	0.2457	0.0097
13	1972	21	1.3222	0.2766	0.2596	0.0170
14	1973	21.2	1.3263	0.2979	0.2736	0.0243
15	1990	21.5	1.3324	0.3191	0.2946	0.0245
16	1992	22	1.3424	0.3404	0.3296	0.0108

17	1971	22.2	1.3464	0.3617	0.3435	0.0182
18	1966	22.3	1.3483	0.3830	0.3504	0.0326
19	1995	23	1.3617	0.4043	0.3980	0.0063
20	1986	23.3	1.3674	0.4255	0.4178	0.0077
21	2000	24	1.3802	0.4468	0.4626	0.0158
22	1987	25	1.3979	0.4681	0.5222	0.0541
23	1993	25	1.3979	0.4894	0.5222	0.0328
24	1997	26	1.4150	0.5106	0.5762	0.0656
25	1985	26.3	1.4200	0.5319	0.5913	0.0594
26	1989	26.5	1.4232	0.5532	0.6011	0.0479
27	1969	27	1.4314	0.5745	0.6246	0.0501
28	1975	28.4	1.4533	0.5957	0.6833	0.0875
29	1998	28.5	1.4548	0.6170	0.6871	0.0701
30	1984	28.6	1.4564	0.6383	0.6909	0.0526
31	2001	29	1.4624	0.6596	0.7054	0.0459
32	2002	29	1.4624	0.6809	0.7054	0.0246
33	2003	29	1.4624	0.7021	0.7054	0.0033
34	2009	30.5	1.4843	0.7234	0.7539	0.0305
35	1982	30.6	1.4857	0.7447	0.7568	0.0121
36	1970	31.6	1.4997	0.7660	0.7839	0.0179
37	1977	31.6	1.4997	0.7872	0.7839	0.0034
38	1999	31.8	1.5024	0.8085	0.7889	0.0197
39	2006	33	1.5185	0.8298	0.8162	0.0136
40	1981	35.3	1.5478	0.8511	0.8580	0.0069
41	1996	35.5	1.5502	0.8723	0.8611	0.0113
42	1967	38.5	1.5855	0.8936	0.8990	0.0054
43	1994	40	1.6021	0.9149	0.9133	0.0016
44	2008	43	1.6335	0.9362	0.9352	0.0010
45	1983	48.3	1.6839	0.9574	0.9597	0.0022
46	1979	69.5	1.8420	0.9787	0.9911	0.0123

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	1.4131
<b>des estan</b>	0.1330

<b>alpha</b>	0.1037
<b>beta</b>	1.3532

<b>D max =</b>	<b>0.0875</b>
----------------	---------------

<b>D KOLMOGOROV =</b>	<b>0.2</b>
-----------------------	------------

## Análisis Gráfico de ajuste

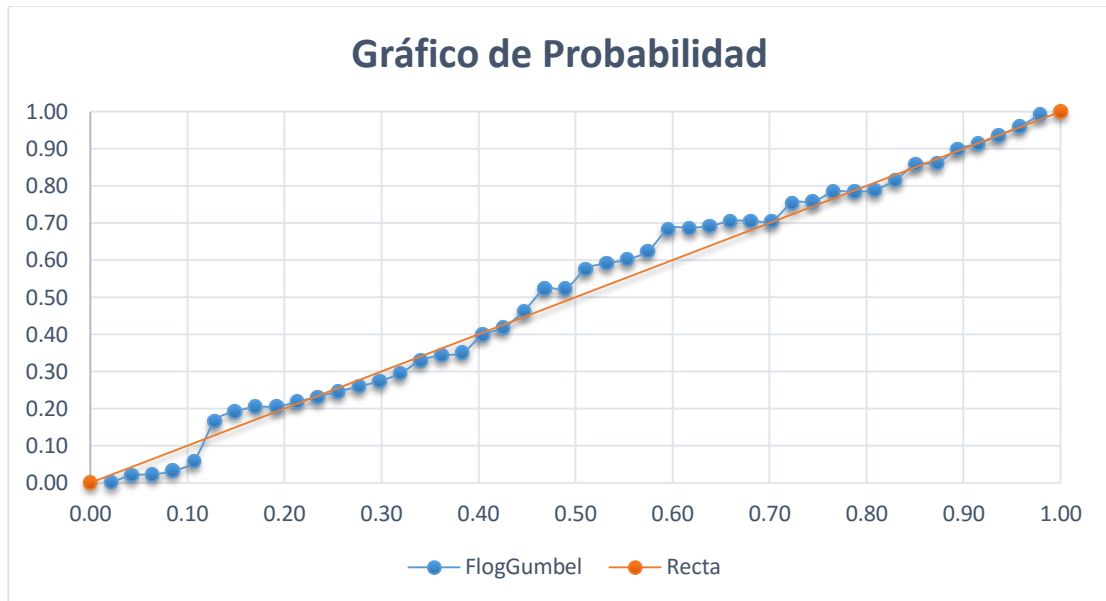


Gráfico 91: Análisis gráfico de ajuste de la función LogGumbel – Estación Salpo.

Función de probabilidad consistente.

Tabla IV. 63 Función de probabilidad Pearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov.

n	año	Pmax 24 (mm)	f(Y)	F(M)	Kolmogorov. Smirnov
1	1974	14.4	0.37339153	0.0212766	0.352114933
2	1964	16.3	0.22195348	0.04255319	0.179400289
3	2005	16.4	0.21270553	0.06382979	0.148875741
4	1968	16.8	0.1740437	0.08510638	0.088937322
5	1965	17.6	0.08635017	0.10638298	0.02003281
6	1978	19.6	Inc.	0.12765957	Inc.
7	1988	20	Inc.	0.14893617	Inc.
8	1976	20.2	Inc.	0.17021277	Inc.
9	1980	20.2	Inc.	0.19148936	Inc.
10	2007	20.4	Inc.	0.21276596	Inc.
11	1991	20.6	Inc.	0.23404255	Inc.
12	2004	20.8	Inc.	0.25531915	Inc.
13	1972	21	Inc.	0.27659574	Inc.
14	1973	21.2	Inc.	0.29787234	Inc.
15	1990	21.5	Inc.	0.31914894	Inc.



16	1992	22	Inc.	0.34042553	Inc.
17	1971	22.2	Inc.	0.36170213	Inc.
18	1966	22.3	Inc.	0.38297872	Inc.
19	1995	23	Inc.	0.40425532	Inc.
20	1986	23.3	Inc.	0.42553191	Inc.
21	2000	24	Inc.	0.44680851	Inc.
22	1987	25	Inc.	0.46808511	Inc.
23	1993	25	Inc.	0.4893617	Inc.
24	1997	26	Inc.	0.5106383	Inc.
25	1985	26.3	Inc.	0.53191489	Inc.
26	1989	26.5	Inc.	0.55319149	Inc.
27	1969	27	Inc.	0.57446809	Inc.
28	1975	28.4	Inc.	0.59574468	Inc.
29	1998	28.5	Inc.	0.61702128	Inc.
30	1984	28.6	Inc.	0.63829787	Inc.
31	2001	29	Inc.	0.65957447	Inc.
32	2002	29	Inc.	0.68085106	Inc.
33	2003	29	Inc.	0.70212766	Inc.
34	2009	30.5	Inc.	0.72340426	Inc.
35	1982	30.6	Inc.	0.74468085	Inc.
36	1970	31.6	Inc.	0.76595745	Inc.
37	1977	31.6	Inc.	0.78723404	Inc.
38	1999	31.8	Inc.	0.80851064	Inc.
39	2006	33	Inc.	0.82978723	Inc.
40	1981	35.3	Inc.	0.85106383	Inc.
41	1996	35.5	Inc.	0.87234043	Inc.
42	1967	38.5	Inc.	0.89361702	Inc.
43	1994	40	Inc.	0.91489362	Inc.
44	2008	43	Inc.	0.93617021	Inc.
45	1983	48.3	Inc.	0.95744681	Inc.
46	1979	69.5	Inc.	0.9787234	Inc.

Fuente: Elaboración propia.

<b>media</b>	27.2022	-0.8653
<b>des estan</b>	9.6810	0.9302
<b>coef asim</b>	2.1500	-2.1500

<b>alfa</b>	0.8653	0.8653
<b>beta</b>	10.4071	1
<b>Z0</b>	18.1967	

Función de probabilidad inconsistente.

Tabla IV. 64 Función de probabilidad Log Pearson 3– Prueba de ajuste Kolmogorov.

<b>n</b>	<b>año</b>	<b>Pmax 24 (mm)</b>	<b>Z=LN<sub>X</sub></b>	<b>f(Y)</b>	<b>F(M)</b>	<b>Kolmogorov. Smirnov</b>
1	1974	14.4	2.6672	0.0041	0.0213	0.0172
2	1964	16.3	2.7912	0.0343	0.0426	0.0082
3	2005	16.4	2.7973	0.0371	0.0638	0.0268
4	1968	16.8	2.8214	0.0493	0.0851	0.0358
5	1965	17.6	2.8679	0.0794	0.1064	0.0269
6	1978	19.6	2.9755	0.1816	0.1277	0.0539
7	1988	20	2.9957	0.2051	0.1489	0.0562
8	1976	20.2	3.0057	0.2171	0.1702	0.0469
9	1980	20.2	3.0057	0.2171	0.1915	0.0256
10	2007	20.4	3.0155	0.2293	0.2128	0.0165
11	1991	20.6	3.0253	0.2415	0.2340	0.0075
12	2004	20.8	3.0350	0.2538	0.2553	0.0015
13	1972	21	3.0445	0.2662	0.2766	0.0104
14	1973	21.2	3.0540	0.2786	0.2979	0.0192
15	1990	21.5	3.0681	0.2973	0.3191	0.0219
16	1992	22	3.0910	0.3284	0.3404	0.0120
17	1971	22.2	3.1001	0.3408	0.3617	0.0209
18	1966	22.3	3.1046	0.3469	0.3830	0.0360
19	1995	23	3.1355	0.3896	0.4043	0.0146
20	1986	23.3	3.1485	0.4076	0.4255	0.0180
21	2000	24	3.1781	0.4484	0.4468	0.0016
22	1987	25	3.2189	0.5038	0.4681	0.0357
23	1993	25	3.2189	0.5038	0.4894	0.0144
24	1997	26	3.2581	0.5552	0.5106	0.0445
25	1985	26.3	3.2696	0.5698	0.5319	0.0378
26	1989	26.5	3.2771	0.5793	0.5532	0.0261
27	1969	27	3.2958	0.6023	0.5745	0.0278
28	1975	28.4	3.3464	0.6611	0.5957	0.0653
29	1998	28.5	3.3499	0.6650	0.6170	0.0479
30	1984	28.6	3.3534	0.6688	0.6383	0.0305
31	2001	29	3.3673	0.6838	0.6596	0.0242
32	2002	29	3.3673	0.6838	0.6809	0.0029
33	2003	29	3.3673	0.6838	0.7021	0.0184
34	2009	30.5	3.4177	0.7344	0.7234	0.0110
35	1982	30.6	3.4210	0.7375	0.7447	0.0072
36	1970	31.6	3.4532	0.7665	0.7660	0.0005
37	1977	31.6	3.4532	0.7665	0.7872	0.0208

38	1999	31.8	3.4595	0.7719	0.8085	0.0366
39	2006	33	3.4965	0.8017	0.8298	0.0281
40	1981	35.3	3.5639	0.8482	0.8511	0.0028
41	1996	35.5	3.5695	0.8517	0.8723	0.0206
42	1967	38.5	3.6507	0.8947	0.8936	0.0011
43	1994	40	3.6889	0.9111	0.9149	0.0038
44	2008	43	3.7612	0.9360	0.9362	0.0001
45	1983	48.3	3.8774	0.9634	0.9574	0.0059
46	1979	69.5	4.2413	0.9947	0.9787	0.0159

Fuente: Elaboración propia.

media	3.2537	7.2060
des estan	0.3062	2.6844
coef asim	0.7450	0.7450

alfa	7.2060	7.2060
beta	0.1141	1
Z0	2.4318	

D max =	0.0653
---------	--------

D KOLMOGOROV =	0.2
----------------	-----

**Análisis Gráfico de ajuste**

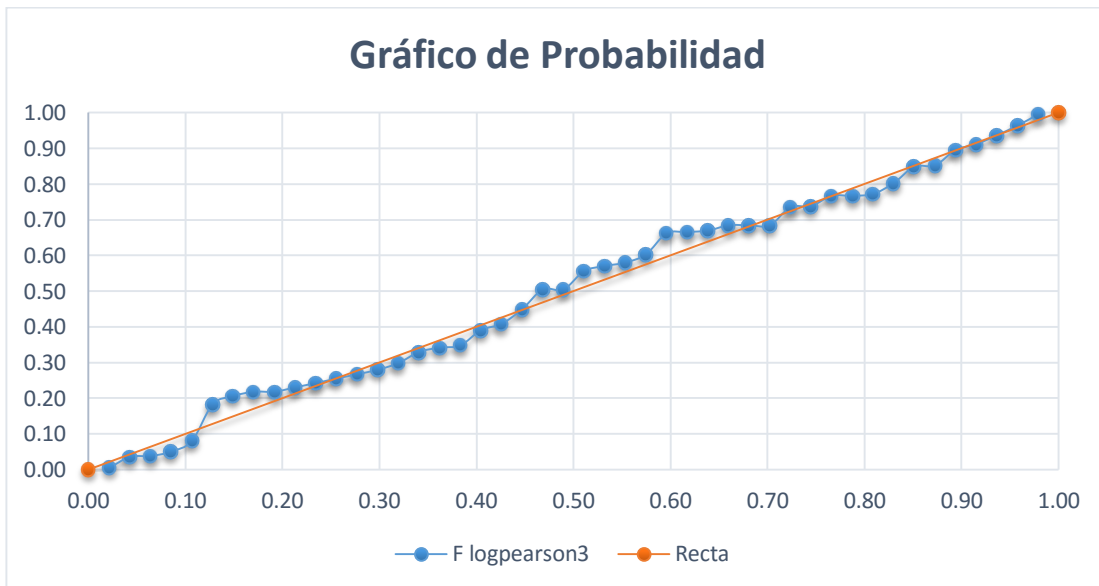


Gráfico 92: Análisis gráfico de ajuste de la función LogPearson – Estación Salpo.

Función de probabilidad consistente.

**C. Precipitaciones e intensidades máximas de diseño en función al periodo de retorno, para la función de Probabilidad seleccionada.**

Del análisis de funciones de distribución de probabilidad y las pruebas de bondad de ajuste para la estación Salpo, se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla IV. 65 Cuadro resumen de valores de delta teórico para cada función de distribución.

	ESTACIÓN SALPO					
	Normal	LogNormal	Gumbel	LogGumbel	Pearson	LogPearson
Delta teorico	0.1285	0.0669	0.0873	0.0875	Incons	0.0653
Delta tabla	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	ajuste	ajuste	ajuste	ajuste	incons	ajuste

Fuente: Elaboración propia.

Siendo la función de distribución LogPearson3 la que presenta un mejor ajuste, por presentar un delta teórico menor en comparación a las demás funciones de distribución. Además de este criterio de selección se consideró observar los valores de precipitación de diseño, para cada periodo de retorno, con el fin de verificar si estos valores de precipitación no se alejen completamente de la realidad dada por el registro histórico. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 66 Precipitaciones de diseño obtenidas para cada función de distribución y periodo de retorno.

T (años)	ESTACIÓN SALPO					
	Normal	LogNormal	Gumbel	LogGumbel	Pearson	LogPearson 3
2	27.20	25.89	25.61	24.62	s.d	24.93
5	35.35	33.50	34.17	32.27	s.d	32.93
10	39.61	38.33	39.83	38.60	s.d	38.95
25	44.15	44.25	46.99	48.40	s.d	47.45
50	47.08	48.55	52.30	57.25	s.d	54.44
100	49.72	52.78	57.57	67.64	s.d	62.03
500	55.07	62.49	69.75	99.42	s.d	82.46

Fuente: Elaboración propia.

De lo observado en las tablas IV.65 y IV.66, se concluye:

- Cumplen con la prueba de ajuste kolmogorov, las distribuciones: Normal, Log normal, gumbel, LogGumbel y LogPearson.
- Se escoge la función Log Pearson por presentar valores mas conservadores de precipitación a partir de T: 50 años teniendo en cuenta que el valor máximo de los registros históricos es de 69.5 mm, es además la función de distribución que presenta un mejor ajuste.

Siendo la función Log Pearson 3 la elegida para el cálculo de las precipitaciones e intensidades máximas, en función a los periodos de retorno de: 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años. Se tiene:

**Para la función Log Pearson 3:**

Tabla IV. 67 Precipitaciones e intensidades máximas por función Gumbel – Estación Salpo.

Probabilidad de excedencia	Periodo de retorno (años)	intensidad máx 24 hrs (mm/hr)	precipitación máx 24 hrs (mm)
0.500	2	1.04	24.93
0.200	5	1.37	32.93
0.100	10	1.62	38.95
0.040	25	1.98	47.45
0.020	50	2.27	54.44
0.010	100	2.58	62.03
0.002	500	3.44	82.46

Fuente: Elaboración propia.

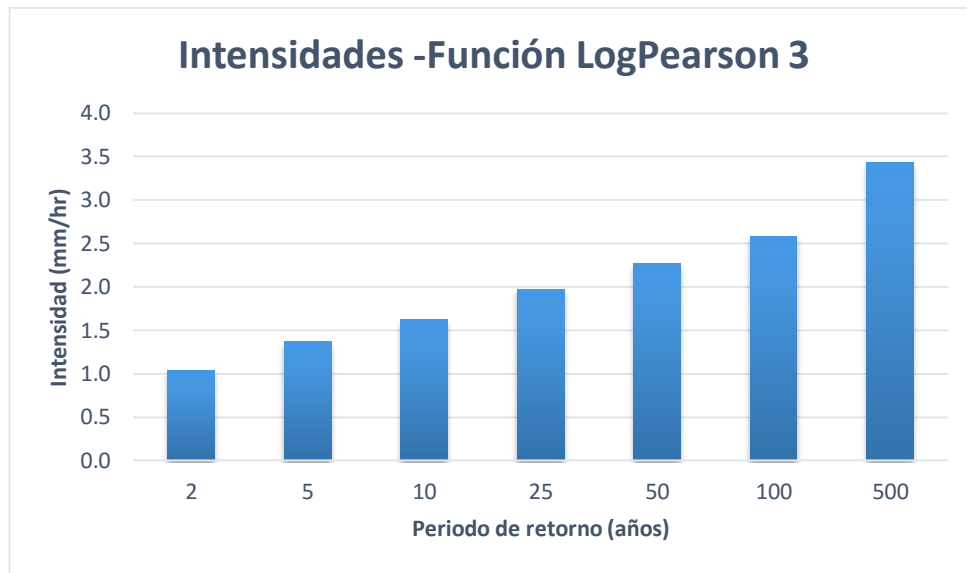


Gráfico 93: Intensidades máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogPearson 3 – Estación Salpo.

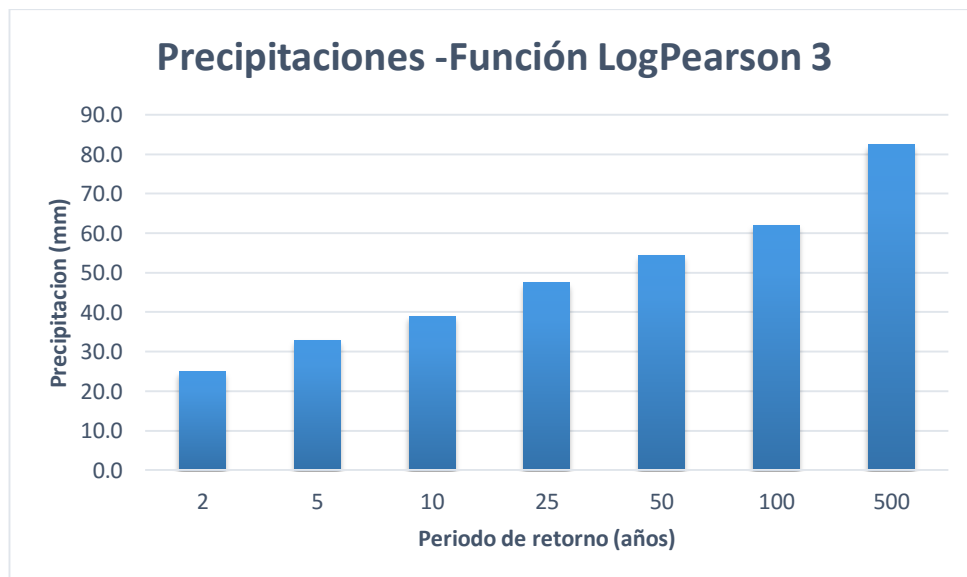


Gráfico 94: Precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno usando la función LogPearson 3 – Estación Salpo.

**Nota:** Los cálculos realizados a cada función de probabilidad, así como los valores de la prueba de ajuste Kolmogorov. Smirnov, se pueden corroborar con los datos brindados por el programa “Hidroesta”, en la sección anexos.

**D. Disgregación de la lluvia máxima en precipitaciones e intensidades parciales.**

Para la disgregación de la lámina de lluvia, se utilizó los factores que más se ajustan a la realidad climática e hidrológica de la zona de estudio, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla IV. 68 Coeficientes de distribución de lluvia.

<b>Pt/P24</b>	<b>t (horas)</b>
<b>0.35</b>	1
<b>0.44</b>	2
<b>0.50</b>	3
<b>0.55</b>	4
<b>0.60</b>	5
<b>0.63</b>	6
<b>0.67</b>	7
<b>0.70</b>	8
<b>0.72</b>	9
<b>0.75</b>	10
<b>0.77</b>	11
<b>0.80</b>	12
<b>0.82</b>	13
<b>0.84</b>	14
<b>0.86</b>	15
<b>0.87</b>	16
<b>0.89</b>	17
<b>0.91</b>	18
<b>0.93</b>	19
<b>0.94</b>	20
<b>0.96</b>	21
<b>0.97</b>	22
<b>0.99</b>	23
<b>1.00</b>	24

Fuente: Propia.

De la cual se obtuvo las siguientes tablas de precipitación e intensidad en función al periodo de retorno y duraciones determinadas:

Tabla IV. 69 Valores Precipitaciones para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Salpo.

Duración	Tabla precipitaciones						
	período de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	500
1	8.73	11.52	13.63	16.61	19.05	21.71	28.86
2	10.97	14.49	17.14	20.88	23.95	27.29	36.28
4	13.79	18.21	21.54	26.24	30.10	34.30	45.60
6	15.78	20.84	24.66	30.03	34.46	39.27	52.20
8	17.35	22.92	27.11	33.02	37.89	43.17	57.39
10	18.67	24.66	29.18	35.54	40.77	46.46	61.76
12	19.82	26.18	30.97	37.72	43.28	49.31	65.56
24	24.93	32.93	38.95	47.45	54.44	62.03	82.46

Fuente: Elaboración propia.

Tabla IV. 70 Valores Intensidades para diferentes duraciones y periodos de retorno – Estación Salpo.

Duración	Tabla intensidades						
	período de retorno en años						
	2	5	10	25	50	100	500
1	8.73	11.52	13.63	16.61	19.05	21.71	28.86
2	5.48	7.24	8.57	10.44	11.98	13.65	18.14
4	3.45	4.55	5.39	6.56	7.53	8.58	11.40
6	2.63	3.47	4.11	5.01	5.74	6.54	8.70
8	2.17	2.86	3.39	4.13	4.74	5.40	7.17
10	1.87	2.47	2.92	3.55	4.08	4.65	6.18
12	1.65	2.18	2.58	3.14	3.61	4.11	5.46
24	1.04	1.37	1.62	1.98	2.27	2.58	3.44

Fuente: Elaboración propia.

### E. Regresión lineal múltiple para la obtención matemática de curvas IDF.

De la tabla de intensidades mostrada en la actividad anterior, se le aplicó el método de regresiones múltiples a los valores de intensidad, duraciones y periodos de retorno.



Tabla IV. 71 Regresión Lineal múltiple – Estación Salpo.

