

Estudio hidrológico de gasto máximo para la delimitación de zona federal y obtención del gasto máximo de diseño para la construcción del puente vehicular sobre el río Lagos, ubicado en la calle Ramón Corona y Av. Luis Donaldo Colosio, municipio de Lagos de Moreno, Jalisco.

(Coordenadas del punto de estudio: 101° 55' 40.3500" O, 21° 21' 19.8108" N)

Marzo 2025

Contenido

Índice de láminas 5
Índice de tablas 7
1. Resumen ejecutivo del estudio 9
2. Generalidades 15
2.1. Objetivos 15
2.1.1. Objetivo general 15
2.1.2. Objetivos específicos 15
2.2. Localización política y geográfica 15
2.3. Localización hidrológica 18
2.4. Hidrografía 21
3. Delimitación y caracterización de la cuenca del río Lagos 23
3.1. Modelos Digitales de Elevación utilizados 23
3.2. Delimitación y caracterización de la cuenca 26
3.2.1. Parteaguas 26
3.2.2. Características geomorfológicas de la cuenca 28
3.3. Tiempo de concentración 34
3.4. Estimación del número de escurrimiento y coeficiente de escurrimiento (método racional) 35
3.4.1. Número de escurrimiento 35
3.4.2. Coeficiente de escurrimiento (método racional) 47
4. Información hidro climatológica 50
4.1. Estaciones climatológicas convencionales y observatorios 50
4.2. Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIME) 52
4.3. Estaciones hidrométricas 53
5. Manejo de datos climatológicos 54
5.1. Parámetros de selección de estación principales 54
5.2. Selección de estaciones principales 55
5.3. Datos de precipitación máxima mensual y anual de las estaciones principales 59
5.3.1. Datos de precipitación de la estación 11045 Media Luna 59
5.3.2. Datos de precipitación de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno 60
5.3.3. Datos de precipitación de la estación 11050 Ocampo 61
5.3.4. Datos de precipitación de la estación 11131 Las Trojes 61
5.3.5. Datos de precipitación de la estación 14054 El Puesto 63
5.3.6. Datos de precipitación de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) 63
5.3.7. Datos de precipitación de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) 64
5.3.8. Datos de precipitación de la estación 14392 Paso del Cuarenta II 65
5.4. Estimación de datos faltantes en los registros de precipitación de las estaciones principales 67
5.4.1. Método del U.S. Weather Service (IDW) 67

5.4.2. Llenado de la estación 11045 Media Luna 67
5.4.3. Llenado de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno 68
5.4.4. Llenado de la estación 11050 Ocampo 70
5.4.5. Llenado de la estación 11131 Las Trojes 72
5.4.6. Llenado de la estación 14054 El Puesto 73
5.4.7. Llenado de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) 74
5.4.8. Llenado de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) 76
5.4.9. Llenado de la estación 14392 Paso del Cuarenta II 77
5.5. Análisis de consistencia de las series de precipitación anual acumulada 80
5.5.1. Metodologías aplicadas 80
5.5.2. Evaluación de la consistencia de las series de precipitación anual acumulada de las estaciones principales 82
5.6. Creación de la estación ficticia equivalente 83
6. Ajuste de funciones de distribución y obtención de precipitación máxima 24 horas 86
6.1. Aplicación de las funciones de distribución y evaluación de la bondad de ajuste 86
6.2. Precipitación máxima diaria asociada a diferentes periodos de retorno 89
6.3. Corrección por intervalo de observación fijo 89
7. Cociente de precipitación máxima acumulada en 24 horas y la precipitación máxima acumulada en 1 hora 91
8. Estimación de curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno (I-D-Tr) 93
9. Gasto máximo probable 95
9.1. Periodo de retorno de diseño 95
9.2. Envolventes de Creager, Lowry y Francou-Rodier 97
9.3. Ajuste de funciones de distribución a datos hidrométricos de la estación 12454 99
9.4. Método racional americano 105
9.5. Método de I-Pai-Wu 106
9.6. Método de Chow 108
9.7. Método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT) 111
9.8. Resumen de resultados 116
10. Referencias 117
11. Anexos 118
Anexo A) Equivalencia de tipo de suelo FAO-SCS 119
A). 1. Introducción 120
A). 2. Sistema de clasificación de suelos de la SCS [según sus características hidrológicas] 120
A). 3. Sistema de clasificación de suelos de la FAO 120
A). 4. Tabla de equivalencia empleada en la elaboración del estudio 121
Anexo B) Funciones de distribución utilizadas 124
B). 1. Funciones de distribución aplicadas 125
B). 2. Teoría de funciones de distribución de dos poblaciones 126
B). 3. Estimación de parámetros 127