REGRESIONES LINEALES - Aparicio								
periodo	Y	X1	X2	X1 <sup>2</sup>	X2 <sup>2</sup>	x1.x2	x1.y	x2.y
<b>2</b>	0.9408	0.3010	1.7782	0.0906	3.1618	0.5353	0.2832	1.6728
	0.7391	0.3010	2.0792	0.0906	4.3230	0.6259	0.2225	1.5368
	0.5374	0.3010	2.3802	0.0906	5.6654	0.7165	0.1618	1.2791
	0.4200	0.3010	2.5563	0.0906	6.5347	0.7695	0.1264	1.0735
	0.3362	0.3010	2.6812	0.0906	7.1891	0.8071	0.1012	0.9015
	0.2712	0.3010	2.7782	0.0906	7.7181	0.8363	0.0816	0.7534
	0.2179	0.3010	2.8573	0.0906	8.1643	0.8601	0.0656	0.6226
	0.0165	0.3010	3.1584	0.0906	9.9753	0.9508	0.0050	0.0521
<b>5</b>	1.0616	0.6990	1.7782	0.4886	3.1618	1.2429	0.7420	1.8877
	0.8600	0.6990	2.0792	0.4886	4.3230	1.4533	0.6011	1.7880
	0.6582	0.6990	2.3802	0.4886	5.6654	1.6637	0.4601	1.5667
	0.5408	0.6990	2.5563	0.4886	6.5347	1.7868	0.3780	1.3824
	0.4571	0.6990	2.6812	0.4886	7.1891	1.8741	0.3195	1.2255
	0.3920	0.6990	2.7782	0.4886	7.7181	1.9418	0.2740	1.0891
	0.3387	0.6990	2.8573	0.4886	8.1643	1.9972	0.2368	0.9678
	0.1373	0.6990	3.1584	0.4886	9.9753	2.2076	0.0960	0.4337
<b>10</b>	1.1346	1.0000	1.7782	1.0000	3.1618	1.7782	1.1346	2.0175
	0.9330	1.0000	2.0792	1.0000	4.3230	2.0792	0.9330	1.9398
	0.7312	1.0000	2.3802	1.0000	5.6654	2.3802	0.7312	1.7405
	0.6138	1.0000	2.5563	1.0000	6.5347	2.5563	0.6138	1.5691
	0.5301	1.0000	2.6812	1.0000	7.1891	2.6812	0.5301	1.4213
	0.4650	1.0000	2.7782	1.0000	7.7181	2.7782	0.4650	1.2919
	0.4117	1.0000	2.8573	1.0000	8.1643	2.8573	0.4117	1.1765
	0.2103	1.0000	3.1584	1.0000	9.9753	3.1584	0.2103	0.6643
<b>25</b>	1.2203	1.3979	1.7782	1.9542	3.1618	2.4857	1.7059	2.1698
	1.0186	1.3979	2.0792	1.9542	4.3230	2.9066	1.4240	2.1179
	0.8169	1.3979	2.3802	1.9542	5.6654	3.3274	1.1419	1.9443
	0.6995	1.3979	2.5563	1.9542	6.5347	3.5736	0.9778	1.7880
	0.6157	1.3979	2.6812	1.9542	7.1891	3.7482	0.8607	1.6509
	0.5507	1.3979	2.7782	1.9542	7.7181	3.8837	0.7698	1.5299
	0.4974	1.3979	2.8573	1.9542	8.1643	3.9944	0.6953	1.4212
	0.2960	1.3979	3.1584	1.9542	9.9753	4.4152	0.4138	0.9348
<b>50</b>	1.2800	1.6990	1.7782	2.8865	3.1618	3.0210	2.1746	2.2760
	1.0783	1.6990	2.0792	2.8865	4.3230	3.5325	1.8321	2.2420
	0.8766	1.6990	2.3802	2.8865	5.6654	4.0439	1.4893	2.0864
	0.7592	1.6990	2.5563	2.8865	6.5347	4.3431	1.2898	1.9406
	0.6754	1.6990	2.6812	2.8865	7.1891	4.5553	1.1475	1.8110
	0.6104	1.6990	2.7782	2.8865	7.7181	4.7200	1.0370	1.6958

	0.5571	1.6990	2.8573	2.8865	8.1643	4.8545	0.9465	1.5918
	0.3557	1.6990	3.1584	2.8865	9.9753	5.3660	0.6043	1.1234
<b>100</b>	1.3367	2.0000	1.7782	4.0000	3.1618	3.5563	2.6734	2.3768
	1.1350	2.0000	2.0792	4.0000	4.3230	4.1584	2.2701	2.3599
	0.9333	2.0000	2.3802	4.0000	5.6654	4.7604	1.8666	2.2214
	0.8159	2.0000	2.5563	4.0000	6.5347	5.1126	1.6317	2.0856
	0.7321	2.0000	2.6812	4.0000	7.1891	5.3625	1.4643	1.9630
	0.6671	2.0000	2.7782	4.0000	7.7181	5.5563	1.3342	1.8533
	0.6138	2.0000	2.8573	4.0000	8.1643	5.7147	1.2276	1.7538
	0.4124	2.0000	3.1584	4.0000	9.9753	6.3167	0.8248	1.3025
<b>500</b>	1.4603	2.6990	1.7782	7.2844	3.1618	4.7992	3.9413	2.5967
	1.2587	2.6990	2.0792	7.2844	4.3230	5.6116	3.3971	2.6170
	1.0569	2.6990	2.3802	7.2844	5.6654	6.4241	2.8526	2.5157
	0.9395	2.6990	2.5563	7.2844	6.5347	6.8994	2.5357	2.4016
	0.8558	2.6990	2.6812	7.2844	7.1891	7.2366	2.3097	2.2945
	0.7907	2.6990	2.7782	7.2844	7.7181	7.4981	2.1341	2.1968
	0.7374	2.6990	2.8573	7.2844	8.1643	7.7119	1.9903	2.1071
	0.5360	2.6990	3.1584	7.2844	9.9753	8.5243	1.4467	1.6930
<b>Σ</b>	<b>39.1438</b>	<b>78.3670</b>	<b>141.8825</b>	<b>141.6348</b>	<b>369.1218</b>	<b>198.5520</b>	<b>61.5949</b>	<b>92.7162</b>
	<b>y</b>	<b>X1</b>	<b>X2</b>	<b>X1<sup>2</sup></b>	<b>X2<sup>2</sup></b>	<b>x1.x2</b>	<b>x1.y</b>	<b>x2.y</b>
<b>n</b>	<b>56</b>							

Fuente: Elaboración propia.

Dónde:

Y: logaritmo de precipitaciones (mm/hr), X1: logaritmo del periodo de retorno (años), X2: logaritmo de las duraciones (minutos).

Con estos resultados y elaborando el sistema de ecuaciones, definidos por las ecuaciones: 2.35, 2.36 y 2.37. Se obtuvo:

$$39.1437 = a_0 * 56 + a_1 * 78.367 + a_2 * 141.8825$$

$$61.5949 = a_0 * 78.367 + a_1 * 141.6348 + a_2 * 198.5520$$

$$92.7162 = a_0 * 141.8825 + a_1 * 198.5520 + a_2 * 369.1218$$

Despejando:

$$a_0 = 2.0971, a_1 = 0.21324, a_2 = -0.6696.$$

Se aplicó además la prueba de correlación múltiple, con el fin de obtener el porcentaje de correlación entre sus variables (“T”, “d” e “i”):

Tabla IV. 72 Prueba de correlación múltiple – Estación Salpo.

PRUEBA DE CORRELACIÓN	
$\hat{y}$	$(y - \hat{y})^2$
0.97065	0.00089
0.76908	0.00090
0.56750	0.00091
0.44958	0.00088
0.36592	0.00088
0.30103	0.00089
0.24801	0.00091
0.04643	0.00090
1.05551	0.00004
0.85393	0.00004
0.65236	0.00003
0.53444	0.00004
0.45078	0.00004
0.38589	0.00004
0.33287	0.00003
0.13129	0.00004
1.11970	0.00022
0.91813	0.00022
0.71655	0.00022
0.59863	0.00023
0.51497	0.00023
0.45008	0.00022
0.39706	0.00022
0.19548	0.00022
1.20456	0.00025
1.00298	0.00024
0.80141	0.00024
0.68349	0.00025
0.59983	0.00025
0.53494	0.00025
0.48191	0.00024
0.28034	0.00024
1.26875	0.00013
1.06718	0.00012

0.86560	0.00012
0.74768	0.00013
0.66402	0.00013
0.59913	0.00013
0.54611	0.00012
0.34453	0.00012
1.33294	0.00001
1.13137	0.00001
0.92979	0.00001
0.81188	0.00002
0.72821	0.00002
0.66332	0.00001
0.61030	0.00001
0.40872	0.00001
1.48199	0.00047
1.28042	0.00047
1.07884	0.00048
0.96092	0.00046
0.87726	0.00046
0.81237	0.00047
0.75935	0.00048
0.55777	0.00047
<b>Σ</b>	0.01607
<b>var y :</b>	0.10536

Fuente: Elaboración propia.

<b>S:</b>	0.0003033
<b>R:</b>	<b>99.86%</b>

Se concluye que hay una excelente correlación entre las variables.

Dónde:  $y'$  = valor estimado de  $y$  (calculado en base a la ecuación 2.34),  $R$  = coeficiente de correlación lineal múltiple expresado en porcentaje.

De los factores  $a_0$ ,  $a_1$  y  $a_2$  calculados, haciendo su equivalencia con los factores de la ecuación 2.33, se tiene:

<b>K</b>	125.0708312
<b>m</b>	0.213241084
<b>n</b>	0.669624588

Así la ecuación de las curvas I-D-F queda definida:

$$i = \frac{125.07083 T^{0.21324}}{(d)^{0.66962}}$$

Donde: i (mm/hr), T (años) y d (minutos).

Cuya tabla de intensidades es:

Tabla IV. 73 Intensidades obtenidas por ecuación IDF – Estación Salpo.

T ( años )	Tabla intensidades							
	Duración en minutos							
	60	120	240	360	480	600	720	1440
2	9.35	5.88	3.69	2.82	2.32	2.00	1.77	1.11
5	11.36	7.14	4.49	3.42	2.82	2.43	2.15	1.35
10	13.17	8.28	5.21	3.97	3.27	2.82	2.49	1.57
25	16.02	10.07	6.33	4.82	3.98	3.43	3.03	1.91
50	18.57	11.67	7.34	5.59	4.61	3.97	3.52	2.21
100	21.53	13.53	8.51	6.48	5.35	4.61	4.08	2.56
500	30.34	19.07	11.99	9.14	7.54	6.49	5.75	3.61

Fuente: Elaboración propia.

Expresado gráficamente, se tienen las curvas IDF:

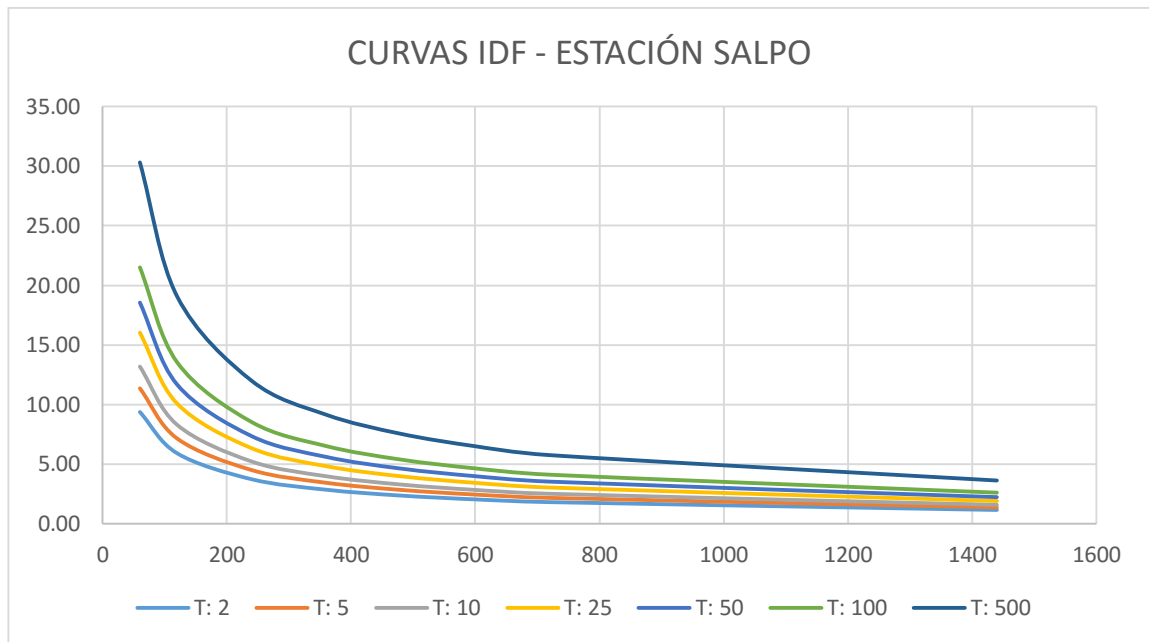


Gráfico 95: Resumen de curvas IDF para diferentes periodos de retorno obtenidas por regresión lineal múltiple – Estación Salpo.

**F. Obtención de los hietogramas de diseño utilizando las relaciones de curvas IDF, método de los bloques alternados.**

Para realizar este cálculo, además de tener definidas nuestras curvas I-D-F, se hace necesario también definir nuestra duración de lluvia y los intervalos de tiempo en que se dividirá esta duración:

Se definió una duración de lluvia de: 24 horas

Con intervalos de tiempo de: 1 hora.

### Hietograma de diseño, para un T: 500 años:

Tabla IV. 74 Valores de hietograma de diseño para un T: 500 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	30.34	30.34	30.34	30.34	1.25	1.25
2	19.07	38.15	7.81	7.81	1.33	1.33
3	14.54	43.61	5.47	5.47	1.42	1.42
4	11.99	47.96	4.35	4.35	1.53	1.53
5	10.33	51.63	3.67	3.67	1.67	1.67
6	9.14	54.84	3.21	3.21	1.85	1.85
7	8.24	57.70	2.87	2.87	2.08	2.08
8	7.54	60.30	2.60	2.60	2.39	2.39
9	6.97	62.70	2.39	2.39	2.87	2.87
10	6.49	64.92	2.22	2.22	3.67	3.67
11	6.09	67.00	2.08	2.08	5.47	5.47
12	5.75	68.95	1.95	1.95	30.34	30.34
13	5.45	70.80	1.85	1.85	7.81	7.81
14	5.18	72.55	1.75	1.75	4.35	4.35
15	4.95	74.22	1.67	1.67	3.21	3.21
16	4.74	75.82	1.60	1.60	2.60	2.60
17	4.55	77.36	1.53	1.53	2.22	2.22
18	4.38	78.83	1.47	1.47	1.95	1.95
19	4.22	80.25	1.42	1.42	1.75	1.75
20	4.08	81.62	1.37	1.37	1.60	1.60
21	3.95	82.95	1.33	1.33	1.47	1.47
22	3.83	84.24	1.28	1.28	1.37	1.37
23	3.72	85.48	1.25	1.25	1.28	1.28
24	3.61	86.69	1.21	1.21	1.21	1.21

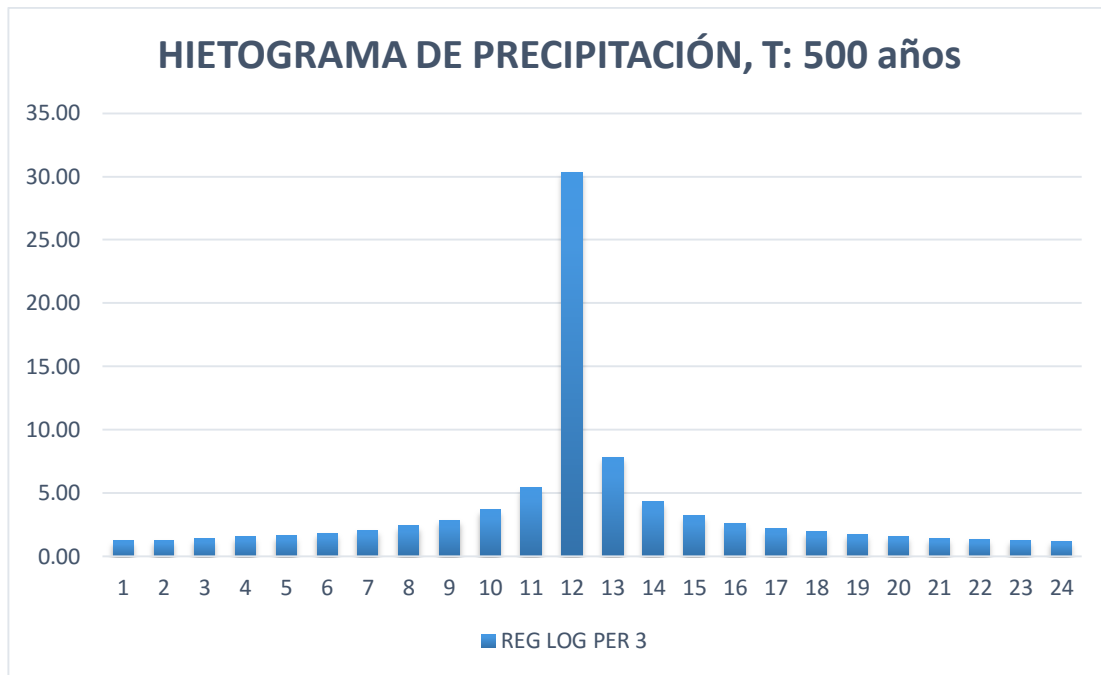


Gráfico 96: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Salpo.

### Hietograma de diseño, para un T: 100 años:

Tabla IV. 75 Valores de hietograma de diseño para un T: 100 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	21.53	21.53	21.53	21.53	0.88	0.88
2	13.53	27.06	5.54	5.54	0.94	0.94
3	10.31	30.94	3.88	3.88	1.01	1.01
4	8.51	34.03	3.09	3.09	1.09	1.09
5	7.33	36.63	2.60	2.60	1.19	1.19
6	6.48	38.91	2.27	2.27	1.31	1.31
7	5.85	40.94	2.03	2.03	1.47	1.47
8	5.35	42.79	1.85	1.85	1.70	1.70
9	4.94	44.48	1.70	1.70	2.03	2.03
10	4.61	46.06	1.58	1.58	2.60	2.60
11	4.32	47.53	1.47	1.47	3.88	3.88



<b>12</b>	4.08	48.92	1.39	1.39	21.53	21.53
<b>13</b>	3.86	50.23	1.31	1.31	5.54	5.54
<b>14</b>	3.68	51.48	1.24	1.24	3.09	3.09
<b>15</b>	3.51	52.66	1.19	1.19	2.27	2.27
<b>16</b>	3.36	53.80	1.13	1.13	1.85	1.85
<b>17</b>	3.23	54.89	1.09	1.09	1.58	1.58
<b>18</b>	3.11	55.93	1.05	1.05	1.39	1.39
<b>19</b>	3.00	56.94	1.01	1.01	1.24	1.24
<b>20</b>	2.90	57.91	0.97	0.97	1.13	1.13
<b>21</b>	2.80	58.85	0.94	0.94	1.05	1.05
<b>22</b>	2.72	59.77	0.91	0.91	0.97	0.97
<b>23</b>	2.64	60.65	0.88	0.88	0.91	0.91
<b>24</b>	2.56	61.51	0.86	0.86	0.86	0.86

Fuente: Elaboración propia.

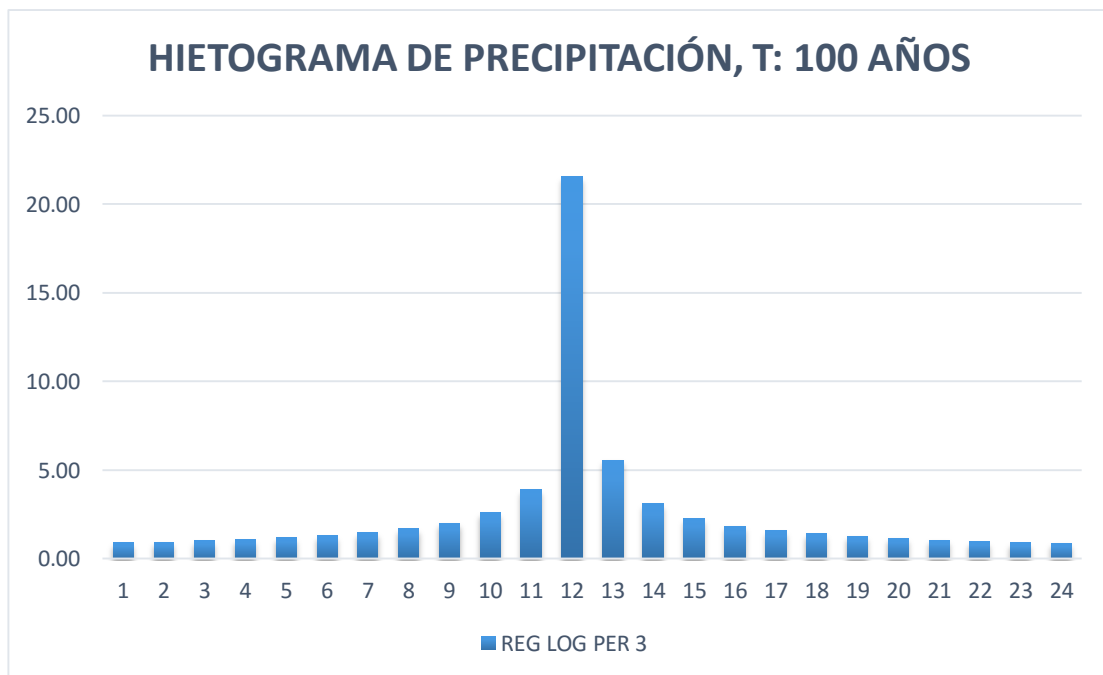


Gráfico 97: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Salpo.

### Hietograma de diseño, para un T: 50 años:

Tabla IV. 76 Valores de hietograma de diseño para un T: 50 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	18.57	18.57	18.57	18.57	0.76	0.76
2	11.67	23.35	4.78	4.78	0.81	0.81
3	8.90	26.69	3.35	3.35	0.87	0.87
4	7.34	29.35	2.66	2.66	0.94	0.94
5	6.32	31.60	2.25	2.25	1.02	1.02
6	5.59	33.56	1.96	1.96	1.13	1.13
7	5.04	35.31	1.75	1.75	1.27	1.27
8	4.61	36.91	1.59	1.59	1.46	1.46
9	4.26	38.37	1.46	1.46	1.75	1.75
10	3.97	39.73	1.36	1.36	2.25	2.25
11	3.73	41.00	1.27	1.27	3.35	3.35
12	3.52	42.20	1.20	1.20	18.57	18.57
13	3.33	43.33	1.13	1.13	4.78	4.78
14	3.17	44.40	1.07	1.07	2.66	2.66
15	3.03	45.43	1.02	1.02	1.96	1.96
16	2.90	46.40	0.98	0.98	1.59	1.59
17	2.78	47.34	0.94	0.94	1.36	1.36
18	2.68	48.25	0.90	0.90	1.20	1.20
19	2.59	49.12	0.87	0.87	1.07	1.07
20	2.50	49.96	0.84	0.84	0.98	0.98
21	2.42	50.77	0.81	0.81	0.90	0.90
22	2.34	51.55	0.79	0.79	0.84	0.84
23	2.27	52.32	0.76	0.76	0.79	0.79
24	2.21	53.06	0.74	0.74	0.74	0.74

Fuente: Elaboración propia.

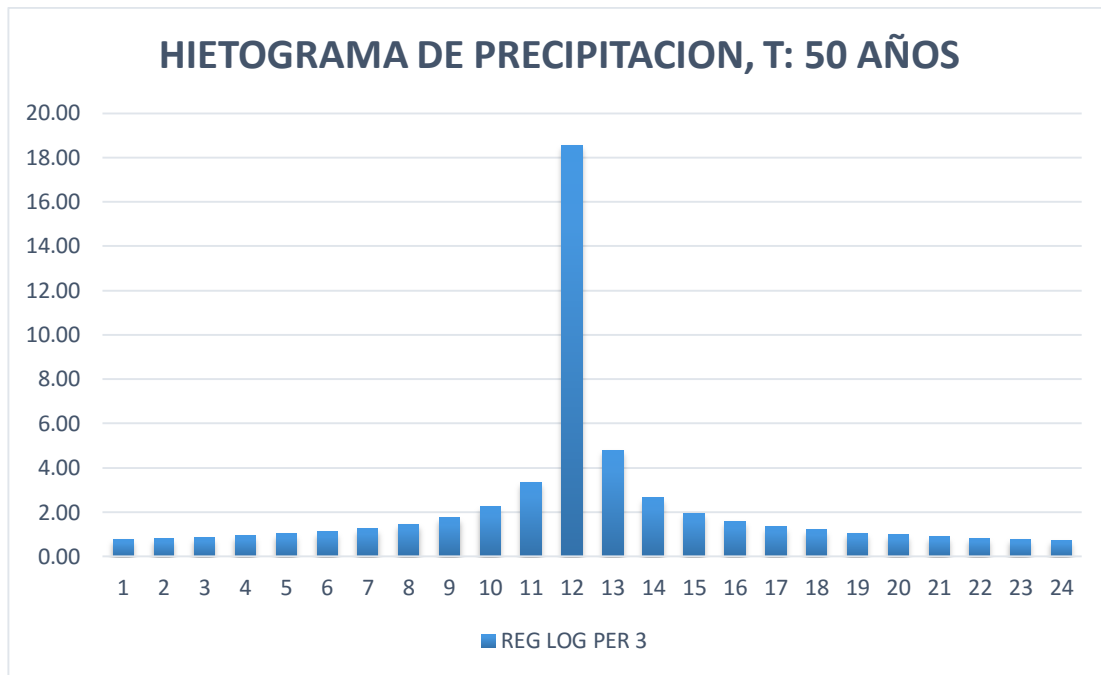


Gráfico 98: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Salpo.

### Hietograma de diseño, para un T: 25 años:

Tabla IV. 77 Valores de hietograma de diseño para un T: 25 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	16.02	16.02	16.02	16.02	0.66	0.66
2	10.07	20.14	4.12	4.12	0.70	0.70
3	7.67	23.02	2.89	2.89	0.75	0.75
4	6.33	25.32	2.30	2.30	0.81	0.81
5	5.45	27.26	1.94	1.94	0.88	0.88
6	4.82	28.95	1.69	1.69	0.98	0.98
7	4.35	30.46	1.51	1.51	1.10	1.10
8	3.98	31.84	1.37	1.37	1.26	1.26
9	3.68	33.10	1.26	1.26	1.51	1.51
10	3.43	34.27	1.17	1.17	1.94	1.94
11	3.22	35.37	1.10	1.10	2.89	2.89

<b>12</b>	3.03	36.40	1.03	1.03	16.02	16.02
<b>13</b>	2.87	37.37	0.98	0.98	4.12	4.12
<b>14</b>	2.74	38.30	0.93	0.93	2.30	2.30
<b>15</b>	2.61	39.18	0.88	0.88	1.69	1.69
<b>16</b>	2.50	40.03	0.84	0.84	1.37	1.37
<b>17</b>	2.40	40.84	0.81	0.81	1.17	1.17
<b>18</b>	2.31	41.62	0.78	0.78	1.03	1.03
<b>19</b>	2.23	42.37	0.75	0.75	0.93	0.93
<b>20</b>	2.15	43.09	0.72	0.72	0.84	0.84
<b>21</b>	2.09	43.79	0.70	0.70	0.78	0.78
<b>22</b>	2.02	44.47	0.68	0.68	0.72	0.72
<b>23</b>	1.96	45.13	0.66	0.66	0.68	0.68
<b>24</b>	1.91	45.77	0.64	0.64	0.64	0.64

Fuente: Elaboración propia.

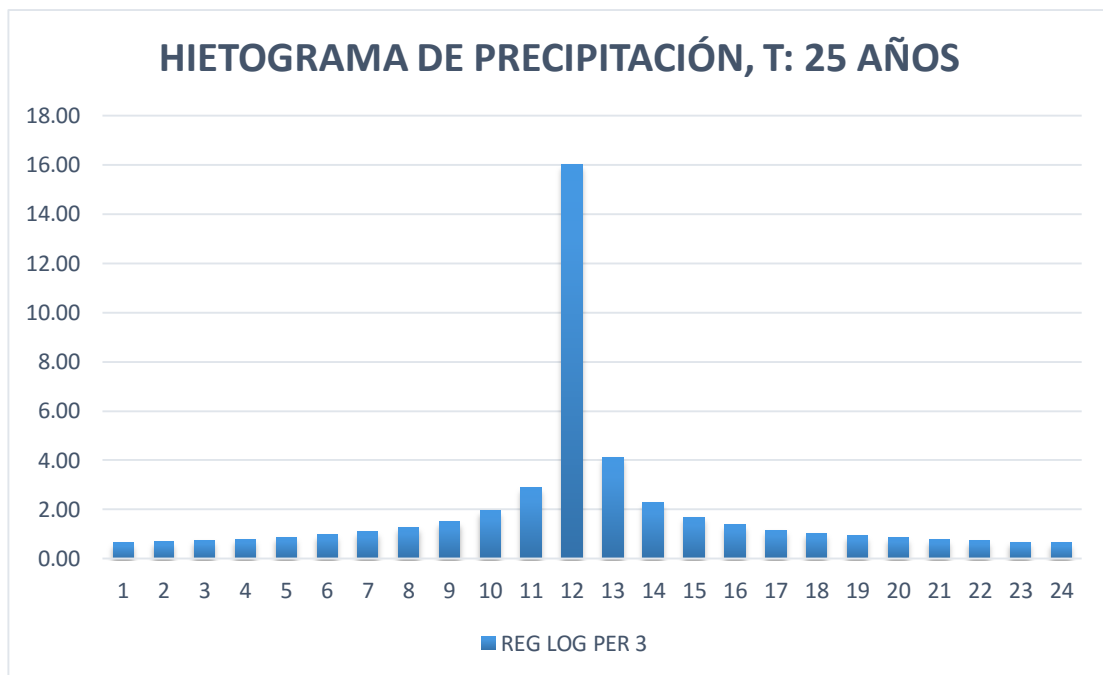


Gráfico 99: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Salpo.

### Hietograma de diseño, para un T: 10 años:

Tabla IV. 78 Valores de hietograma de diseño para un T: 10 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	13.17	13.17	13.17	13.17	0.54	0.54
2	8.28	16.56	3.39	3.39	0.58	0.58
3	6.31	18.94	2.37	2.37	0.62	0.62
4	5.21	20.83	1.89	1.89	0.67	0.67
5	4.48	22.42	1.59	1.59	0.73	0.73
6	3.97	23.81	1.39	1.39	0.80	0.80
7	3.58	25.06	1.24	1.24	0.90	0.90
8	3.27	26.19	1.13	1.13	1.04	1.04
9	3.02	27.22	1.04	1.04	1.24	1.24
10	2.82	28.19	0.96	0.96	1.59	1.59
11	2.64	29.09	0.90	0.90	2.37	2.37
12	2.49	29.94	0.85	0.85	13.17	13.17
13	2.36	30.74	0.80	0.80	3.39	3.39
14	2.25	31.50	0.76	0.76	1.89	1.89
15	2.15	32.23	0.73	0.73	1.39	1.39
16	2.06	32.92	0.69	0.69	1.13	1.13
17	1.98	33.59	0.67	0.67	0.96	0.96
18	1.90	34.23	0.64	0.64	0.85	0.85
19	1.83	34.85	0.62	0.62	0.76	0.76
20	1.77	35.44	0.60	0.60	0.69	0.69
21	1.72	36.02	0.58	0.58	0.64	0.64
22	1.66	36.58	0.56	0.56	0.60	0.60
23	1.61	37.12	0.54	0.54	0.56	0.56
24	1.57	37.64	0.53	0.53	0.53	0.53

Fuente: Elaboración propia.

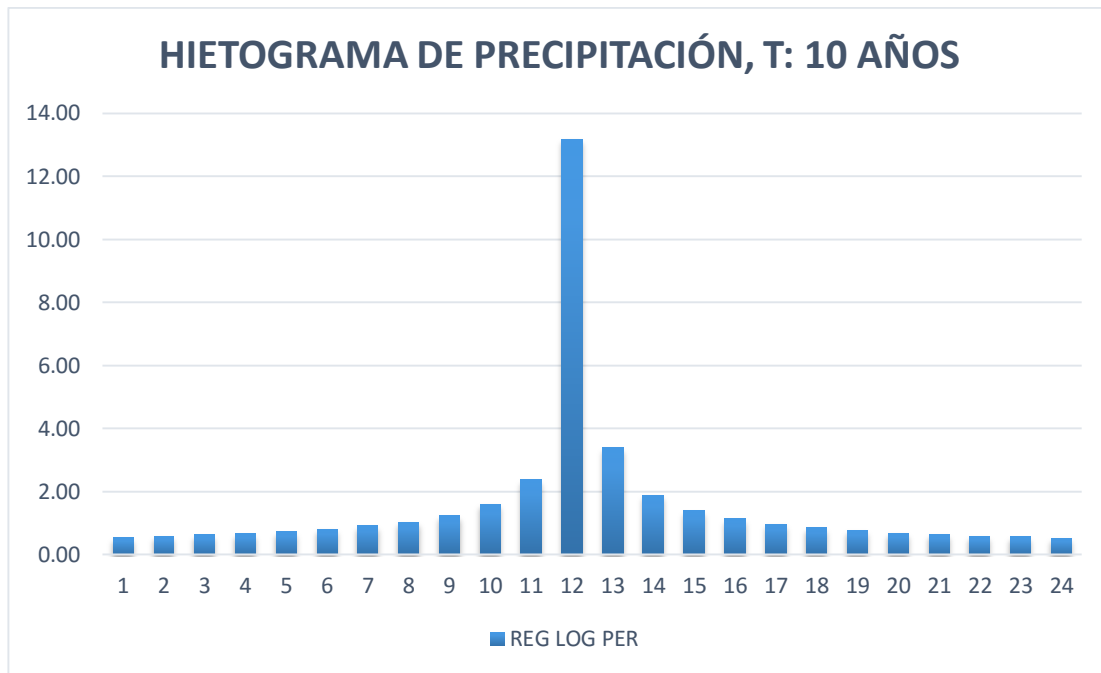


Gráfico 100: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Salpo.

#### Hietograma de diseño, para un T: 5 años:

Tabla IV. 79 Valores de hietograma de diseño para un T: 5 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	11.36	11.36	11.36	11.36	0.47	0.47
2	7.14	14.29	2.92	2.92	0.50	0.50
3	5.45	16.34	2.05	2.05	0.53	0.53
4	4.49	17.96	1.63	1.63	0.57	0.57
5	3.87	19.34	1.37	1.37	0.63	0.63
6	3.42	20.54	1.20	1.20	0.69	0.69
7	3.09	21.61	1.07	1.07	0.78	0.78
8	2.82	22.59	0.97	0.97	0.90	0.90
9	2.61	23.48	0.90	0.90	1.07	1.07
10	2.43	24.32	0.83	0.83	1.37	1.37
11	2.28	25.09	0.78	0.78	2.05	2.05

<b>12</b>	2.15	25.83	0.73	0.73	11.36	11.36
<b>13</b>	2.04	26.52	0.69	0.69	2.92	2.92
<b>14</b>	1.94	27.17	0.66	0.66	1.63	1.63
<b>15</b>	1.85	27.80	0.63	0.63	1.20	1.20
<b>16</b>	1.78	28.40	0.60	0.60	0.97	0.97
<b>17</b>	1.70	28.97	0.57	0.57	0.83	0.83
<b>18</b>	1.64	29.53	0.55	0.55	0.73	0.73
<b>19</b>	1.58	30.06	0.53	0.53	0.66	0.66
<b>20</b>	1.53	30.57	0.51	0.51	0.60	0.60
<b>21</b>	1.48	31.07	0.50	0.50	0.55	0.55
<b>22</b>	1.43	31.55	0.48	0.48	0.51	0.51
<b>23</b>	1.39	32.02	0.47	0.47	0.48	0.48
<b>24</b>	1.35	32.47	0.45	0.45	0.45	0.45

Fuente: Elaboración propia.

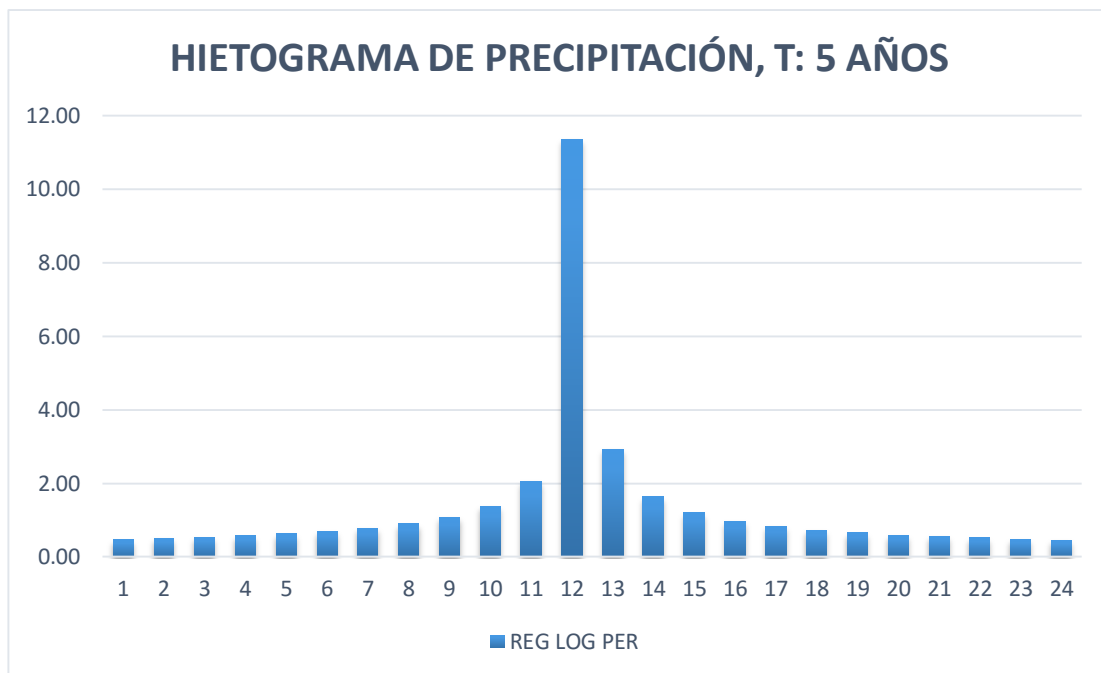


Gráfico 101: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Salpo.

### Hietograma de diseño, para un T: 2 años:

Tabla IV. 80 Valores de hietograma de diseño para un T: 2 años – Estación Salpo.

t (horas)	i (mm/hr)	Precipit. Acumulada	Incremento de lluvia	Int. parcial - bloque	Precipitación alternada (mm)	Intensidad parcial alternada (mm/hr)
		p (mm)	Pi- Pi-1 (mm)	mm/hr.		
1	9.35	9.35	9.35	9.35	0.38	0.38
2	5.88	11.75	2.41	2.41	0.41	0.41
3	4.48	13.44	1.68	1.68	0.44	0.44
4	3.69	14.78	1.34	1.34	0.47	0.47
5	3.18	15.91	1.13	1.13	0.52	0.52
6	2.82	16.89	0.99	0.99	0.57	0.57
7	2.54	17.78	0.88	0.88	0.64	0.64
8	2.32	18.58	0.80	0.80	0.74	0.74
9	2.15	19.32	0.74	0.74	0.88	0.88
10	2.00	20.00	0.68	0.68	1.13	1.13
11	1.88	20.64	0.64	0.64	1.68	1.68
12	1.77	21.24	0.60	0.60	9.35	9.35
13	1.68	21.81	0.57	0.57	2.41	2.41
14	1.60	22.35	0.54	0.54	1.34	1.34
15	1.52	22.87	0.52	0.52	0.99	0.99
16	1.46	23.36	0.49	0.49	0.80	0.80
17	1.40	23.83	0.47	0.47	0.68	0.68
18	1.35	24.29	0.45	0.45	0.60	0.60
19	1.30	24.72	0.44	0.44	0.54	0.54
20	1.26	25.15	0.42	0.42	0.49	0.49
21	1.22	25.56	0.41	0.41	0.45	0.45
22	1.18	25.95	0.40	0.40	0.42	0.42
23	1.15	26.34	0.38	0.38	0.40	0.40
24	1.11	26.71	0.37	0.37	0.37	0.37

Fuente: Elaboración propia.



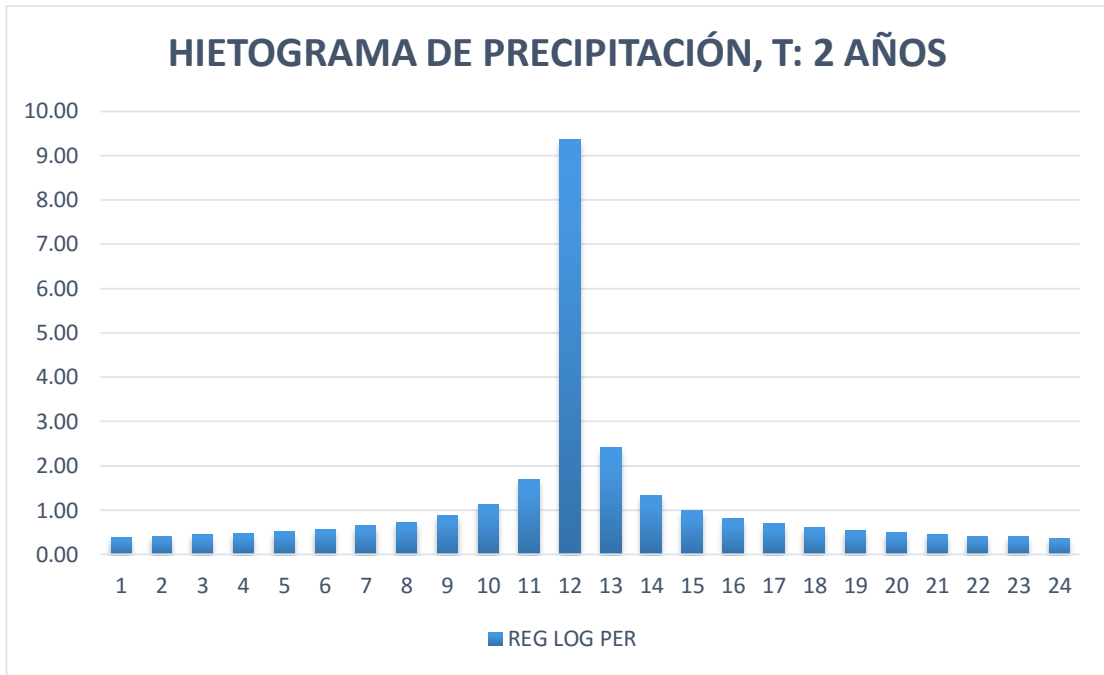


Gráfico 102: Hietograma de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Salpo.

## 12. RESULTADOS OBTENIDOS

### CONTRASTACIÓN DE HIETOGRAMAS DE DISEÑO

#### Estación Quiruvilca

Para T: 500 años.

Tabla 11 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 500 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	1.17	1.24	95%	0.07
2	1.25	1.32	95%	0.07
3	1.34	1.42	95%	0.08
4	1.44	1.53	95%	0.08
5	1.57	1.67	94%	0.09
6	1.74	1.84	94%	0.10
7	1.95	2.07	94%	0.11
8	2.25	2.38	94%	0.13
9	2.70	2.85	94%	0.16
10	3.45	3.66	94%	0.20
11	5.15	5.45	94%	0.30
12	28.55	30.28	94%	1.73
13	7.35	7.78	94%	0.43
14	4.09	4.33	94%	0.24
15	3.02	3.19	94%	0.18
16	2.45	2.59	94%	0.14
17	2.09	2.21	94%	0.12
18	1.84	1.95	94%	0.11
19	1.65	1.75	94%	0.10
20	1.51	1.59	95%	0.09
21	1.39	1.47	95%	0.08
22	1.29	1.37	95%	0.07
23	1.21	1.28	95%	0.07
24	1.14	1.21	95%	0.07

Fuente: Elaboración propia.

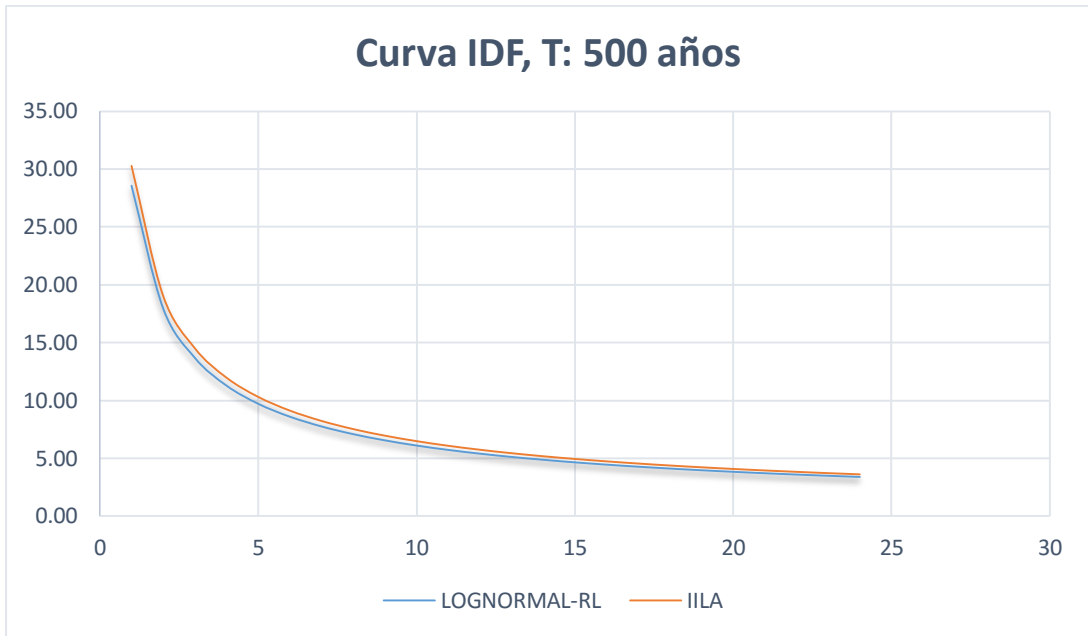


Gráfico 103: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 500 años – estación Quiruvilca.

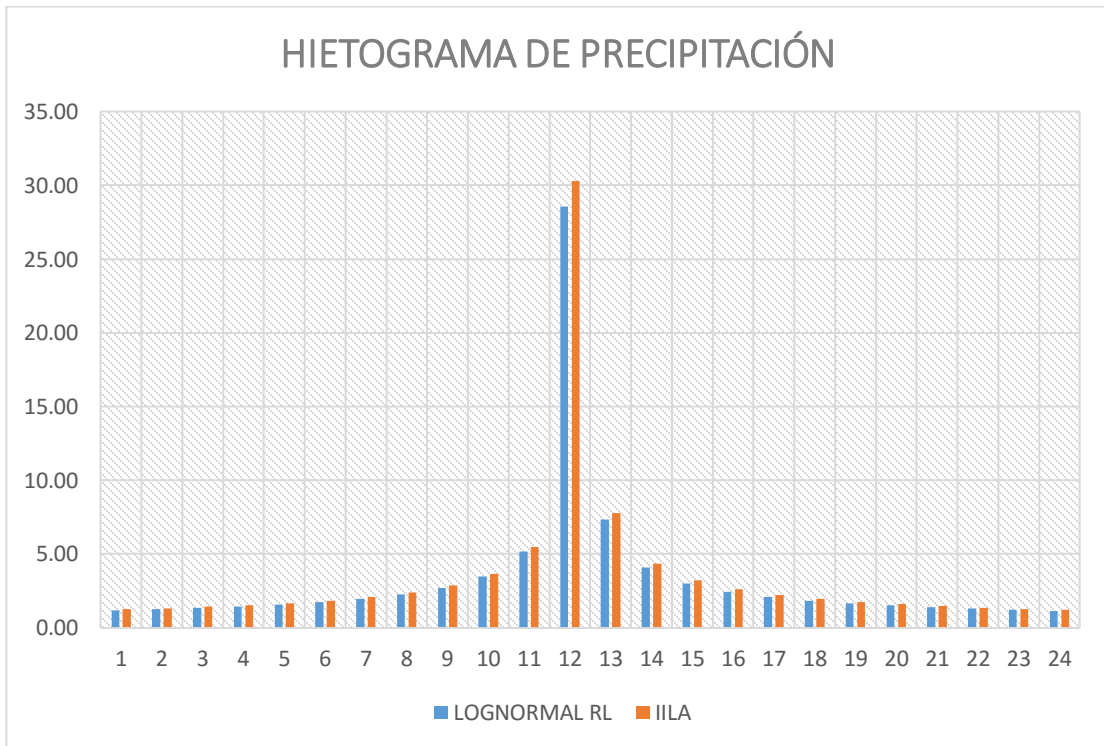


Gráfico 104: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Quiruvilca.

**Para T: 100 años.**

Tabla 12 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 100 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.90	1.03	87%	0.14
2	0.95	1.10	87%	0.14
3	1.02	1.18	87%	0.16
4	1.10	1.27	87%	0.17
5	1.20	1.39	87%	0.18
6	1.33	1.53	87%	0.20
7	1.49	1.72	87%	0.23
8	1.72	1.98	87%	0.26
9	2.06	2.37	87%	0.31
10	2.64	3.04	87%	0.40
11	3.93	4.53	87%	0.60
12	21.80	25.18	87%	3.38
13	5.61	6.47	87%	0.86
14	3.13	3.60	87%	0.48
15	2.30	2.66	87%	0.35
16	1.87	2.16	87%	0.29
17	1.60	1.84	87%	0.24
18	1.40	1.62	87%	0.21
19	1.26	1.45	87%	0.19
20	1.15	1.32	87%	0.17
21	1.06	1.22	87%	0.16
22	0.99	1.14	87%	0.15
23	0.92	1.06	87%	0.14
24	0.87	1.00	87%	0.13

Fuente: Elaboración propia.

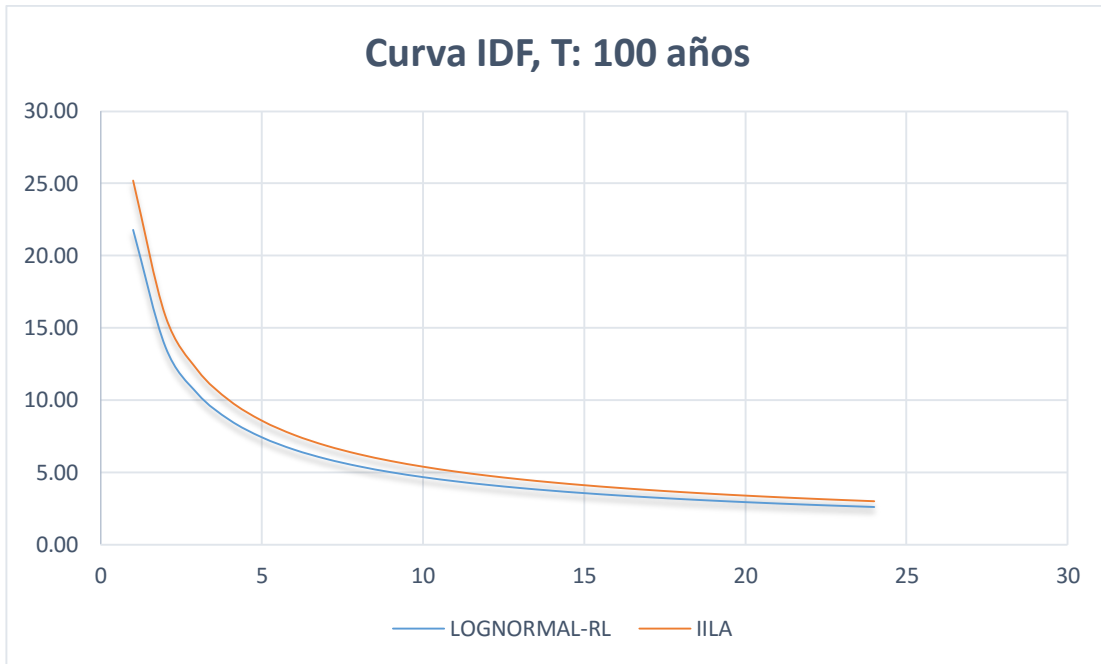


Gráfico 105: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 100 años – estación Quiruvilca.