Anexo C) Información hidrométrica y climatológica (anexo digital) 131
Anexo D) Desglose de la estimación de datos faltantes y creación de la estación ficticia (anexo digital) 132

Índice de láminas

Lámina 1 Ubicación de la zona en estudio 9
Lámina 2 Delimitación de la cuenca en estudio 10
Lámina 3 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio 11
Lámina 4 Avenidas máximas registradas 12
Lámina 5 Resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo del gasto máximo probable de la cuenca del río Lagos 13
Lámina 6 Hidrograma de la avenida con periodo de retorno de 50 años 14
Lámina 7 Macro localización de la zona de estudio 15
Lámina 8 Micro localización de la zona de estudio 16
Lámina 9 Imagen satelital de la zona de estudio 17
Lámina 10 Región hidrológico-administrativa 18
Lámina 11 Región hidrológica 19
Lámina 12 Subregión hidrológica 19
Lámina 13 Cuenca administrativa 20
Lámina 14 Hidrografía de la zona de estudio 21
Lámina 15 Hidrografía de la zona en estudio (micro localización) 22
Lámina 16 Distribución de Modelos Digitales de Elevación escala 1:10,000 de INEGI 24
Lámina 17 Distribución de Modelos Digitales de Elevación escala 1:50,000 de INEGI 25
Lámina 18 Delimitación de la cuenca del río Lagos hasta el sitio de la obra propuesta 26
Lámina 19 Distribución de elevaciones en la cuenca en estudio 27
Lámina 20 Distribución de pendientes de la cuenca 27
Lámina 21 Ubicación del cauce principal 28
Lámina 22 Perfil del cauce principal 29
Lámina 23 Representación gráfica de los resultados del cálculo de la pendiente media del cauce principal 31
Lámina 24 Curva hipsométrica de la cuenca de drenaje 32
Lámina 25 Interpretación general de la curva hipsométrica 33
Lámina 26 Uso del suelo de la cuenca (elaborado con datos del tema de uso de suelo y vegetación de la serie VII de INEGI) 40
Lámina 27 Distribución del uso del suelo en la cuenca (elaborado con datos del tema de uso de suelo y vegetación de la serie VII de INEGI) 41
Lámina 28 Edafología de la cuenca según la clasificación de la FAO, elaborado con datos de INEGI 42
Lámina 29 Clasificación del tipo de suelos del Soil Conservation Service 43
Lámina 30 Tipo hidrológico de suelo según la clasificación del SCS (Soil Conservation Service) 43
Lámina 31 Distribución de Grupos Hidrológicos de la cuenca en estudio 44
Lámina 32 Zonificación del número de escurrimiento 46
Lámina 33 Zonificación del coeficiente de escurrimiento, método racional 48
Lámina 34 Estaciones climatológicas en la zona de estudio 50
Lámina 35 Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIME) en la zona de estudio 52
Lámina 36 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio 53
Lámina 37 Preselección de estaciones que cumplen los criterios de porcentaje de vacíos, años con registro y datos actuales 56
Lámina 38 Polígonos de Thiessen generados con las estaciones preseleccionadas 57
Lámina 39 Escala temporal de información registrada en las estaciones principales 57
Lámina 40 Escala temporal de información registrada en las estaciones principales en el periodo seleccionado 58
Lámina 41 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11045 67
Lámina 42 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno 69
Lámina 43 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11050 Ocampo 70
Lámina 44 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11131 Las Trojes 72
Lámina 45 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14054 El Puesto 73
Lámina 46 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) 75
Lámina 47 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) 76
Lámina 48 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14392 Paso del Cuarenta II 77
Lámina 49 Polígonos de Thiessen 83
Lámina 50 Gráfico de funciones de distribución, estación ficticia 87