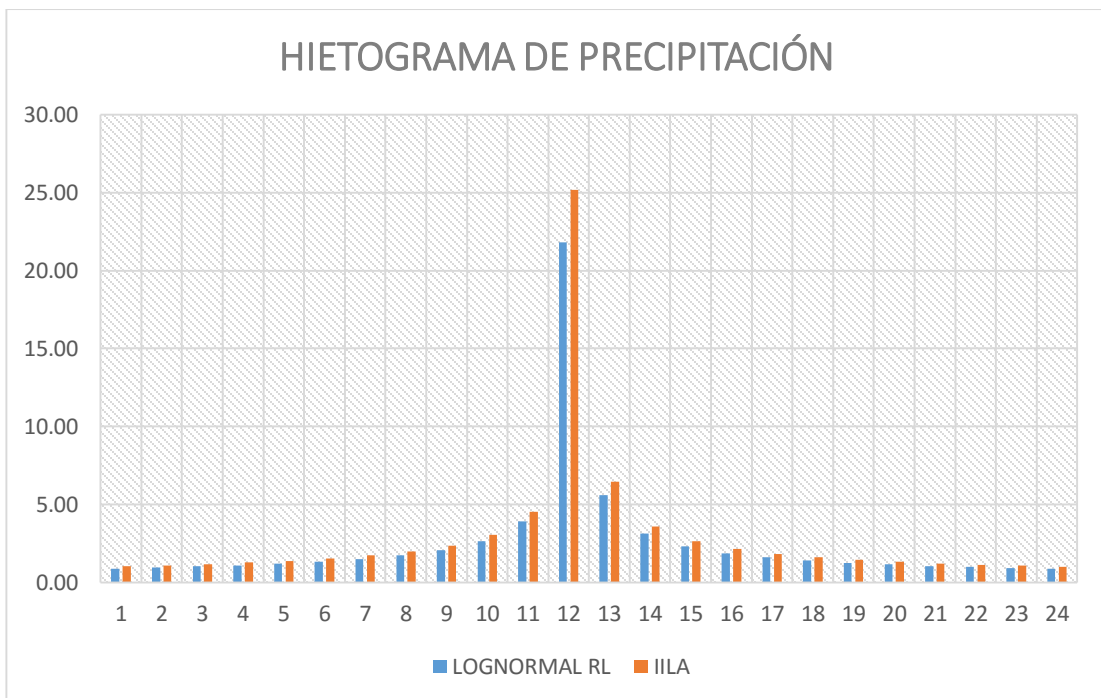


Gráfico 106: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Quiruvilca.

**Para T: 50 años.**

Tabla 13 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 50 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.80	0.94	85%	0.14
2	0.85	1.00	85%	0.15
3	0.91	1.07	85%	0.16
4	0.98	1.16	85%	0.18
5	1.07	1.26	85%	0.19
6	1.18	1.40	85%	0.21
7	1.33	1.57	85%	0.24
8	1.53	1.81	85%	0.28
9	1.83	2.17	85%	0.33
10	2.35	2.77	85%	0.43
11	3.50	4.14	85%	0.64
12	19.41	22.98	84%	3.57
13	5.00	5.91	85%	0.91
14	2.78	3.29	85%	0.51
15	2.05	2.42	85%	0.37
16	1.67	1.97	85%	0.30
17	1.42	1.68	85%	0.26
18	1.25	1.48	85%	0.23
19	1.12	1.33	85%	0.20
20	1.02	1.21	85%	0.19
21	0.94	1.11	85%	0.17
22	0.88	1.04	85%	0.16
23	0.82	0.97	85%	0.15
24	0.77	0.91	85%	0.14

Fuente: Elaboración propia.

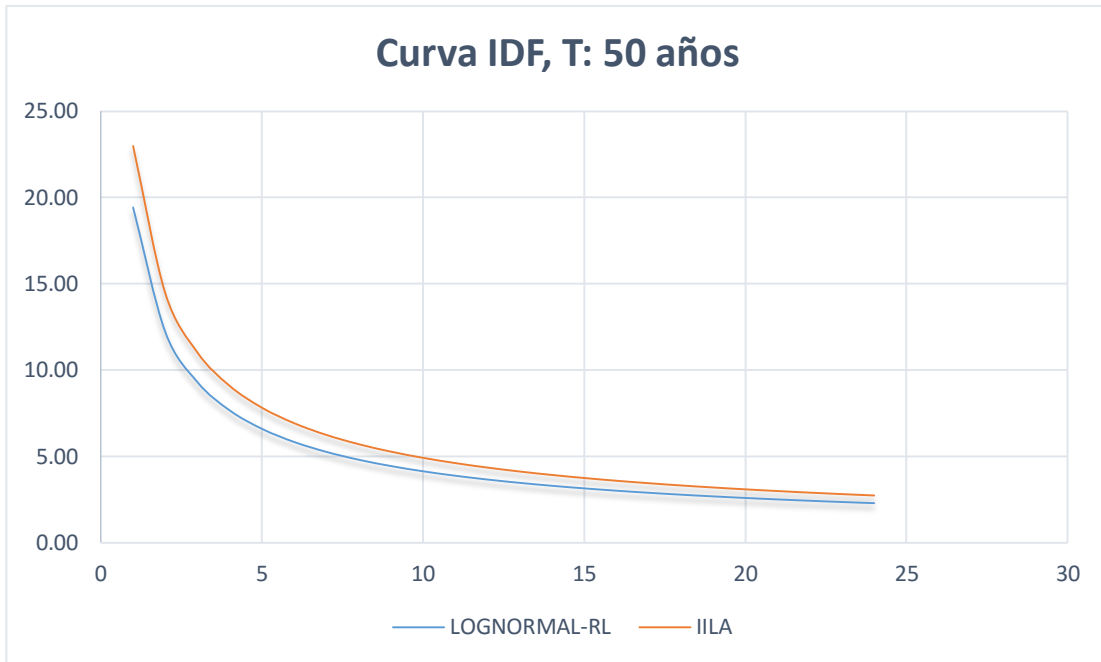


Gráfico 107: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 50 años – estación Quiruvilca

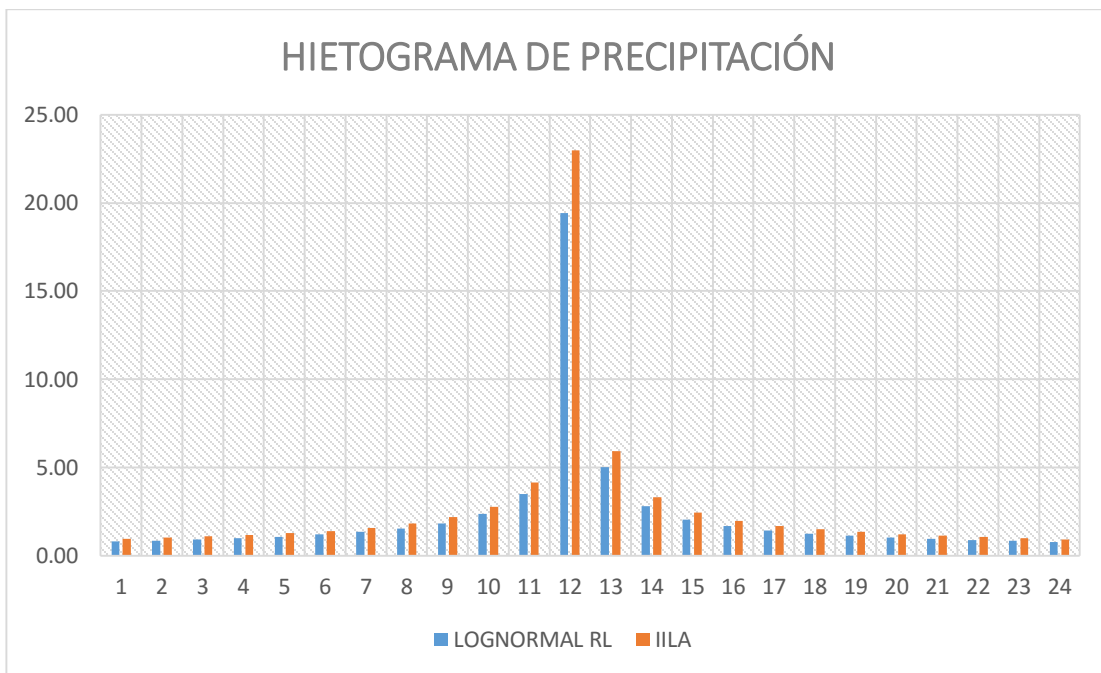


Gráfico 108: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Quiruvilca.

**Para T: 25 años.**

Tabla 14 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 25 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.71	0.85	83%	0.14
2	0.76	0.91	83%	0.15
3	0.81	0.97	83%	0.16
4	0.87	1.05	83%	0.17
5	0.95	1.14	83%	0.19
6	1.05	1.26	83%	0.21
7	1.18	1.42	83%	0.24
8	1.36	1.64	83%	0.27
9	1.63	1.96	83%	0.33
10	2.09	2.51	83%	0.42
11	3.11	3.74	83%	0.62
12	17.28	20.78	83%	3.50
13	4.45	5.34	83%	0.89
14	2.48	2.97	83%	0.50
15	1.83	2.19	83%	0.37
16	1.48	1.78	83%	0.30
17	1.27	1.52	83%	0.25
18	1.11	1.34	83%	0.22
19	1.00	1.20	83%	0.20
20	0.91	1.09	83%	0.18
21	0.84	1.01	83%	0.17
22	0.78	0.94	83%	0.16
23	0.73	0.88	83%	0.15
24	0.69	0.83	83%	0.14

Fuente: Elaboración propia.



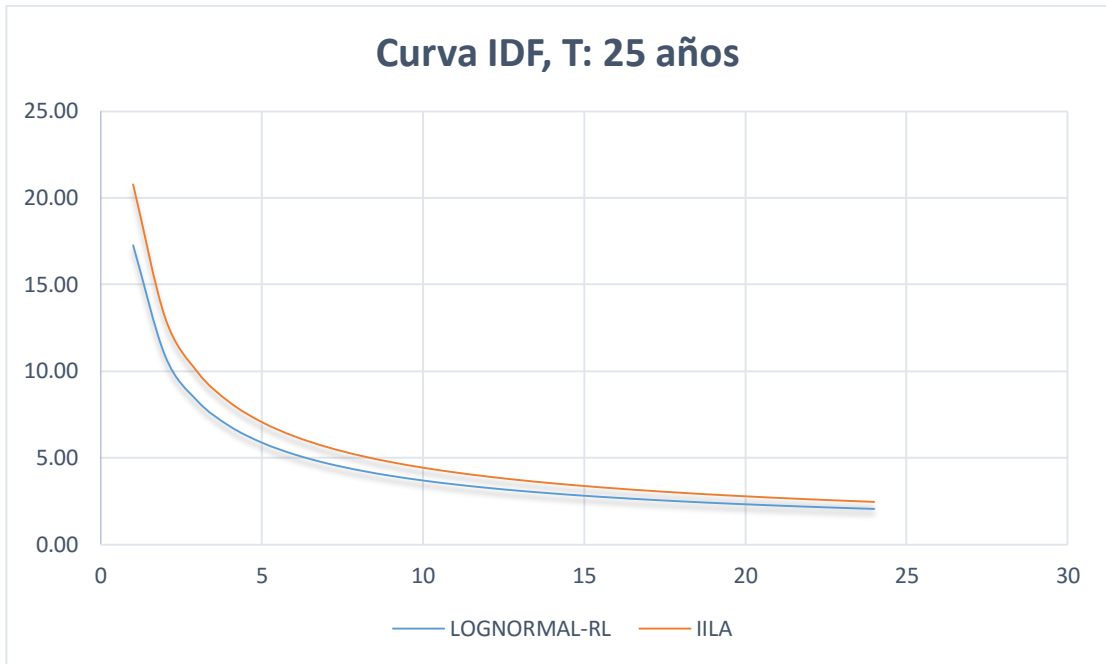


Gráfico 109: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 25 años – estación Quiruvilca.

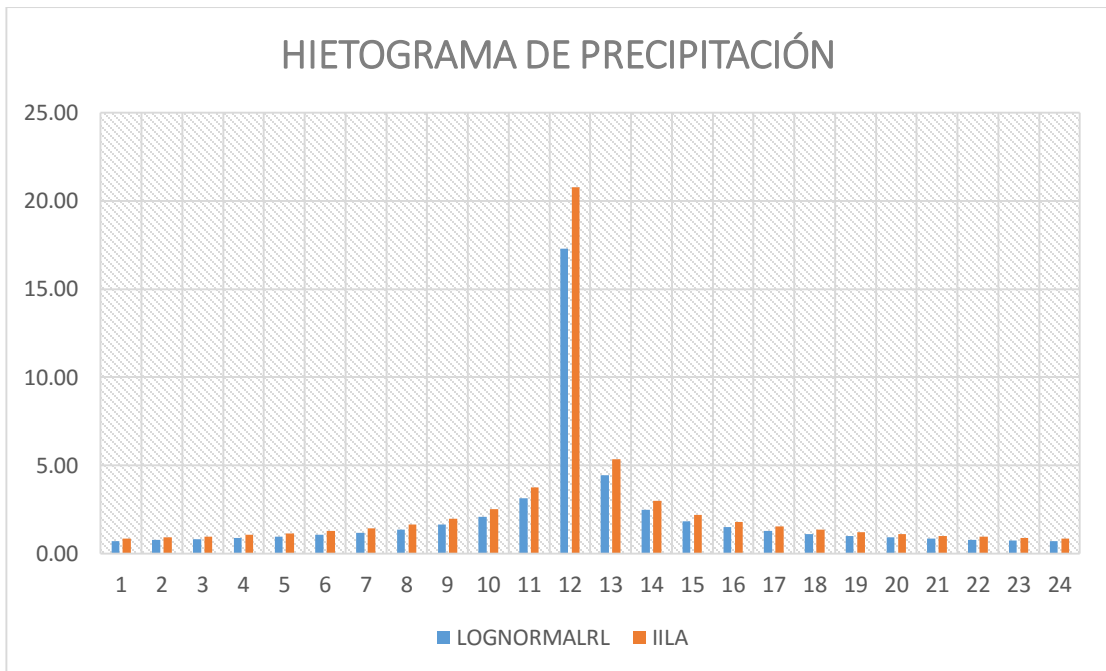


Gráfico 110: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Quiruvilca.

**Para T: 10 años.**

Tabla 15 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 10 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.61	0.73	83%	0.12
2	0.65	0.78	83%	0.13
3	0.69	0.84	83%	0.14
4	0.75	0.90	83%	0.15
5	0.82	0.98	83%	0.17
6	0.90	1.09	83%	0.18
7	1.01	1.22	83%	0.21
8	1.17	1.41	83%	0.24
9	1.40	1.68	83%	0.29
10	1.79	2.16	83%	0.37
11	2.67	3.22	83%	0.55
12	14.82	17.87	83%	3.05
13	3.81	4.59	83%	0.78
14	2.12	2.56	83%	0.43
15	1.57	1.89	83%	0.32
16	1.27	1.53	83%	0.26
17	1.09	1.31	83%	0.22
18	0.95	1.15	83%	0.19
19	0.86	1.03	83%	0.17
20	0.78	0.94	83%	0.16
21	0.72	0.87	83%	0.15
22	0.67	0.81	83%	0.14
23	0.63	0.76	83%	0.13
24	0.59	0.71	83%	0.12

Fuente: Elaboración propia.

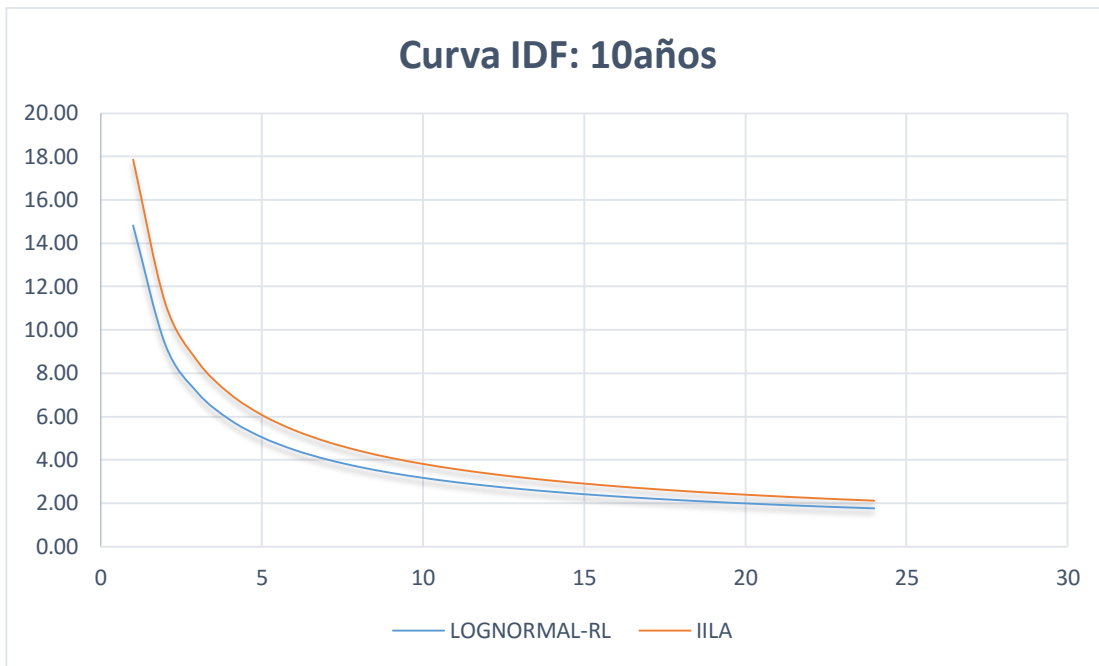


Gráfico 111: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 10 años – estación Quiruvilca.

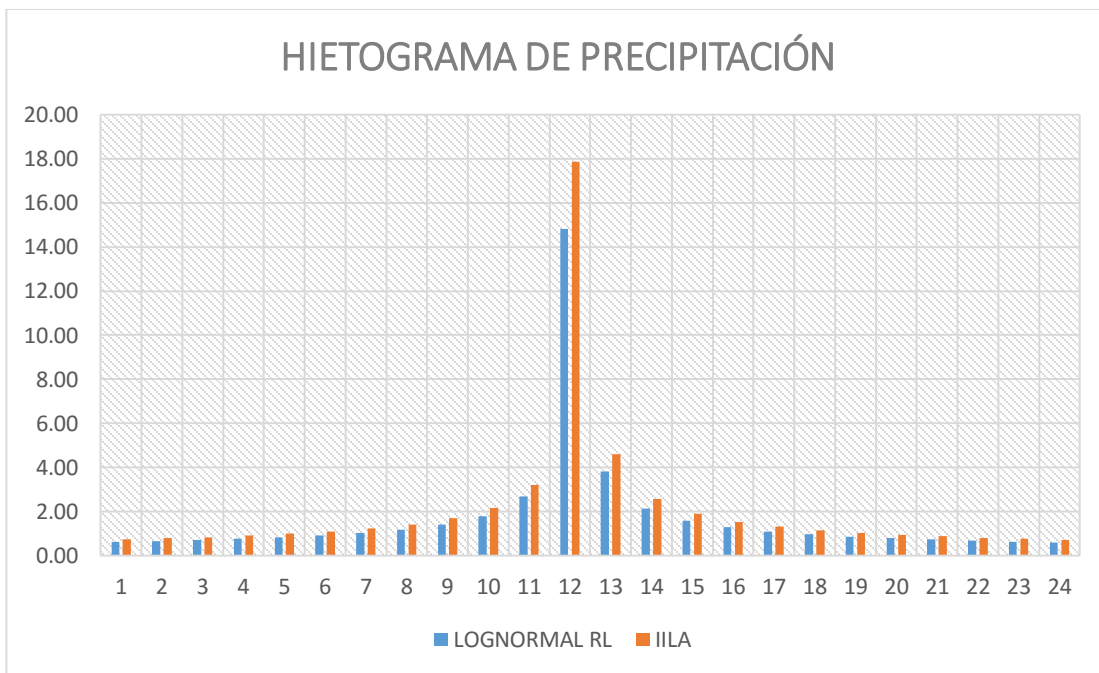


Gráfico 112: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Quiruvilca.

**Para T: 5 años.**

Tabla 16 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 5 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.54	0.64	84%	0.10
2	0.58	0.68	84%	0.11
3	0.62	0.73	84%	0.11
4	0.67	0.79	84%	0.12
5	0.73	0.86	84%	0.13
6	0.80	0.95	84%	0.15
7	0.90	1.07	84%	0.17
8	1.04	1.23	84%	0.19
9	1.25	1.48	84%	0.23
10	1.60	1.89	84%	0.30
11	2.38	2.82	84%	0.44
12	13.20	15.68	84%	2.48
13	3.40	4.03	84%	0.63
14	1.89	2.24	84%	0.35
15	1.39	1.65	84%	0.26
16	1.13	1.34	84%	0.21
17	0.97	1.15	84%	0.18
18	0.85	1.01	84%	0.16
19	0.76	0.90	84%	0.14
20	0.70	0.82	84%	0.13
21	0.64	0.76	84%	0.12
22	0.60	0.71	84%	0.11
23	0.56	0.66	84%	0.10
24	0.53	0.62	84%	0.10

Fuente: Elaboración propia.

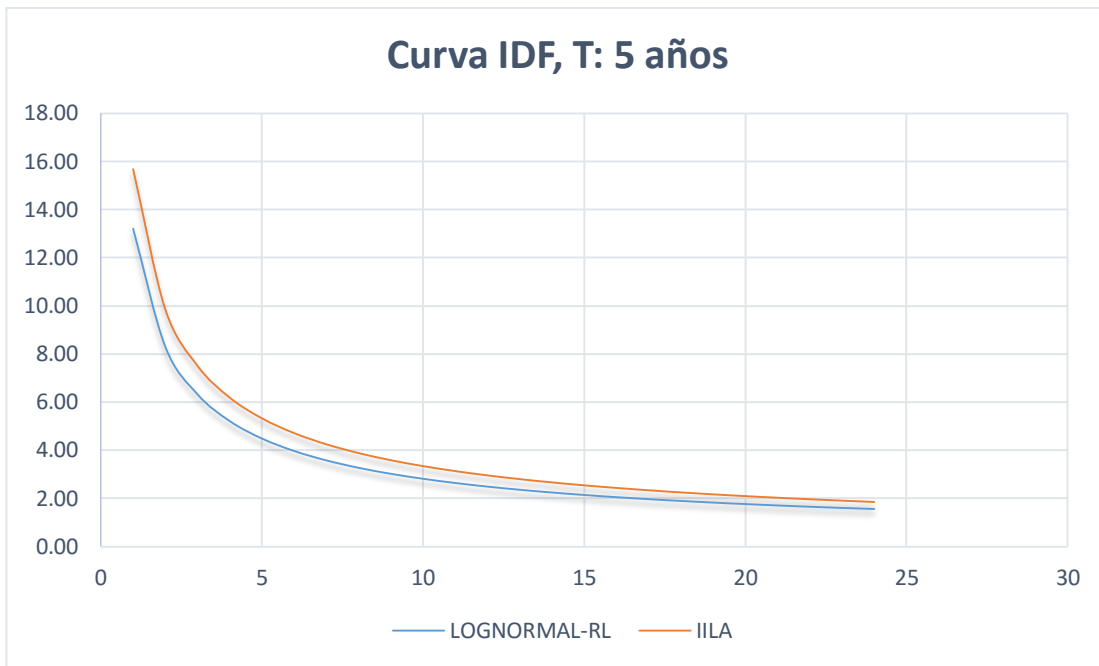


Gráfico 113: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 5 años – estación Quiruvilca.

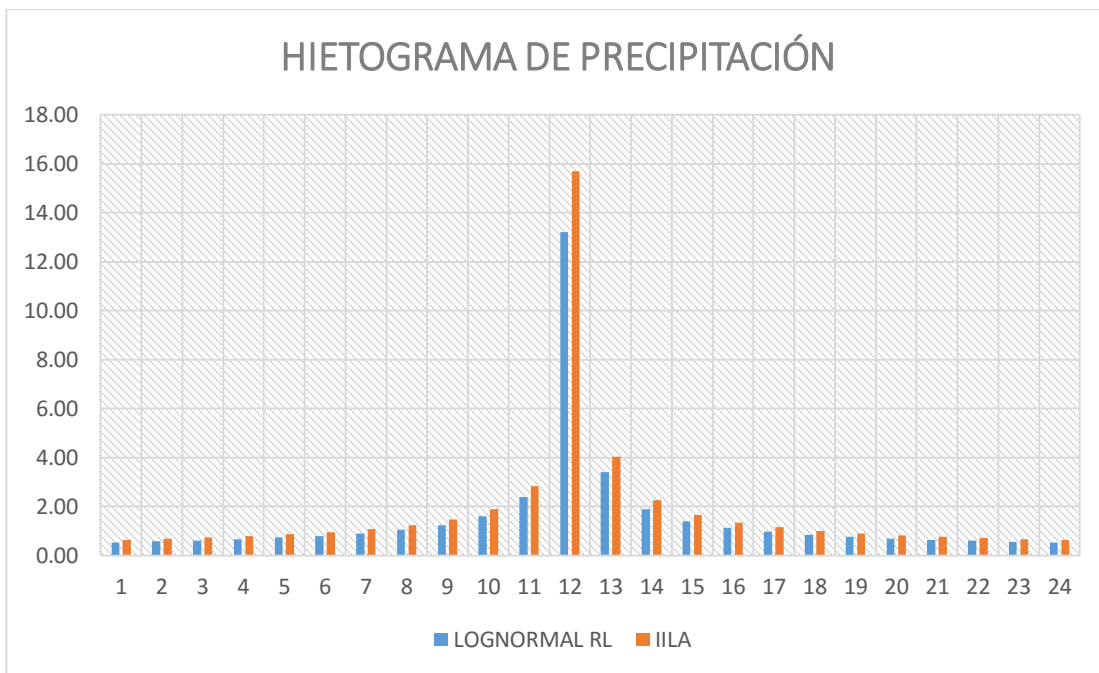


Gráfico 114: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Quiruvilca.