Lámina 51 Gráfica de la función con mejor ajuste (Gamma de dos parámetros por momentos) para la estación ficticia 87
Lámina 52 Ajuste de la magnitud de precipitación por intervalo de observación fijo en relación con la cantidad de observaciones por día ... 89
Lámina 53 Gráfico para estimar la precipitación de una hora con Tr=2 años 91
Lámina 54 Valores de los parámetros a, b y c en función del cociente lluvia-duración 93
Lámina 55 Curvas I-D-Tr estimadas para la cuenca del río Lagos 94
Lámina 56 Curvas I-D-Tr (mm/h) 94
Lámina 57 Criterios de elección del periodo de retorno (SCT, norma N·PRY·CAR·1·06·004/18) 96
Lámina 58 Envolventes de gasto, aplicación a la cuenca del río Lagos 98
Lámina 59 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio 99
Lámina 60 Avenidas máximas registradas 100
Lámina 61 Gráfica de AFD a datos hidrométrico 102
Lámina 62 AFD a datos hidrométricos, función Gumbel doble por momentos L 102
Lámina 63 Hidrograma de la avenida con periodo de retorno de 50 años 104
Lámina 64 Resultados de la aplicación del método racional a la cuenca del río Lagos 105
Lámina 65 Hidrogramas obtenidos por el método de I-Pai-Wu, cuenca río Lagos 107
Lámina 66 Gastos máximos probables (método de Chow), cuenca río Lagos 109
Lámina 67 Hietograma de diseño para el método del HUT, periodo de retorno de 50 años 112
Lámina 68 Elementos geométricos del Hidrograma Unitario Triangular 113
Lámina 69 Hidrogramas resultantes de la aplicación del método del HUT en la cuenca del río Lagos 114
Lámina 70 Hidrograma obtenido por el método del HUT para el periodo de retorno de 50 años, cuenca río Lagos 115
Lámina 71 Resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo del gasto máximo probable de la cuenca del río Lagos 116
Lámina 72 Esquemas de perfiles de suelos plenamente desarrollados y diferenciado 121

Índice de tablas

Tabla 1 Ubicación geográfica del sitio en estudio 9
Tabla 2 Datos principales de la zona en estudio y su cuenca 10
Tabla 3 Gastos máximos probables de la cuenca 12
Tabla 4 Ubicación geográfica del tramo en estudio 15
Tabla 5 Modelos Digitales de elevación utilizado 23
Tabla 6 Desglose del cálculo de la pendiente media del cauce principal 30
Tabla 7 Resultados del cálculo de la pendiente media del cauce principal 31
Tabla 8 Características geomorfológicas de la cuenca 31
Tabla 9 Clasificación de las cuencas debido al área (Campos, 1992) 32
Tabla 10 Cálculo del tiempo de concentración 34
Tabla 11 Asignación del Número de Curva para los usos de suelo que se presenta en la República Mexicana y su correspondencia con el uso de suelo establecido en las tablas del TR-55 "Hidrología urbana para cuencas pequeñas" (fuente: Hernandez,2014) 35
Tabla 12 Asignación del Número de Curva para los usos de suelo que se presenta en la República Mexicana y su correspondencia con el uso de suelo establecido en las tablas del TR-55 "Hidrología urbana para cuencas pequeñas" (continuación) (fuente: Hernandez,2014) 35
Tabla 13 Asignación del Número de Curva para los usos de suelo que se presenta en la República Mexicana y su correspondencia con el uso de suelo establecido en las tablas del TR-55 "Hidrología urbana para cuencas pequeñas" (continuación) (fuente: Hernandez,2014) 36
Tabla 14 Condición hidrológica para bosques y selva (fuente: Hernandez,2014) 37
Tabla 15 Condición hidrológica para matorral xerófilo, zonas desprovistas de vegetación, pastizales y vegetación inducida (fuente: Hernandez,2014) 38
Tabla 16 Condición hidrológica para zona agrícolas (fuente: Hernandez,2014) 39
Tabla 17 Número de escurrimiento para zonas urbanas y suburbanas (Campos, 2010) 39
Tabla 18 Cuantificación del uso del suelo de la cuenca del río Lagos 41
Tabla 19 Edafología de la cuenca 42
Tabla 20 Tipo Hidrológico de suelo (SCS) 44
Tabla 21 Distribución de Grupos Hidrológicos de la cuenca en estudio 44
Tabla 22 Cálculo del número de escurrimiento (N) 45
Tabla 23 Coeficientes recomendados para su utilización en el método racional 47
Tabla 24 Ponderación del coeficiente de escurrimiento del método racional 48
Tabla 25 Estaciones climatológicas en la zona 50
Tabla 26 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio 53
Tabla 27 Parámetros para la selección de estaciones climatológicas 54
Tabla 28 Preselección de estaciones que cumplen los criterios de porcentaje de vacíos, años con registro y datos actuales 55
Tabla 29 Estaciones con área de influencia en la cuenca 56
Tabla 30 Registros de precipitación máxima de la estación 11045 Media Luna 59
Tabla 31 Registros de precipitación máxima de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno 60
Tabla 32 Registros de precipitación máxima de la estación 11050 Ocampo 61
Tabla 33 Registros de precipitación máxima de la estación 11131 Las Trojes 62
Tabla 34 Registros de precipitación máxima de la estación 14054 El Puesto 63
Tabla 35 Registros de precipitación máxima de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) 64
Tabla 36 Registros de precipitación máxima de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) 65
Tabla 37 Registros de precipitación máxima de la estación 14392 Paso del Cuarenta II 65
Tabla 38 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11045 67
Tabla 39 Registro de precipitación máxima de la estación 11045, con el proceso de llenado 67
Tabla 40 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno 69
Tabla 41 Registro de precipitación máxima de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno, con el proceso de llenado 69
Tabla 42 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11050 Ocampo 70
Tabla 43 Registro de precipitación máxima de la estación 11050 Ocampo, con el proceso de llenado 70
Tabla 44 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11131 Las Trojes 72
Tabla 45 Registro de precipitación máxima de la estación 11131 Las Trojes, con el proceso de llenado 72
Tabla 46 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14054 El Puesto 73
Tabla 47 Registro de precipitación máxima de la estación 14054 El Puesto, con el proceso de llenado 73