**Para T: 2 años.**

Tabla 17 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 2 años – Estación Quiruvilca.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.46	0.52	89%	0.06
2	0.49	0.56	89%	0.06
3	0.53	0.60	89%	0.07
4	0.57	0.64	89%	0.07
5	0.62	0.70	89%	0.08
6	0.69	0.78	89%	0.09
7	0.77	0.87	89%	0.10
8	0.89	1.01	89%	0.11
9	1.07	1.20	89%	0.13
10	1.37	1.54	89%	0.17
11	2.04	2.30	89%	0.26
12	11.32	12.77	89%	1.45
13	2.91	3.28	89%	0.37
14	1.62	1.83	89%	0.21
15	1.20	1.35	89%	0.15
16	0.97	1.09	89%	0.12
17	0.83	0.93	89%	0.10
18	0.73	0.82	89%	0.09
19	0.65	0.74	89%	0.08
20	0.60	0.67	89%	0.08
21	0.55	0.62	89%	0.07
22	0.51	0.58	89%	0.06
23	0.48	0.54	89%	0.06
24	0.45	0.51	89%	0.06

Fuente: Elaboración propia.

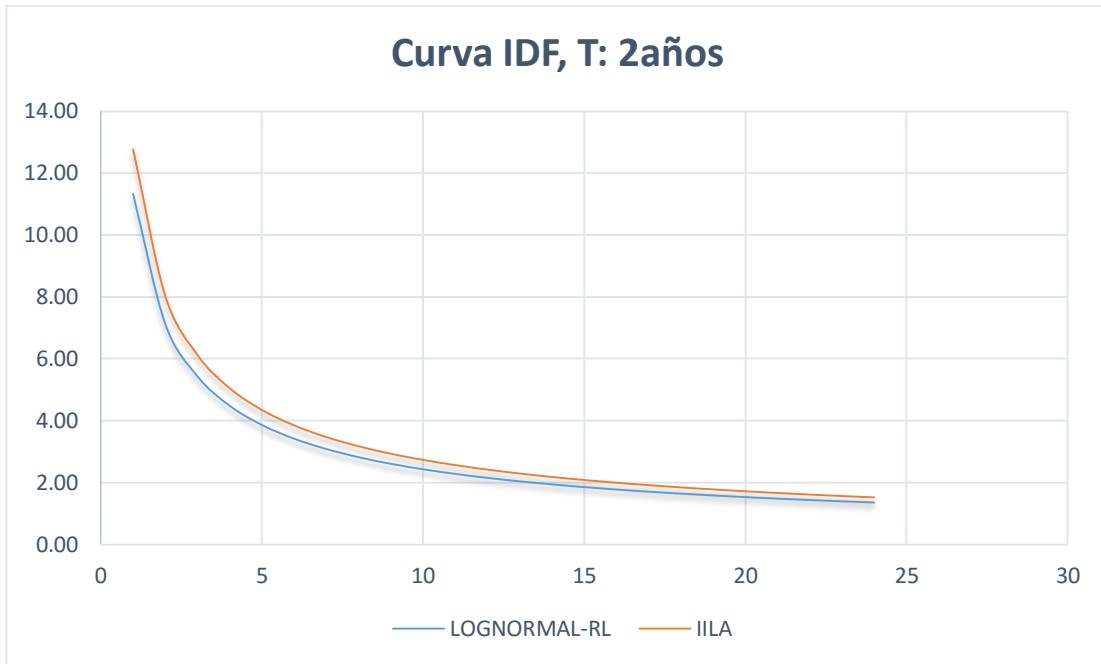


Gráfico 115: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 2 años – estación Quiruvilca.

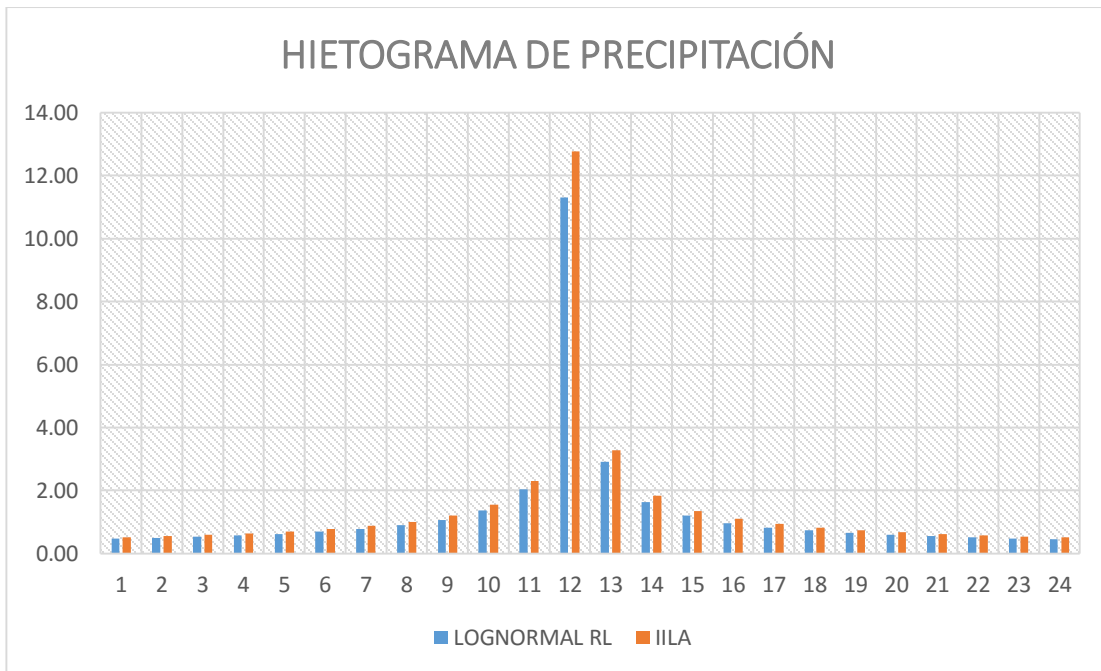


Gráfico 116: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Quiruvilca.

## Estación Julcán

Para T: 500 años.

Tabla 18 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 500 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	1.06	1.16	92%	0.09
2	1.13	1.23	92%	0.10
3	1.21	1.32	92%	0.11
4	1.31	1.43	92%	0.12
5	1.43	1.55	92%	0.13
6	1.58	1.72	92%	0.14
7	1.77	1.93	92%	0.16
8	2.04	2.22	92%	0.18
9	2.45	2.66	92%	0.22
10	3.13	3.41	92%	0.28
11	4.67	5.09	92%	0.42
12	25.91	28.26	92%	2.35
13	6.67	7.26	92%	0.60
14	3.71	4.04	92%	0.33
15	2.74	2.98	92%	0.24
16	2.22	2.42	92%	0.20
17	1.90	2.06	92%	0.17
18	1.67	1.82	92%	0.15
19	1.50	1.63	92%	0.13
20	1.37	1.49	92%	0.12
21	1.26	1.37	92%	0.11
22	1.17	1.27	92%	0.10
23	1.10	1.19	92%	0.10
24	1.03	1.13	92%	0.09

Fuente: Elaboración propia.



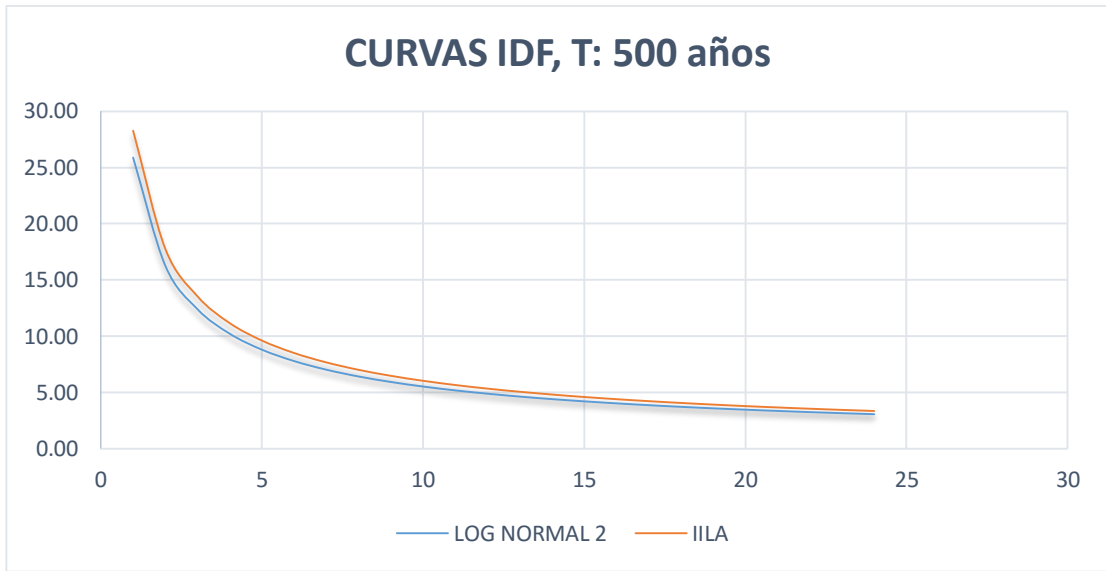


Gráfico 117: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 500 años – estación Julcán.

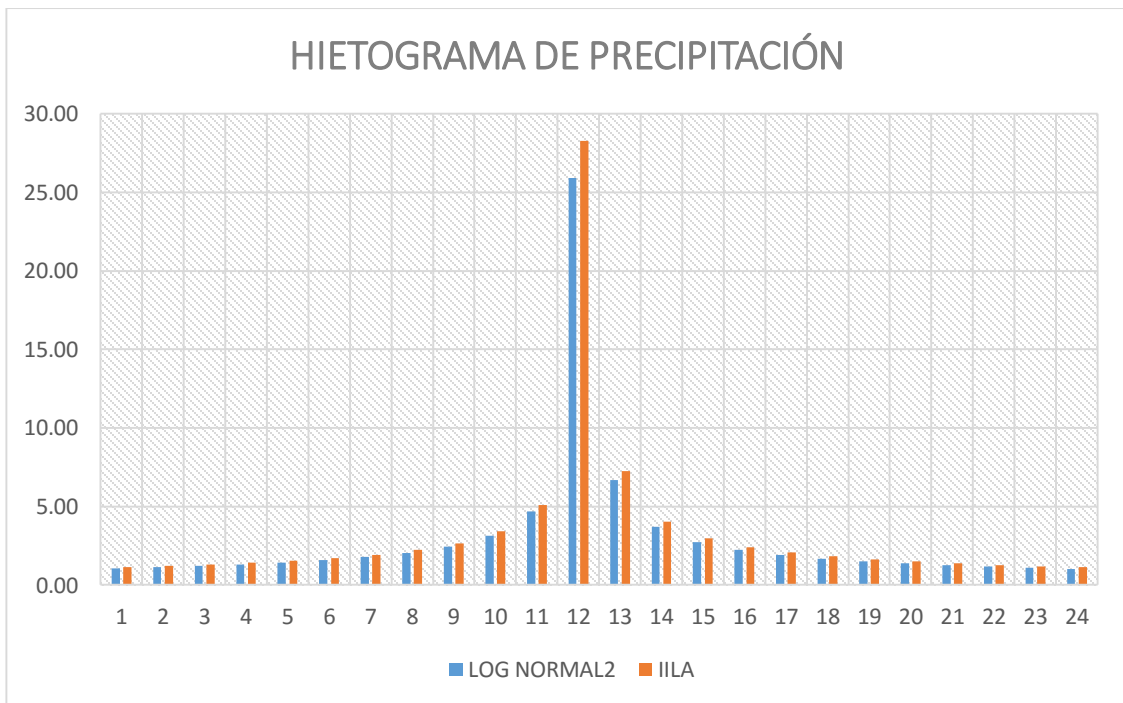


Gráfico 118: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Julcán.

**Para T: 100 años.**

Tabla 19 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 100 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.84	0.95	88%	0.11
2	0.89	1.02	88%	0.12
3	0.96	1.09	88%	0.13
4	1.03	1.17	88%	0.14
5	1.13	1.28	88%	0.15
6	1.24	1.41	88%	0.17
7	1.40	1.59	88%	0.19
8	1.61	1.83	88%	0.22
9	1.93	2.19	88%	0.26
10	2.47	2.81	88%	0.34
11	3.68	4.19	88%	0.51
12	20.43	23.28	88%	2.85
13	5.26	5.98	88%	0.73
14	2.93	3.33	88%	0.40
15	2.16	2.46	88%	0.30
16	1.75	1.99	88%	0.24
17	1.50	1.70	88%	0.21
18	1.32	1.50	88%	0.18
19	1.18	1.34	88%	0.16
20	1.08	1.22	88%	0.15
21	0.99	1.13	88%	0.14
22	0.92	1.05	88%	0.13
23	0.87	0.98	88%	0.12
24	0.82	0.93	88%	0.11

Fuente: Elaboración propia.

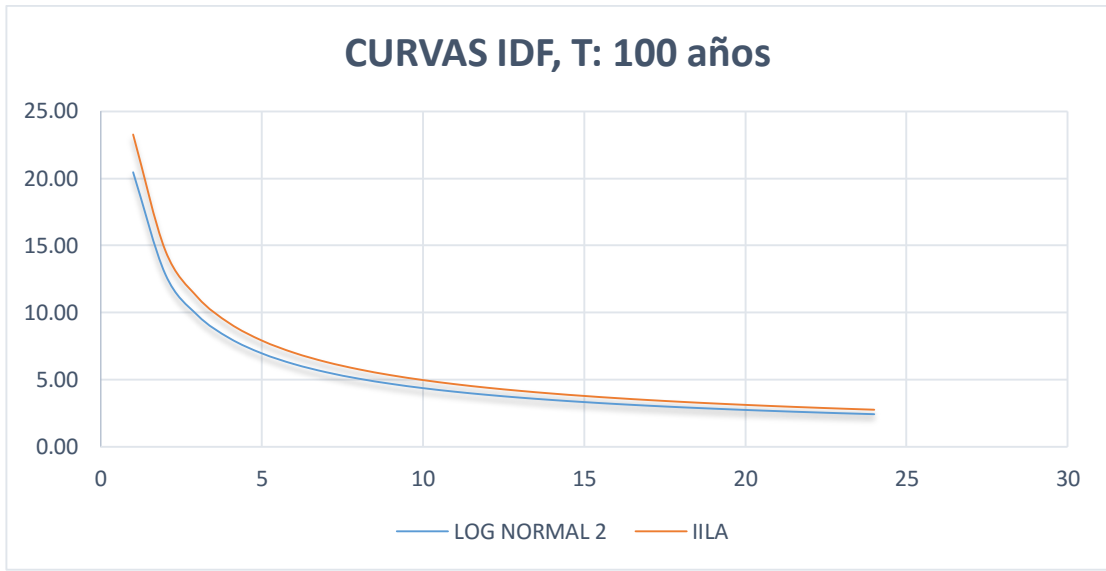


Gráfico 119: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 100 años – estación Julcán.

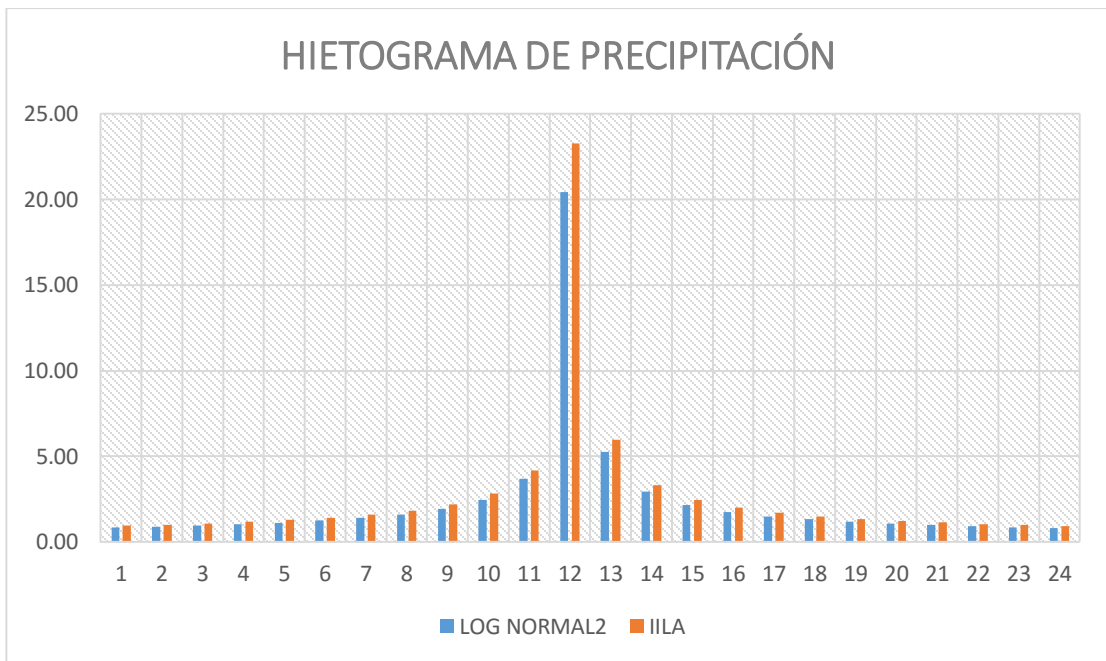


Gráfico 120: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Julcán.

**Para T: 50 años.**

Tabla 20 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 50 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.76	0.87	87%	0.11
2	0.81	0.92	87%	0.12
3	0.86	0.99	87%	0.12
4	0.93	1.07	87%	0.13
5	1.02	1.16	87%	0.15
6	1.12	1.28	87%	0.16
7	1.26	1.44	87%	0.18
8	1.45	1.66	87%	0.21
9	1.74	1.99	87%	0.25
10	2.23	2.55	87%	0.32
11	3.32	3.80	87%	0.48
12	18.44	21.13	87%	2.69
13	4.75	5.43	87%	0.69
14	2.64	3.02	87%	0.38
15	1.95	2.23	87%	0.28
16	1.58	1.81	87%	0.23
17	1.35	1.54	87%	0.19
18	1.19	1.36	87%	0.17
19	1.07	1.22	87%	0.15
20	0.97	1.11	87%	0.14
21	0.90	1.02	87%	0.13
22	0.83	0.95	87%	0.12
23	0.78	0.89	87%	0.11
24	0.74	0.84	87%	0.11

Fuente: Elaboración propia.

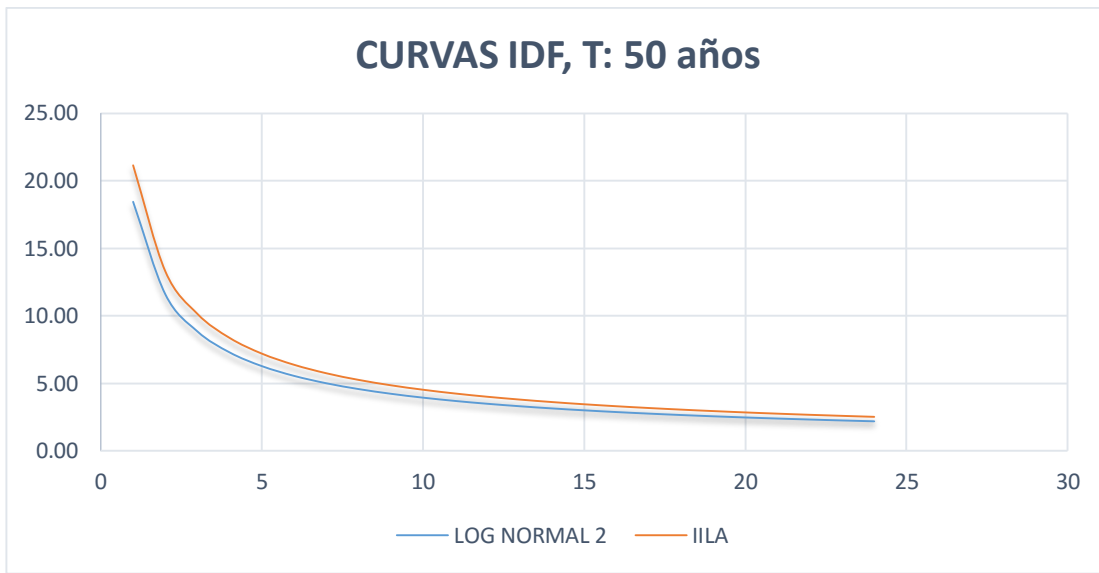


Gráfico 121: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 50 años – estación Julcán.

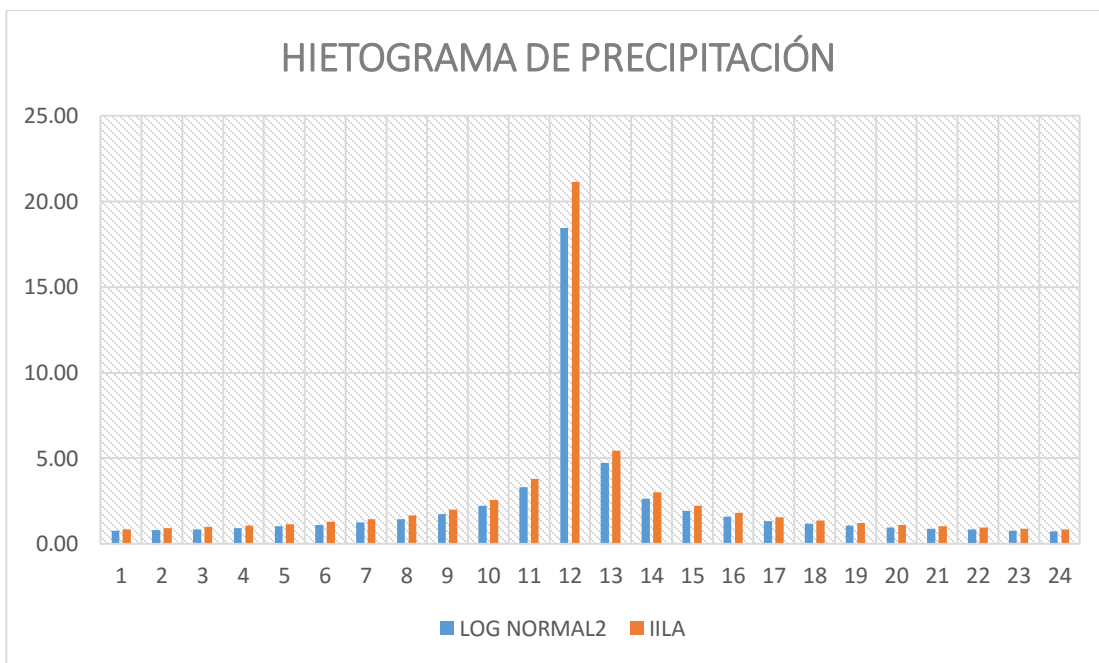


Gráfico 122: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Julcán.

**Para T: 25 años.**

Tabla 21 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 25 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.68	0.78	88%	0.09
2	0.73	0.83	88%	0.10
3	0.78	0.89	88%	0.11
4	0.84	0.96	88%	0.12
5	0.92	1.04	88%	0.13
6	1.01	1.15	88%	0.14
7	1.14	1.30	88%	0.16
8	1.31	1.49	88%	0.18
9	1.57	1.79	88%	0.22
10	2.01	2.29	88%	0.28
11	3.00	3.42	88%	0.42
12	16.65	18.99	88%	2.34
13	4.28	4.88	88%	0.59
14	2.39	2.72	88%	0.33
15	1.76	2.00	88%	0.24
16	1.43	1.63	88%	0.20
17	1.22	1.39	88%	0.17
18	1.07	1.22	88%	0.15
19	0.96	1.10	88%	0.13
20	0.88	1.00	88%	0.12
21	0.81	0.92	88%	0.11
22	0.75	0.86	88%	0.10
23	0.71	0.80	88%	0.10
24	0.66	0.76	88%	0.09

Fuente: Elaboración propia.

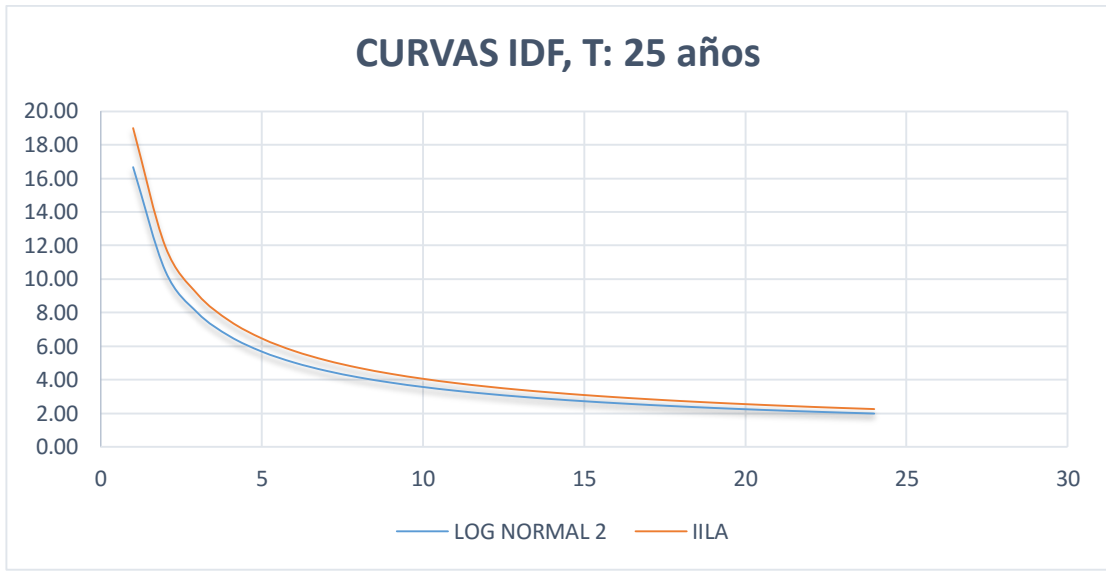


Gráfico 123: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 25 años – estación Julcán.

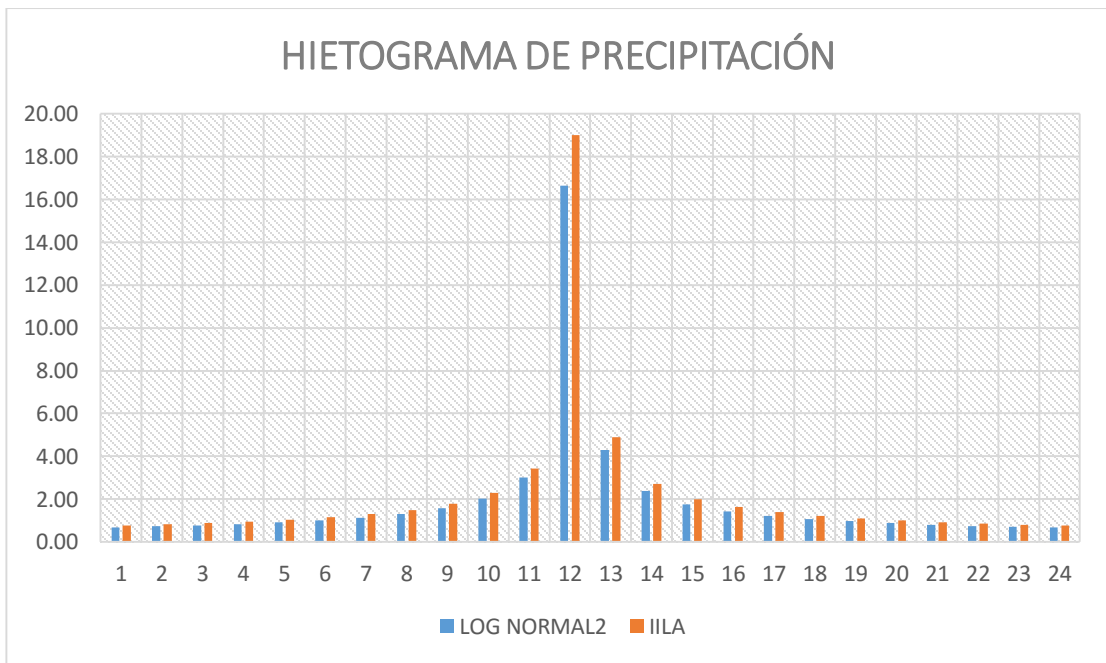


Gráfico 124: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Julcán.

**Para T: 10 años.**

Tabla 22 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 10 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.60	0.66	90%	0.06
2	0.64	0.70	90%	0.07
3	0.68	0.75	90%	0.07
4	0.74	0.81	90%	0.08
5	0.80	0.89	90%	0.09
6	0.89	0.98	90%	0.10
7	1.00	1.10	90%	0.11
8	1.15	1.27	90%	0.12
9	1.37	1.52	90%	0.15
10	1.76	1.95	90%	0.19
11	2.62	2.91	90%	0.28
12	14.54	16.15	90%	1.60
13	3.74	4.15	90%	0.41
14	2.08	2.31	90%	0.23
15	1.54	1.70	90%	0.17
16	1.25	1.38	90%	0.14
17	1.06	1.18	90%	0.12
18	0.94	1.04	90%	0.10
19	0.84	0.93	90%	0.09
20	0.77	0.85	90%	0.08
21	0.71	0.78	90%	0.08
22	0.66	0.73	90%	0.07
23	0.62	0.68	90%	0.07
24	0.58	0.64	90%	0.06

Fuente: Elaboración propia.



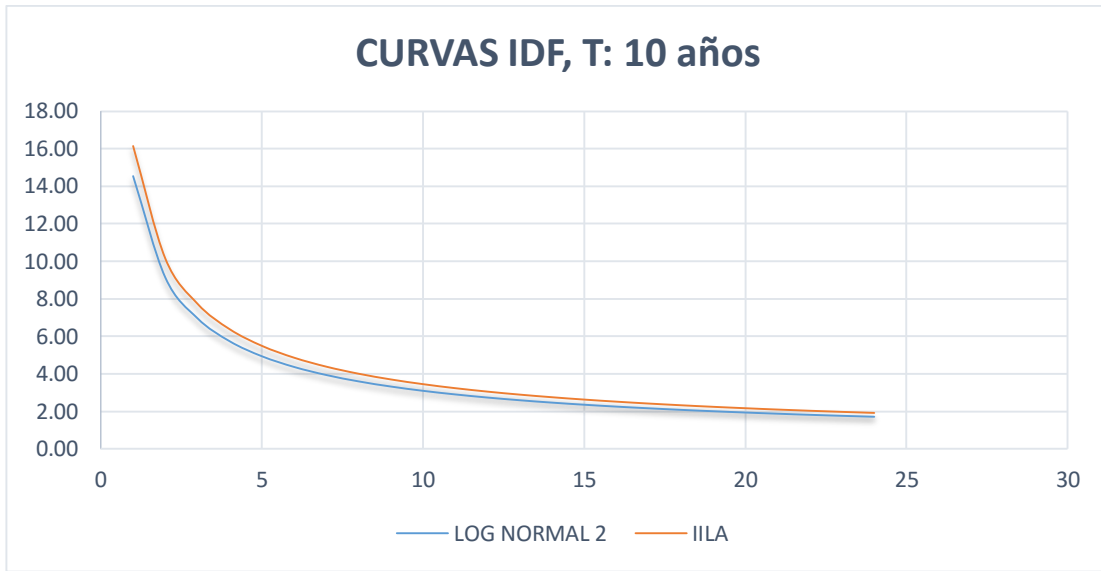


Gráfico 125: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 10 años – estación Julcán.

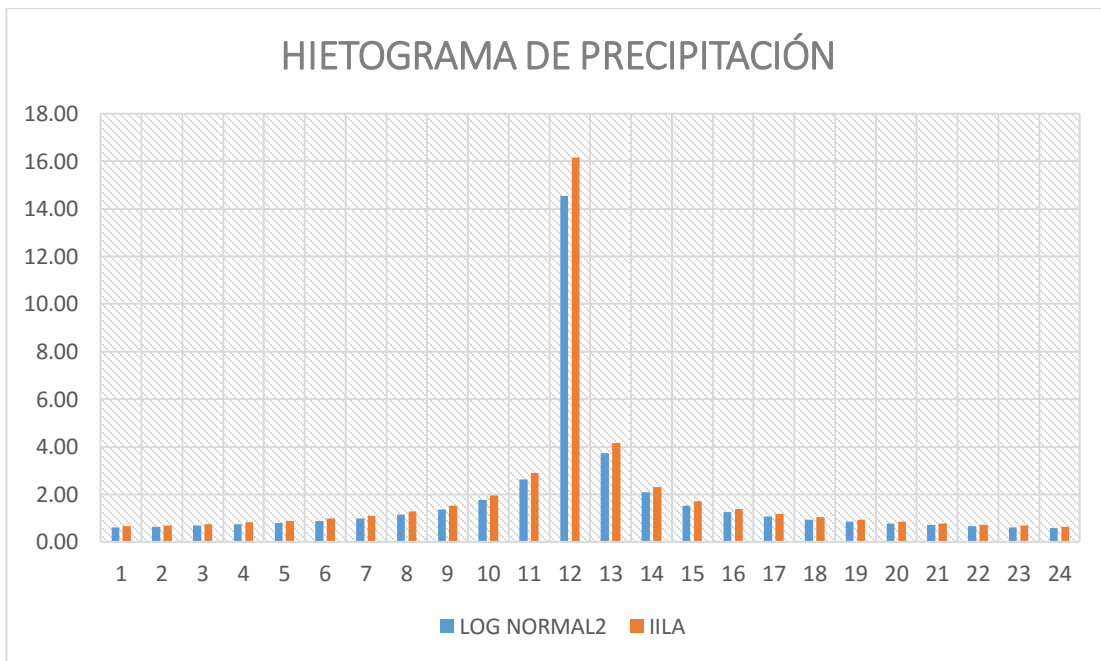


Gráfico 126: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Julcán.

**Para T: 5 años.**

Tabla 23 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 5 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.54	0.57	94%	0.03
2	0.57	0.61	94%	0.04
3	0.61	0.65	94%	0.04
4	0.66	0.71	94%	0.04
5	0.72	0.77	94%	0.05
6	0.80	0.85	94%	0.05
7	0.90	0.96	94%	0.06
8	1.04	1.10	94%	0.07
9	1.24	1.32	94%	0.08
10	1.59	1.69	94%	0.10
11	2.37	2.52	94%	0.15
12	13.13	14.00	94%	0.87
13	3.38	3.60	94%	0.22
14	1.88	2.00	94%	0.12
15	1.39	1.48	94%	0.09
16	1.13	1.20	94%	0.07
17	0.96	1.02	94%	0.06
18	0.85	0.90	94%	0.05
19	0.76	0.81	94%	0.05
20	0.69	0.74	94%	0.04
21	0.64	0.68	94%	0.04
22	0.59	0.63	94%	0.04
23	0.56	0.59	94%	0.04
24	0.52	0.56	94%	0.03

Fuente: Elaboración propia.

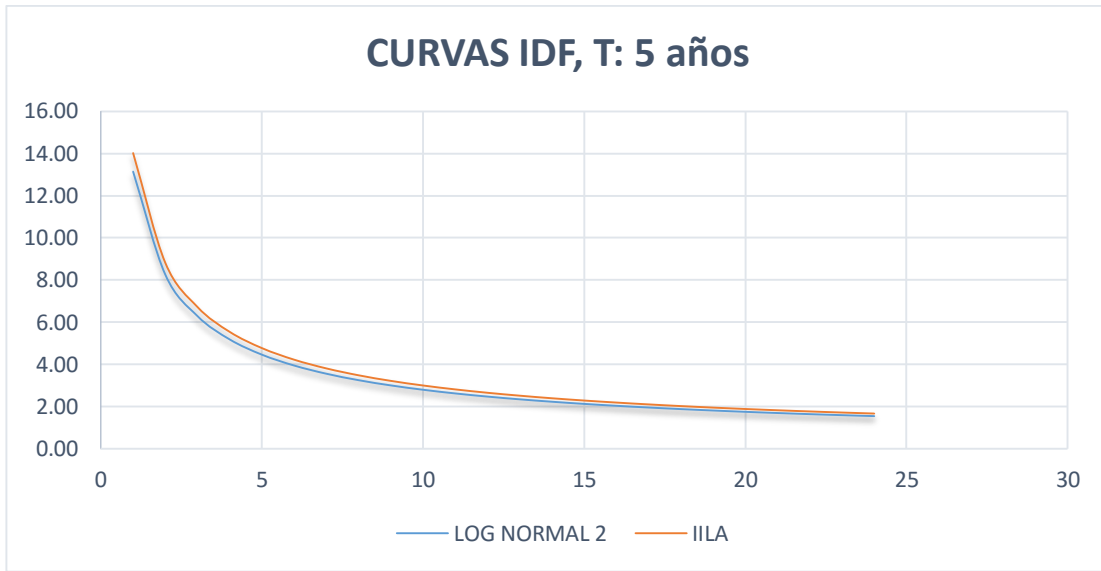


Gráfico 127: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 5 años – estación Julcán.

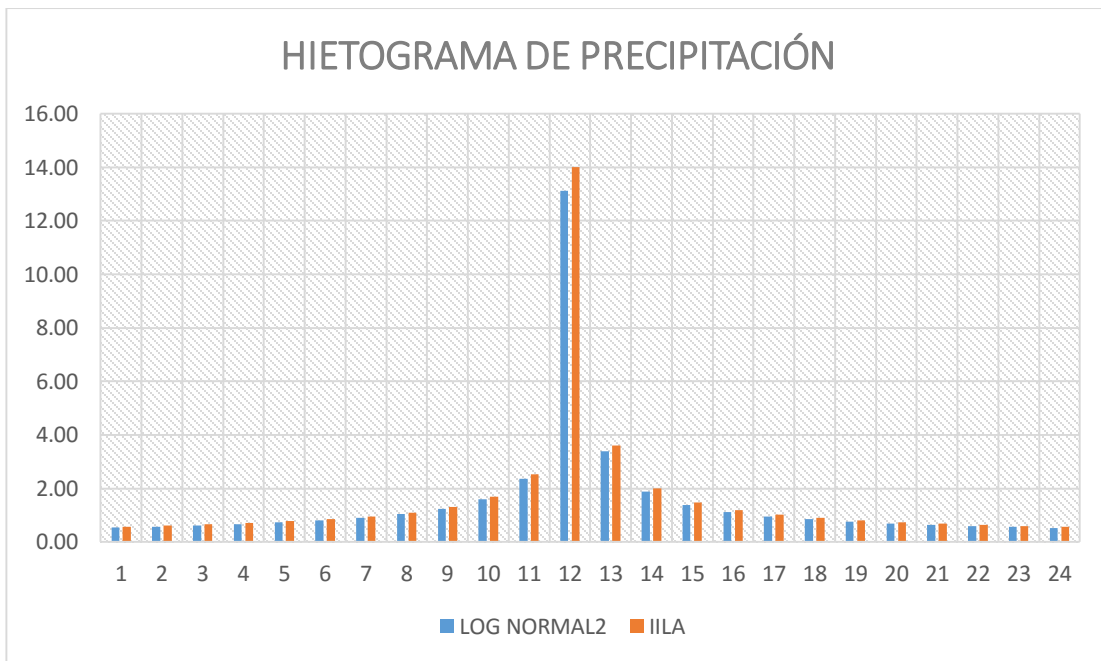


Gráfico 128: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Julcán.

**Para T: 2 años.**

Tabla 24 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 2 años – Estación Julcán.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.47	0.46	97%	0.01
2	0.50	0.49	97%	0.01
3	0.54	0.52	97%	0.02
4	0.58	0.56	97%	0.02
5	0.63	0.61	97%	0.02
6	0.70	0.68	97%	0.02
7	0.78	0.76	97%	0.02
8	0.90	0.88	97%	0.03
9	1.08	1.05	97%	0.03
10	1.39	1.35	97%	0.04
11	2.07	2.01	97%	0.06
12	11.47	11.16	97%	0.30
13	2.95	2.87	97%	0.08
14	1.64	1.60	97%	0.05
15	1.21	1.18	97%	0.03
16	0.98	0.96	97%	0.03
17	0.84	0.82	97%	0.02
18	0.74	0.72	97%	0.02
19	0.66	0.64	97%	0.02
20	0.60	0.59	97%	0.02
21	0.56	0.54	97%	0.02
22	0.52	0.50	97%	0.01
23	0.49	0.47	97%	0.01
24	0.46	0.44	97%	0.01

Fuente: Elaboración propia.

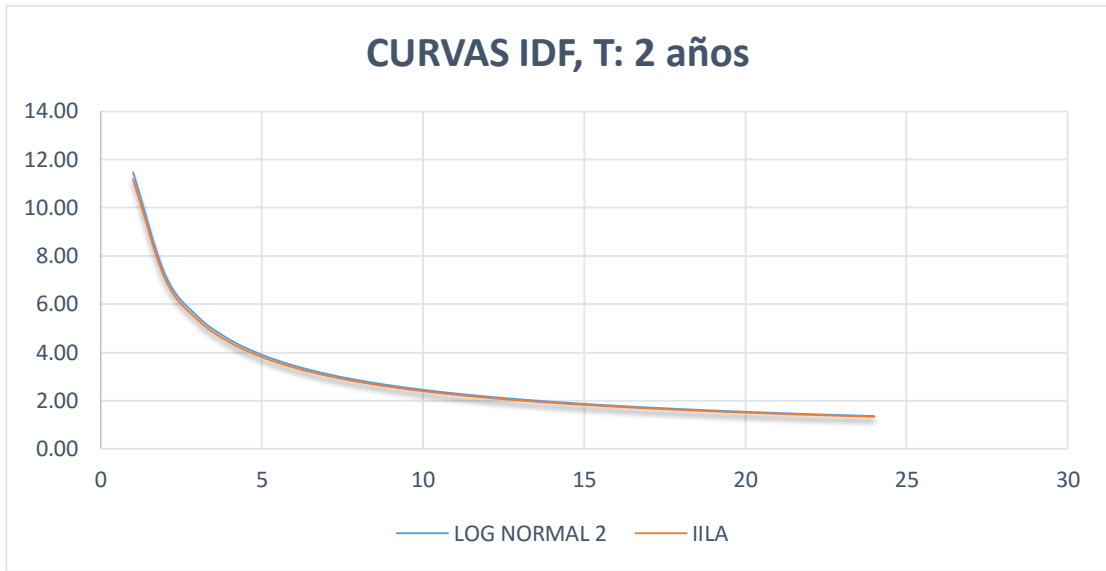


Gráfico 129: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 2 años – estación Julcán.

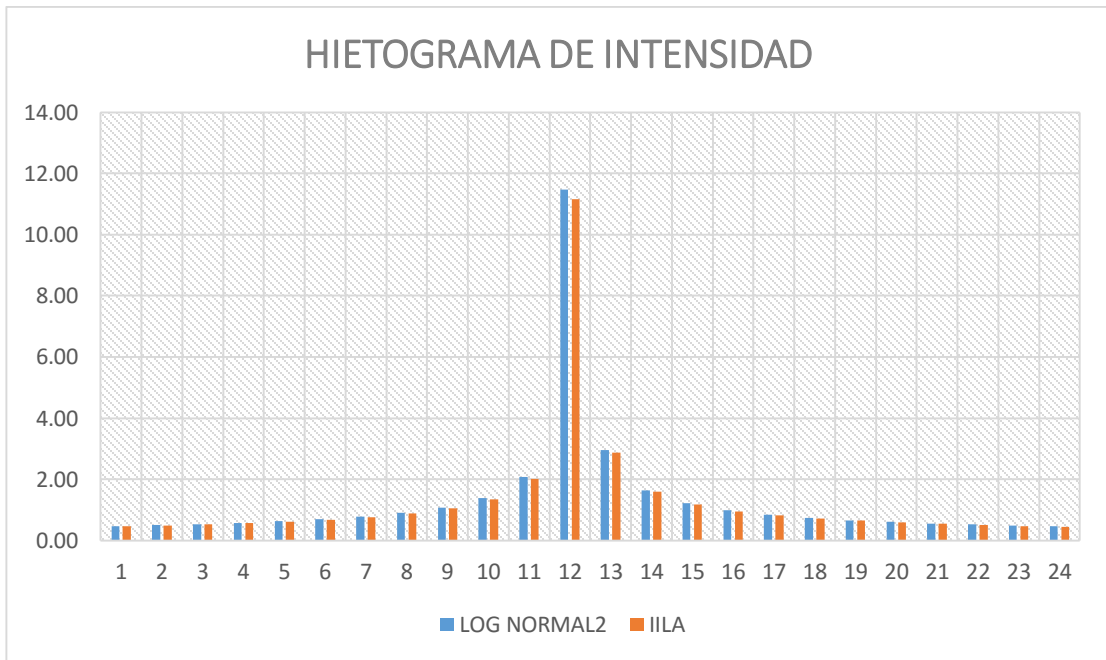


Gráfico 130: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Julcán.

## Estación Salpo

Para T: 500 años.

Tabla 25 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 500 años – Estación Salpo.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	1.25	1.15	93%	0.09
2	1.33	1.23	93%	0.10
3	1.42	1.31	93%	0.11
4	1.53	1.42	93%	0.11
5	1.67	1.55	93%	0.13
6	1.85	1.71	93%	0.14
7	2.08	1.92	93%	0.16
8	2.39	2.21	93%	0.18
9	2.87	2.65	93%	0.21
10	3.67	3.40	93%	0.27
11	5.47	5.06	93%	0.41
12	30.34	28.13	93%	2.21
13	7.81	7.23	93%	0.58
14	4.35	4.03	93%	0.32
15	3.21	2.97	93%	0.24
16	2.60	2.41	93%	0.19
17	2.22	2.05	93%	0.17
18	1.95	1.81	93%	0.15
19	1.75	1.62	93%	0.13
20	1.60	1.48	93%	0.12
21	1.47	1.36	93%	0.11
22	1.37	1.27	93%	0.10
23	1.28	1.19	93%	0.10
24	1.21	1.12	92%	0.09

Fuente: Elaboración propia.

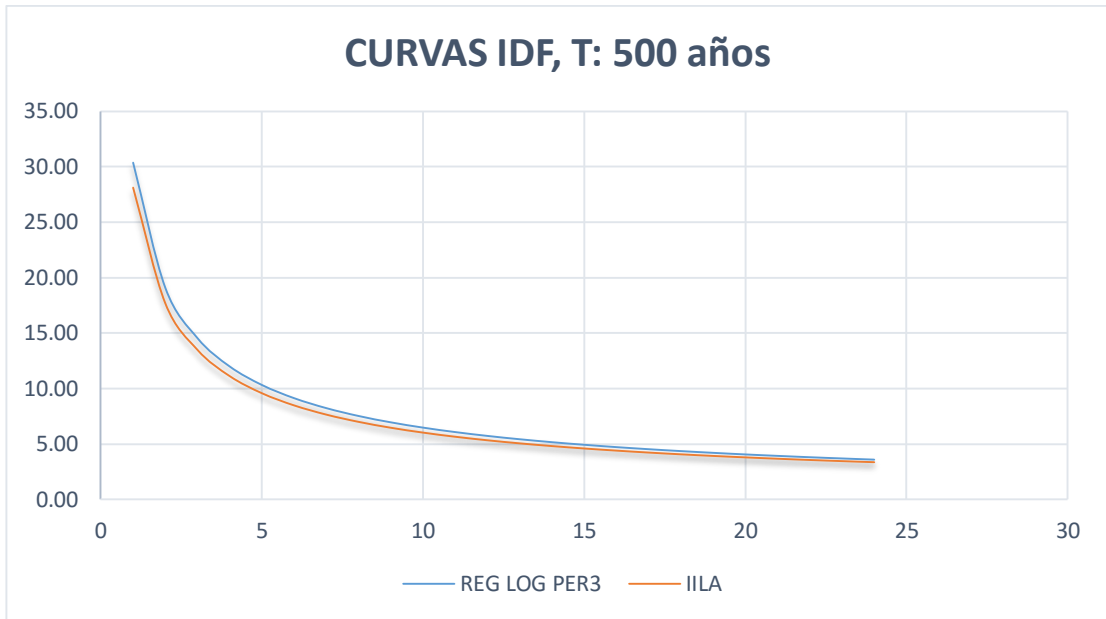


Gráfico 131: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 500 años – estación Salpo.

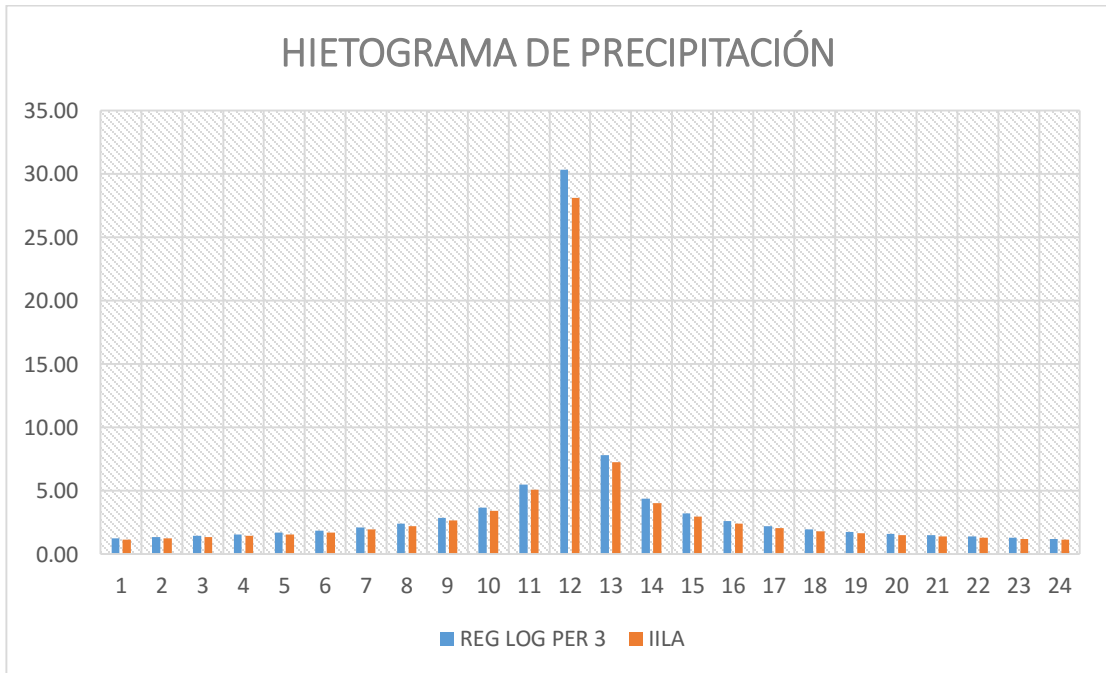


Gráfico 132: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 500 años – estación Salpo.

**Para T: 100 años.**

Tabla 26 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 100 años – Estación Salpo.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.88	0.95	93%	0.06
2	0.94	1.01	93%	0.07
3	1.01	1.08	93%	0.07
4	1.09	1.17	93%	0.08
5	1.19	1.27	93%	0.09
6	1.31	1.41	93%	0.10
7	1.47	1.58	93%	0.11
8	1.70	1.82	93%	0.12
9	2.03	2.18	93%	0.15
10	2.60	2.80	93%	0.19
11	3.88	4.17	93%	0.29
12	21.53	23.15	93%	1.63
13	5.54	5.95	93%	0.41
14	3.09	3.31	93%	0.23
15	2.27	2.44	93%	0.17
16	1.85	1.98	93%	0.14
17	1.58	1.69	93%	0.12
18	1.39	1.49	93%	0.10
19	1.24	1.34	93%	0.09
20	1.13	1.22	93%	0.08
21	1.05	1.12	93%	0.08
22	0.97	1.04	93%	0.07
23	0.91	0.98	93%	0.07
24	0.86	0.92	93%	0.06

Fuente: Elaboración propia.



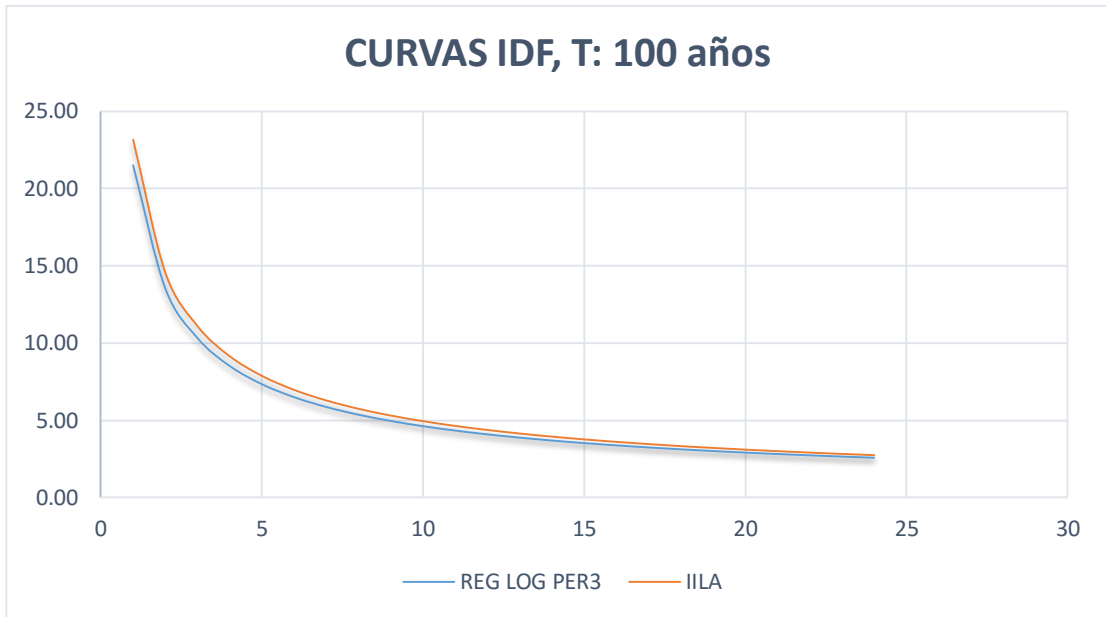


Gráfico 133: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 100 años – estación Salpo.

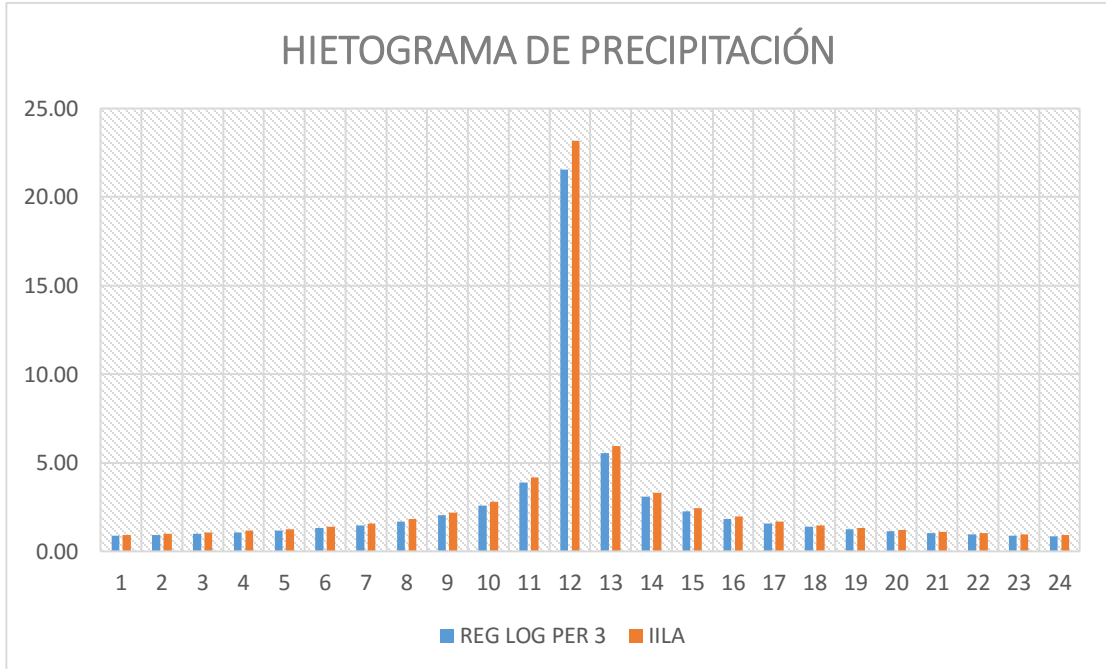


Gráfico 134: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 100 años – estación Salpo.

**Para T: 50 años.**

Tabla 27 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 50 años – Estación Salpo.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.76	0.86	89%	0.10
2	0.81	0.92	89%	0.10
3	0.87	0.98	89%	0.11
4	0.94	1.06	89%	0.12
5	1.02	1.16	89%	0.13
6	1.13	1.28	89%	0.15
7	1.27	1.44	89%	0.16
8	1.46	1.65	89%	0.19
9	1.75	1.98	89%	0.23
10	2.25	2.54	89%	0.29
11	3.35	3.78	89%	0.43
12	18.57	21.01	88%	2.44
13	4.78	5.40	88%	0.62
14	2.66	3.01	89%	0.35
15	1.96	2.22	89%	0.25
16	1.59	1.80	89%	0.21
17	1.36	1.53	89%	0.18
18	1.20	1.35	89%	0.15
19	1.07	1.21	89%	0.14
20	0.98	1.11	89%	0.13
21	0.90	1.02	89%	0.12
22	0.84	0.95	89%	0.11
23	0.79	0.89	89%	0.10
24	0.74	0.84	89%	0.10

Fuente: Elaboración propia.

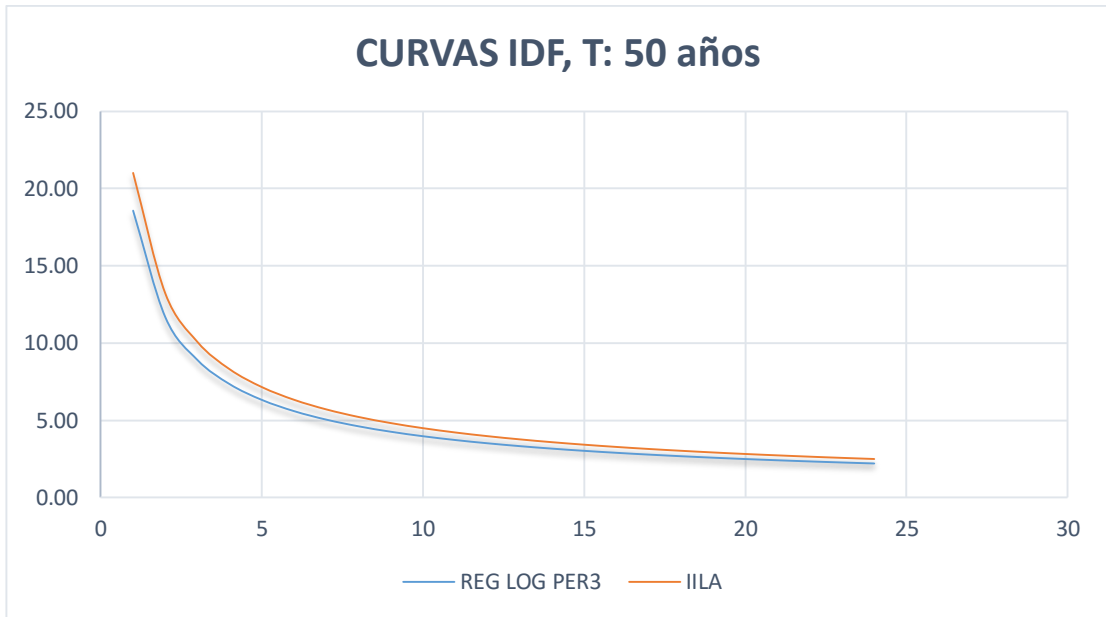


Gráfico 135: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 50 años – estación Salpo.

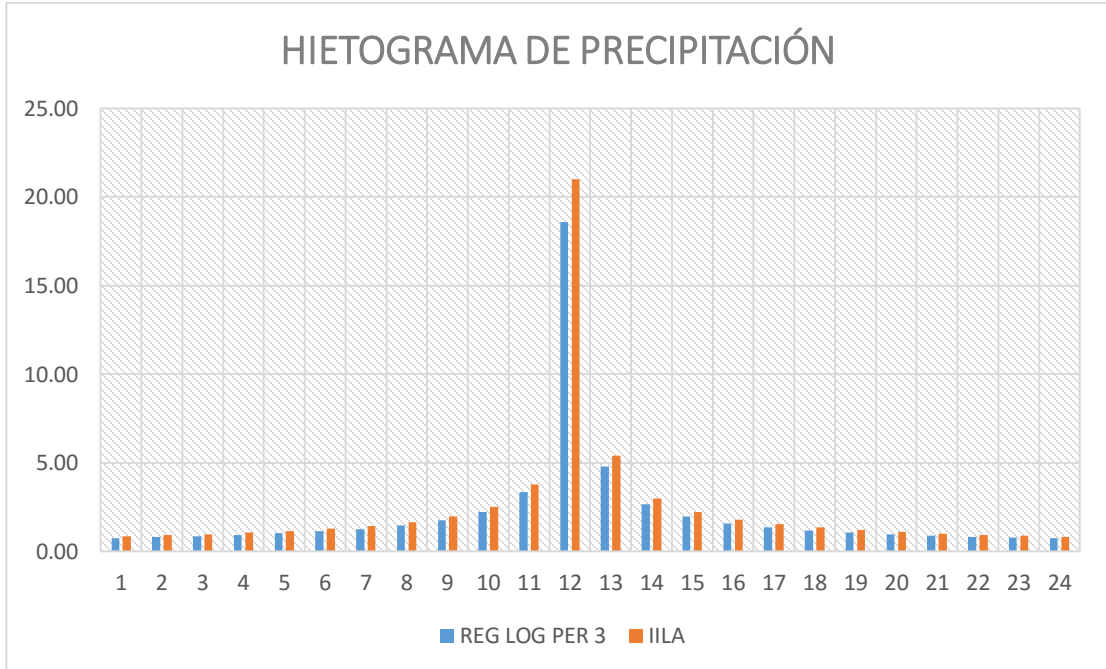


Gráfico 136: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 50 años – estación Salpo.

**Para T: 25 años.**

Tabla 28 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 25 años – Estación Salpo.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.66	0.77	85%	0.12
2	0.70	0.82	85%	0.12
3	0.75	0.88	85%	0.13
4	0.81	0.95	85%	0.14
5	0.88	1.04	85%	0.15
6	0.98	1.15	85%	0.17
7	1.10	1.29	85%	0.19
8	1.26	1.49	85%	0.22
9	1.51	1.78	85%	0.27
10	1.94	2.28	85%	0.34
11	2.89	3.40	85%	0.51
12	16.02	18.87	85%	2.85
13	4.12	4.85	85%	0.73
14	2.30	2.70	85%	0.40
15	1.69	1.99	85%	0.30
16	1.37	1.62	85%	0.24
17	1.17	1.38	85%	0.21
18	1.03	1.21	85%	0.18
19	0.93	1.09	85%	0.16
20	0.84	0.99	85%	0.15
21	0.78	0.92	85%	0.14
22	0.72	0.85	85%	0.13
23	0.68	0.80	85%	0.12
24	0.64	0.75	85%	0.11

Fuente: Elaboración propia.

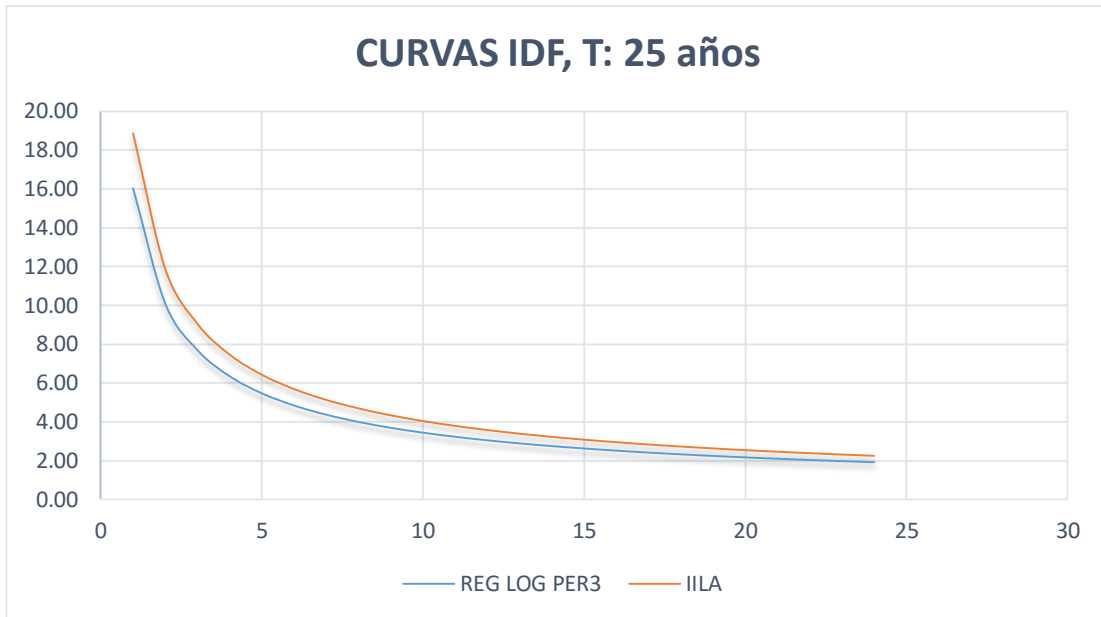


Gráfico 137: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 25 años – estación Salpo.

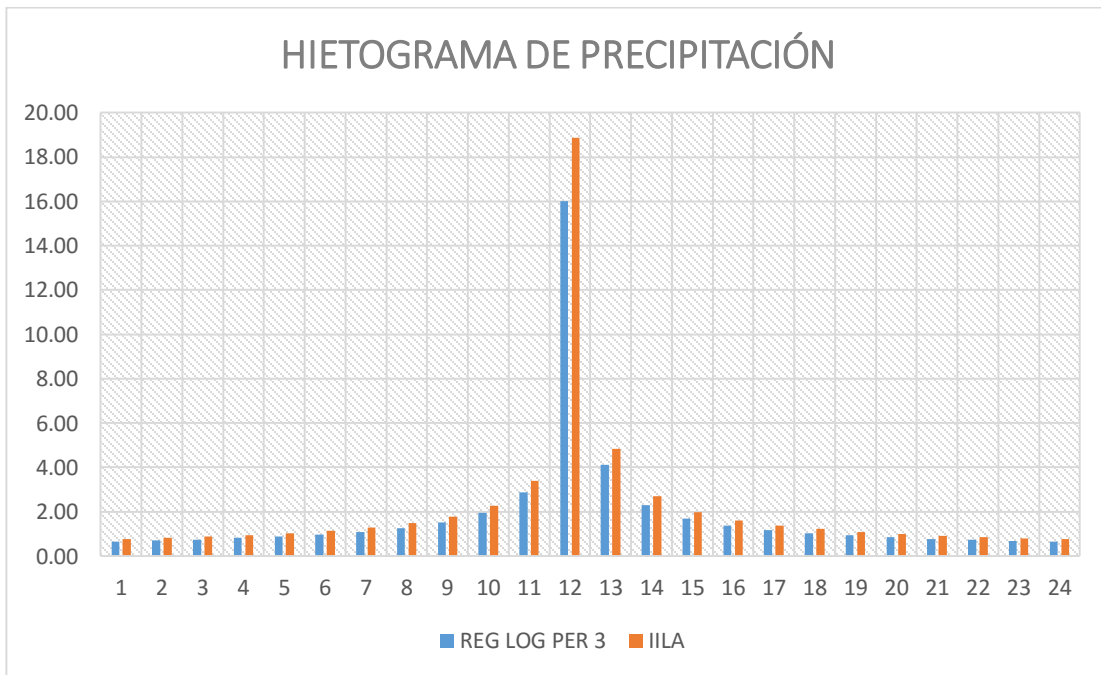


Gráfico 138: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 25 años – estación Salpo.

**Para T: 10 años.**

Tabla 29 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 10 años – Estación Salpo.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.54	0.66	82%	0.12
2	0.58	0.70	82%	0.12
3	0.62	0.75	82%	0.13
4	0.67	0.81	82%	0.14
5	0.73	0.88	82%	0.16
6	0.80	0.97	82%	0.17
7	0.90	1.10	82%	0.19
8	1.04	1.26	82%	0.22
9	1.24	1.51	82%	0.27
10	1.59	1.94	82%	0.34
11	2.37	2.89	82%	0.51
12	13.17	16.03	82%	2.86
13	3.39	4.12	82%	0.73
14	1.89	2.29	82%	0.41
15	1.39	1.69	82%	0.30
16	1.13	1.37	82%	0.24
17	0.96	1.17	82%	0.21
18	0.85	1.03	82%	0.18
19	0.76	0.93	82%	0.16
20	0.69	0.84	82%	0.15
21	0.64	0.78	82%	0.14
22	0.60	0.72	82%	0.13
23	0.56	0.68	82%	0.12
24	0.53	0.64	82%	0.11

Fuente: Elaboración propia.

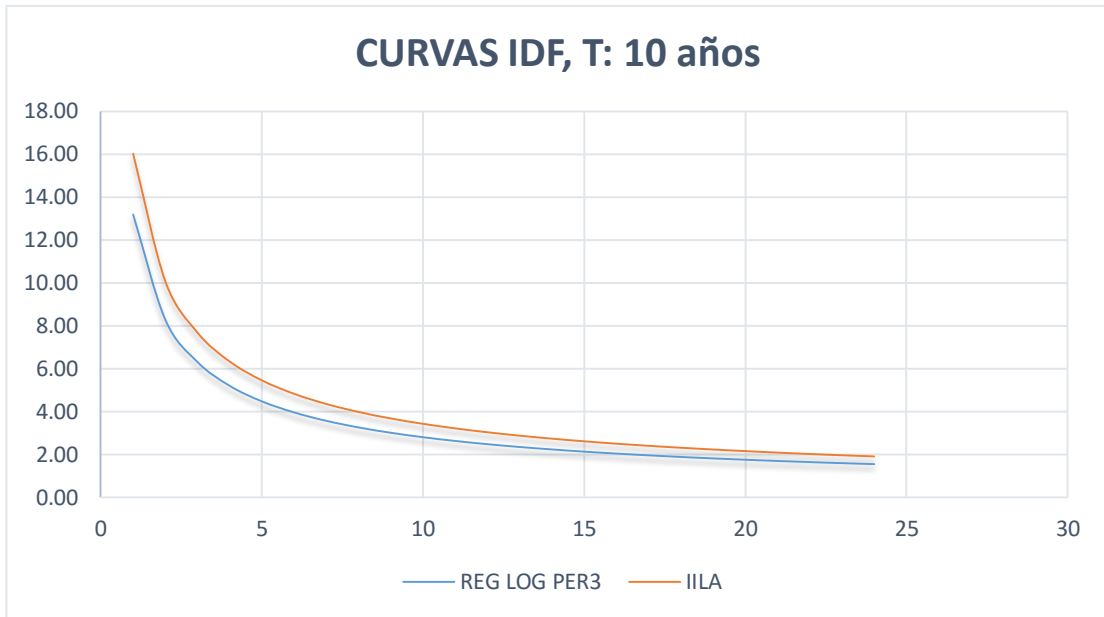


Gráfico 139: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 10 años – estación Salpo.

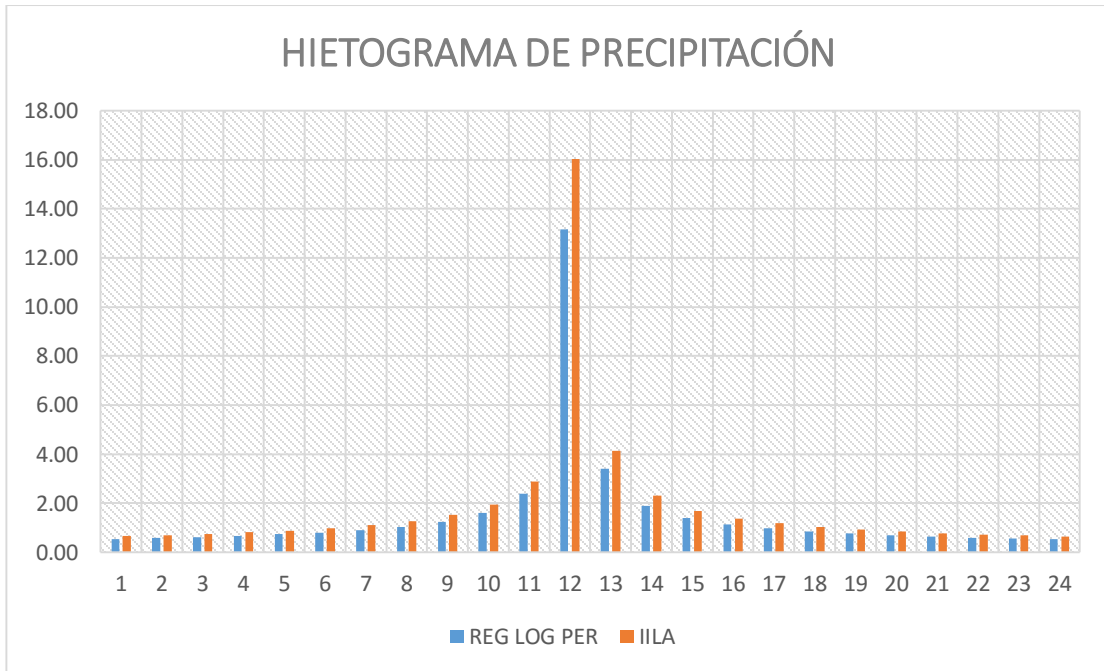


Gráfico 140: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 10 años – estación Salpo.

**Para T: 5 años.**

Tabla 30 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 5 años – Estación Salpo.

t (horas)	Registro Historico Precipitación alternada (mm)	IILA precip alternada (mm)	% Fiabilidad	Diferencia en mm
1	0.47	0.57	82%	0.10
2	0.50	0.61	82%	0.11
3	0.53	0.65	82%	0.12
4	0.57	0.70	82%	0.13
5	0.63	0.76	82%	0.14
6	0.69	0.84	82%	0.15
7	0.78	0.95	82%	0.17
8	0.90	1.09	82%	0.20
9	1.07	1.31	82%	0.24
10	1.37	1.68	82%	0.30
11	2.05	2.50	82%	0.45
12	11.36	13.89	82%	2.53
13	2.92	3.57	82%	0.65
14	1.63	1.99	82%	0.36
15	1.20	1.47	82%	0.26
16	0.97	1.19	82%	0.21
17	0.83	1.01	82%	0.18
18	0.73	0.89	82%	0.16
19	0.66	0.80	82%	0.14
20	0.60	0.73	82%	0.13
21	0.55	0.67	82%	0.12
22	0.51	0.63	82%	0.11
23	0.48	0.59	82%	0.11
24	0.45	0.55	82%	0.10

Fuente: Elaboración propia.



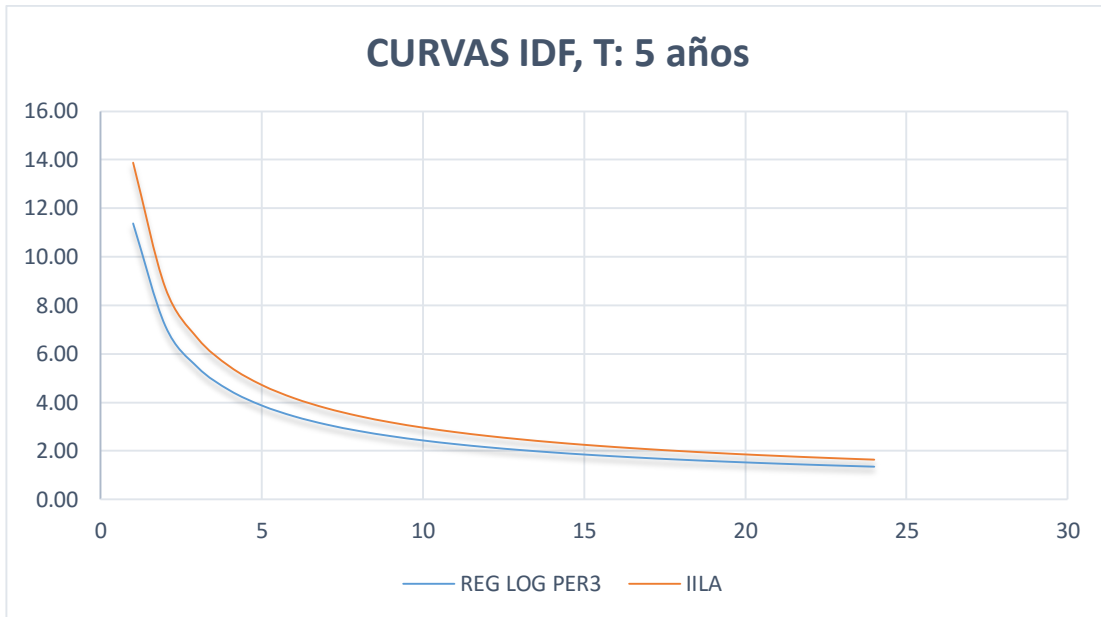


Gráfico 141: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 5 años – estación Salpo.

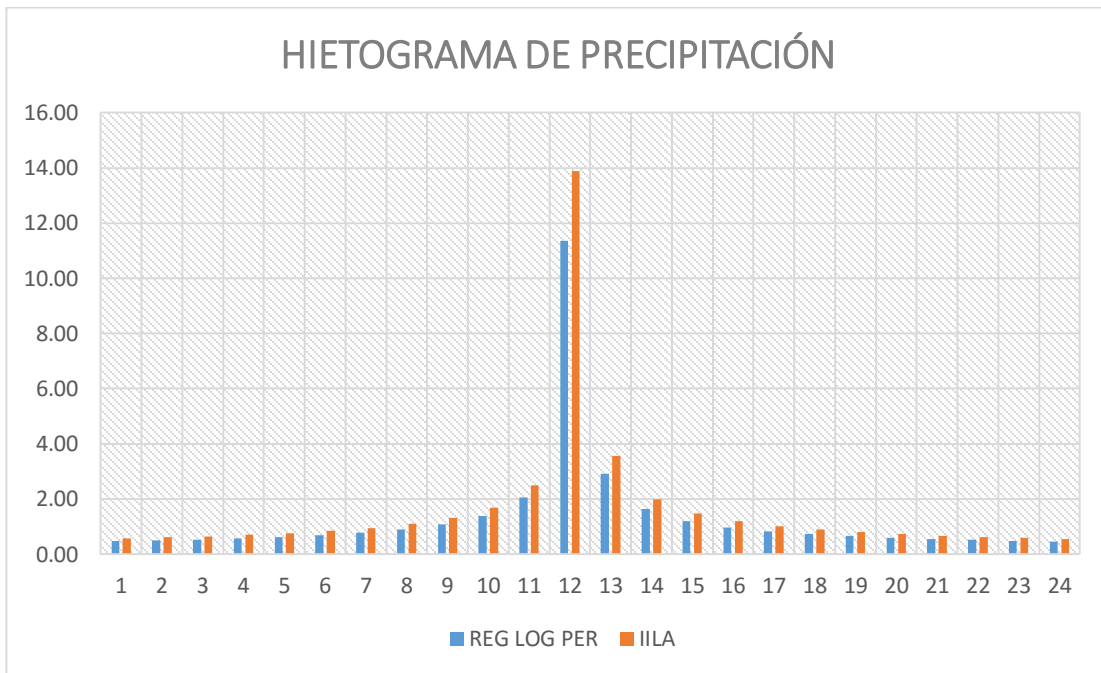


Gráfico 142: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 5 años – estación Salpo.

**Para T: 2 años.**

Tabla 31 Comparación y fiabilidad del método IILA para un T: 2 años – Estación Salpo.

<b>t (horas)</b>	<b>Registro Historico Precipitación alternada (mm)</b>	<b>IILA precip alternada (mm)</b>	<b>% Fiabilidad</b>	<b>Diferencia en mm</b>
1	0.38	0.45	85%	0.07
2	0.41	0.48	85%	0.07
3	0.44	0.52	85%	0.08
4	0.47	0.56	85%	0.09
5	0.52	0.61	85%	0.09
6	0.57	0.67	85%	0.10
7	0.64	0.76	85%	0.12
8	0.74	0.87	85%	0.13
9	0.88	1.04	85%	0.16
10	1.13	1.34	85%	0.20
11	1.68	1.99	85%	0.31
12	9.35	11.06	85%	1.71
13	2.41	2.84	85%	0.44
14	1.34	1.58	85%	0.24
15	0.99	1.17	85%	0.18
16	0.80	0.95	85%	0.15
17	0.68	0.81	85%	0.12
18	0.60	0.71	85%	0.11
19	0.54	0.64	85%	0.10
20	0.49	0.58	85%	0.09
21	0.45	0.54	85%	0.08
22	0.42	0.50	85%	0.08
23	0.40	0.47	85%	0.07
24	0.37	0.44	85%	0.07

Fuente: Elaboración propia.

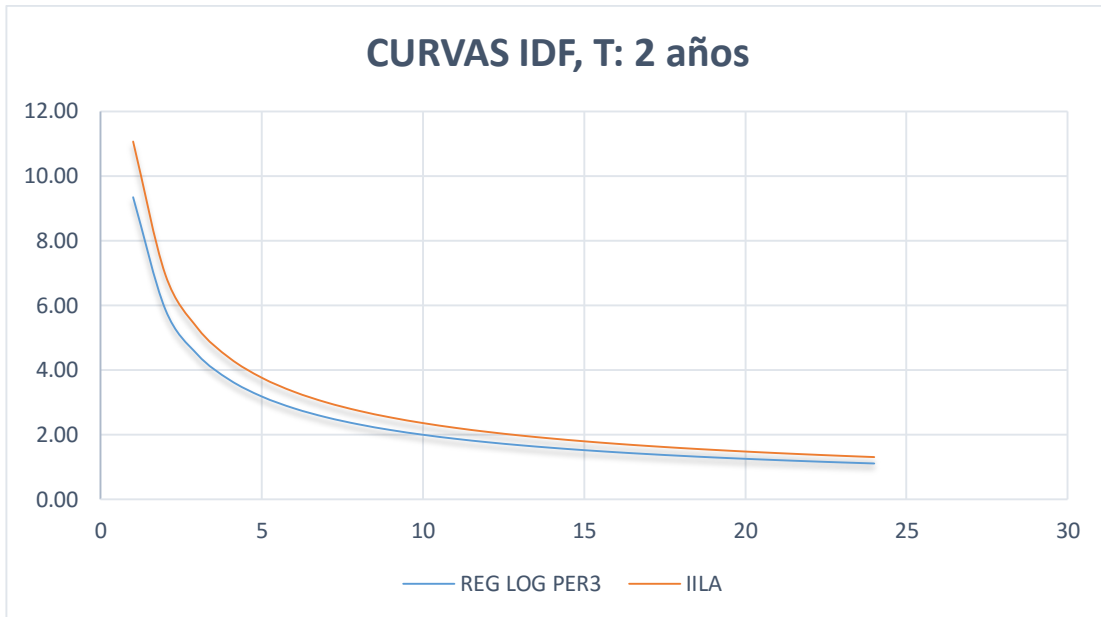


Gráfico 143: Comparación de curvas IDF para un periodo de retorno de 2 años – estación Salpo.

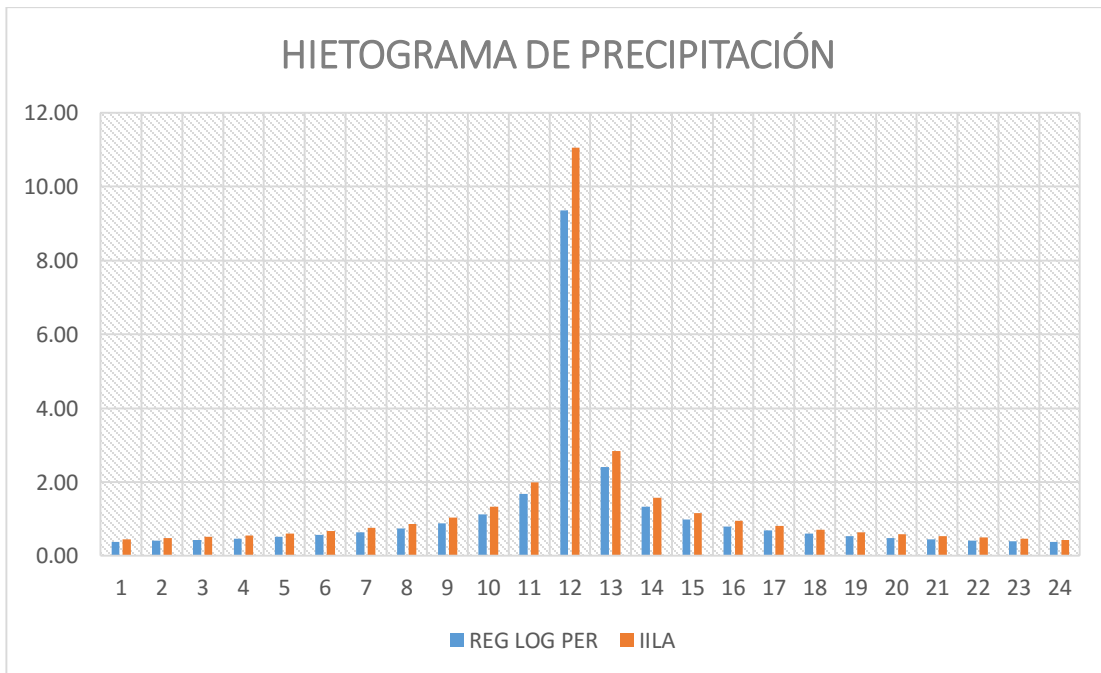


Gráfico 144: Comparación de Hietogramas de diseño para un periodo de retorno de 2 años – estación Salpo.

**Distribución del porcentaje de confiabilidad para diferentes periodos de retorno en cada estación pluviométrica de estudio.**

### **Estación Quiruvilca**

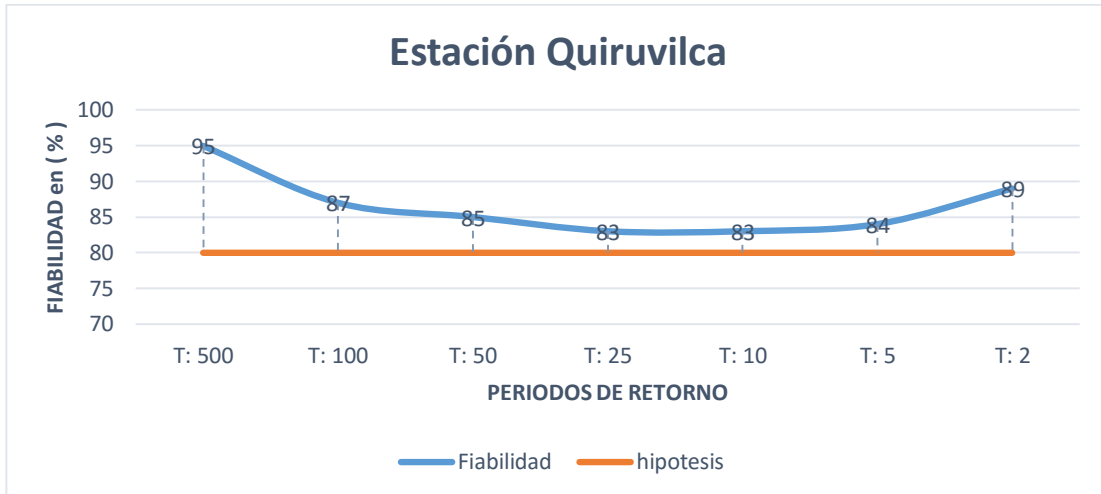


Gráfico 145: Distribución del porcentaje de confiabilidad para cada periodo de retorno – estación Quiruvilca.

### **Estación Julcán**

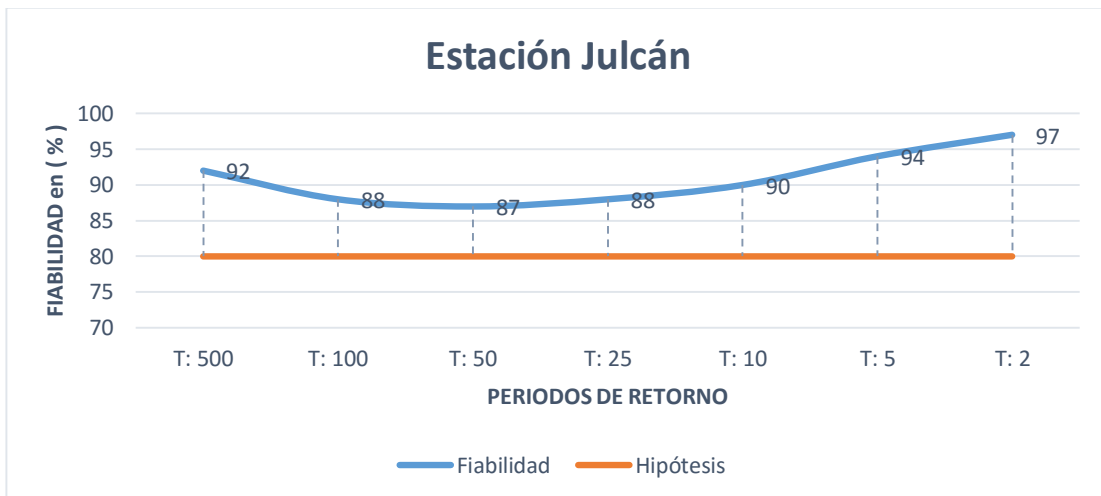


Gráfico 146: Distribución del porcentaje de confiabilidad para cada periodo de retorno – estación Julcán.

## Estación Salpo

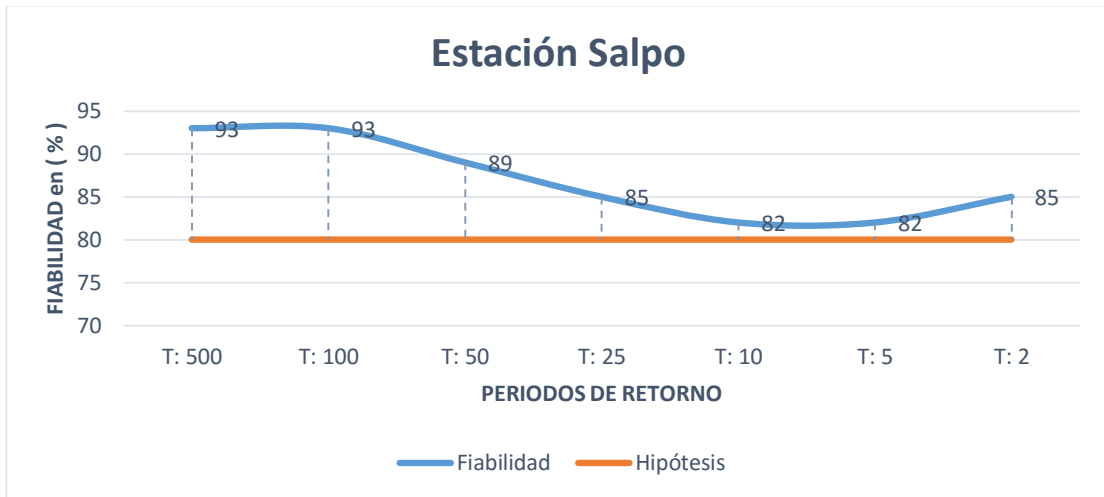


Gráfico 147: Distribución del porcentaje de confiabilidad para cada periodo de retorno – estación Salpo.

### **13. DISCUSIÓN**

En la estación Quiruvilca, para todos los periodos de retorno analizados (2,5, 10, 25, 50, 100 y 500 años) se cumple con la hipótesis planteada, debido a su amplio registro histórico (44 años), su excelente correlación entre sus variables (99.64%) que fueron utilizadas para elaborar las curvas IDF; es necesario mencionar que el análisis de consistencia por saltos fue determinante en el cálculo del porcentaje de confiabilidad para esta estación.

En las estaciones de Julcán y Salpo, para todos los periodos de retorno analizados (2, 5, 10, 25, 50, 100 y 500 años) se cumple con la hipótesis planteada, debido a sus amplios registros históricos (47 y 46 años) y sobre todo a sus excelentes correlaciones entre sus variables (99.71% y 99.86% respectivamente) que fueron utilizadas para elaborar las curvas IDF de cada estación.

En las tres estaciones analizadas los resultados obtenidos mostraron un alto porcentaje de confiabilidad, lo que hace que el método IILA siga siendo aplicable en la actualidad, esto se puede reafirmar en la tesis de Mastér en Ingeniería Civil de Víctor Rendón Dávila, que utiliza este método para el cálculo de su hietogramas de diseño, cuyos resultados mostrarón tener una mayor confiabilidad que los obtenidos de registros históricos de estaciones cercanas. Además, se tiene de conocimiento que el método IILA es considerado valido por el Ogranismo Supervisor de las Contraciones del Estado (OSCE) en estudios Hidrológicos para perfiles y expedientes técnicos, así mismo el Reglamento Nacional de Edificaciones, en su capítulo de Drenaje Pluvial Urbano (OS.060) considera el uso del método IILA para el cálculo de precipitaciones e intensidades máximas anuales.

Es necesario mencionar que la presente tesis pudiera variar en sus resultados de hietogramas de diseño, debido a que no se contó con registros de precipitaciones máximas horarias en las estaciones de estudio, para salvar

esta dificultad, los tesisistas utilizamos coeficientes de disgregación mostrados en las tablas IV.22, IV.45 Y IV.68. Otro factor que puede cambiar ligeramente los resultados es la variable “n” del método ILLA, ya que la subzona 5a 7 carecía de este valor, el cual se tuvo que asumir calculando el promedio de dos subzonas vecinas que contaban con el valor de la mencionada variable.

En base a los resultados obtenidos de los hietogramas de diseño, podemos decir que el método del Instituto Italo Latino Americano – Senamhi – Uni, aún sigue siendo confiable para las estaciones pluviométricas de Quiruvilca, Julcán y Salpo ubicados en la Cuenca Moche, a pesar de que que en el año 1983 (año de publicación del estudio) aún no se tenían registrados las precipitaciones de los fenómenos del niño presentados en los años siguientes.

#### **14. CONCLUSIONES**

- Se elaboró satisfactoriamente el software denominado “HydroILLA” en el lenguaje de programación “Visual Basic”, para la automatización del método Italo-Latino Americano, de esta manera el cálculo de los hietogramas de diseño se realizó de una manera ágil, interactiva y optimizando tiempo. Además, se verificó la veracidad de sus resultados realizando iguales operaciones de cálculo en hojas de Excel con una confiabilidad del 100%.
- Se calculó los hietogramas de diseño por el método Italo-Latino Americano usando el software “HydroILLA” en los distritos de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche. Para la estación Quiruvilca se obtuvo el hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años mostrado en la tabla III.1 con precipitación máxima de 30.29 mm y precipitación mínima de 1.21 mm, para los periodos de retorno de 100, 50, 25, 10, 5 y 2 años los valores de las precipitaciones de diseño se muestran en las tablas III.2, III.3, III.4, III.5, III.6 y III.7 respectivamente. Para la estación Julcán se obtuvo el hietograma de diseño para un

periodo de retorno de 500 años mostrado en la tabla III.8 con precipitación máxima de 28.27 mm y precipitación mínima de 1.13 mm, para los periodos de retorno de 100, 50, 25, 10, 5 y 2 años los valores de las precipitaciones de diseño se muestran en las tablas III.9, III.10, III.11, III.12, III.13 y III.14 respectivamente. Para la estación Salpo se obtuvo el hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años mostrado en la tabla III.15 con precipitación máxima de 28.14 mm y precipitación mínima de 1.12 mm, para los periodos de retorno de 50, 25, 10, 5 y 2 años los valores de las precipitaciones de diseño se muestran en las tablas III.16, III.17, III.18, III.19, III.20 y III.21 respectivamente.

- Se calculó los hietogramas de diseño en base a registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas en los distritos de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche. Para la estación Quiruvilca se obtuvo el hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años mostrado en la tabla IV.28 con precipitación máxima de 28.55 mm y precipitación mínima de 1.14 mm, para los periodos de retorno de 100, 50, 25, 10, 5 y 2 años los valores de las precipitaciones de diseño se muestran en las tablas IV.29, IV.30, IV.31, IV.32, IV.33 y IV.34 respectivamente. Para la estación Julcán se obtuvo el hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años mostrado en la tabla IV.51 con precipitación máxima de 25.91 mm y precipitación mínima de 1.03 mm, para los periodos de retorno de 100, 50, 25, 10, 5 y 2 años los valores de las precipitaciones de diseño se muestran en las tablas IV.52, IV.53, IV.54, IV.55, IV.56 y IV.57 respectivamente. Para la estación Salpo se obtuvo el hietograma de diseño para un periodo de retorno de 500 años mostrado en la tabla IV.74 con precipitación máxima de 30.34 mm y precipitación mínima de 1.21 mm, para los periodos de retorno de 100, 50, 25, 10, 5 y 2 años los valores de las



precipitaciones de diseño se muestran en las tablas IV.75, IV.76, IV.77, IV.78, IV.79 y IV.80 respectivamente.

- Contrastando los hietogramas de diseño calculados por el método Italo-Latino Americano y en base al registro histórico de precipitaciones máximas en 24 horas en los distritos de Salpo, Quiruvilca y Julcán-Cuenca Moche; se concluyó que el método IILA para un periodo de retorno de 500 años en la estación Quiruvilca presenta un porcentaje de confiabilidad del 95%, para la estación pluviométrica de Julcán muestra una fiabilidad del 92% mientras que para la estación Salpo se determinó un 93%. En un periodo de retorno de 100 años las estaciones de Quiruvilca, Julcán y Salpo presentan un porcentaje de fiabilidad del 87%, 88% y 93% respectivamente. Para un periodo de retorno de 50 años las estaciones de Quiruvilca, Julcán y Salpo presentan un porcentaje de fiabilidad del 85%, 87% y 89% respectivamente. Para un periodo de retorno de 25 años las estaciones de Quiruvilca, Julcán y Salpo presenta un porcentaje de fiabilidad del 83%, 88% y 85% respectivamente. Para un periodo de retorno de 10 años las estaciones de Quiruvilca, Julcán y Salpo presentan un porcentaje de fiabilidad del 83%, 90% y 82% respectivamente. Para un periodo de retorno de 5 años las estaciones de Quiruvilca, Julcán y Salpo presenta un porcentaje de fiabilidad del 84%, 94% y 82% respectivamente. Mientras que para un periodo de retorno de 2 años las estaciones de Quiruvilca, Julcán y Salpo presenta un porcentaje de fiabilidad del 89%, 97% y 85% respectivamente. Por consiguiente, se puede afirmar que el método del Instituto Italo-Latino Americano supera nuestra hipótesis al presentar un nivel de confiabilidad superior al 80%.
- Finalmente, al observar la tendencia de la confiabilidad para todos los periodos de retorno en cada estación, se concluyó que la confiabilidad es mayor en periodos de retorno altos (T: 500 años) y en periodos de

retornos bajos (T: 2 años), mientras que para periodos de retorno intermedios (T: 50, 25 y 10 años) el porcentaje de confiabilidad disminuye.

## **15. RECOMENDACIONES**

- Para un estudio mas riguroso se recomienda contar con registros históricos de pluviógrafos, escenario que llevará a una variación en los porcentajes de confiabilidad y en el comportamiento real de la lluvia.
- Se recomienda que este estudio sea ampliado para las demás provincias del país y verificar así su confiabilidad, en todo caso de no ser así se propone que el método IILA sea actualizado.
- Implementar estaciones pluviográficas en el país con el objetivo de elaborar curvas IDF precisas y más actualizadas.
- crear una plataforma informática que permita al ingeniero determinar la intensidad óptima de diseño en un espacio geográfico cualquiera de nuestro país.

## 16. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, F. (1993). *Fundamento de Hidrología de Superficie*. (1ra reimpresión). México: Editorial Limusa.
- Ven Te Chow, Maidment D. y Mays L. (1994). *Hidrología Aplicada*. (1ra edición). Colombia: MacGraw Hill – INTERAMERICANA S.A.
- Villón Béjar, M. (2002). *Hidrología* (2da edición). Lima, Perú: Editorial Villón.
- Réndon Dávila, Oscar. (2013). *Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca (Sector los Reyes) – Puno – Perú* (Tesis de Máster). Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- IILA-SENAMHI-UNI. (1982). *Estudio de la Hidrología en el Perú, tomos: I, II Y III*. Lima: impreso en los talleres de la imprenta FAP, Ministerio de Aeronáutica.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*. Lima.
- Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca (2008). *Hidrología e Hidrogeología, obtención de hietogramas de diseño*. Salamanca. Autor: Sánchez, F.J.
- Javier García de Jalón, Rodríguez J. y Brazalez A. (1999). *Aprenda Visual Basic 6.0*. San Sebastian, España.
- Construcción de Curvas IDF (intensidad-duración-frecuencia) en zonas semiáridas de Chile central. 2003. [On-line]. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0397-B3.HTM> (recuperado el 6 de mayo del 2016).

## 17. ANEXOS

# ANEXOS