Tabla 48 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) 75
Tabla 49 Registro de precipitación máxima de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE), con el proceso de llenado 75
Tabla 50 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) 76
Tabla 51 Registro de precipitación máxima de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE), con el proceso de llenado 76
Tabla 52 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14392 Paso del Cuarenta II 77
Tabla 53 Registro de precipitación máxima de la estación 14392 Paso del Cuarenta II, con el proceso de llenado 78
Tabla 54 Pruebas de consistencia aplicables a series temporales de precipitación anual 80
Tabla 55 Evaluación de la consistencia de las estaciones principales del estudio 82
Tabla 56 Estaciones principales 83
Tabla 57 Datos de precipitación máxima de la estación ficticia 84
Tabla 58 Evaluación de la bondad de ajuste para las funciones de distribución aplicadas a la serie de datos máximos de la estación ficticia 86
Tabla 59 Parámetros de la función de distribución Gamma de dos parámetros por momentos 87
Tabla 60 Propiedades estadísticas de la serie de máximos anuales de la estación ficticia 87
Tabla 61 Cálculo de la función Gamma de dos parámetros por momentos para la estación ficticia 88
Tabla 62 Datos extrapolados para cada periodo de retorno, estación ficticia 89
Tabla 63 Resultados de la corrección por intervalo de observación 90
Tabla 64 Precipitaciones máximas con duración de 24 y 1 hora 92
Tabla 65 Parámetros del modelo de curvas I-D-Tr 94
Tabla 66 Periodos de retorno de diseño (GASIR, 2017) 95
Tabla 67 Coeficientes de Lowry, Creager y Francou-Rodier 97
Tabla 68 Gastos máximos utilizando envolventes regionales 98
Tabla 69 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio 99
Tabla 70 Serie anual de gastos máximos registrados en la estación 12454 100
Tabla 71 Parámetros de la serie de datos hidrométricos 101
Tabla 72 Bondad de ajuste, aplicación de AFD a datos hidrométricos 101
Tabla 73 Parámetros de la función Gumbel doble por momentos L 102
Tabla 74 Tabla de cálculo de la función Gumbel doble por momentos L 102
Tabla 75 Extrapolación de gastos máximos probables, AFD 104
Tabla 76 Resultados de la aplicación del método racional a la cuenca del río Lagos 105
Tabla 77 Parámetros del método I-Pai-Wu 106
Tabla 78 Gasto máximo probable I Pai Wu 107
Tabla 79 Gastos máximos probables (método de Chow), cuenca río Lagos 109
Tabla 80 Cálculo del gasto máximo para el periodo de retorno de 50 años, por el método de Chow 109
Tabla 81 Intervalos de cálculo para el método del hidrograma unitario triangular 112
Tabla 82 Hietogramas de diseño, método HUT 112
Tabla 83 Estimación de la pérdida mínima por infiltración, cuenca río Lagos 113
Tabla 84 Resultados del método del HUT, cuenca río Lagos 113
Tabla 85 Cálculo del gasto máximo por el método del Hidrograma Unitario Triangular para el periodo de retorno de 50 años 114
Tabla 86 Resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo del gasto máximo probable de la cuenca del río Lagos 116
Tabla 87 Tabla de equivalencia entre los tipos de suelo FAO/SCS 123

1. Resumen ejecutivo del estudio

El presente estudio forma parte del expediente para la construcción de un puente vehicular a construirse sobre el río Lagos que comunicara la calle Ramón Corona y la avenida Luis Donaldo Colosio, dentro de la cabecera municipal de Lagos de Moreno, Jalisco. La zona donde se desarrollará el proyecto tiene como coordenadas 102° 55' 40.35" de longitud oeste y 21° 21' 19.81" de latitud norte.

Tabla 1 Ubicación geográfica del sitio en estudio

Punto	Coordenadas geográficas de la obra		
	Longitud	Latitud	Elevación
Río Lagos	101° 55' 40.3500" O	21° 21' 19.8108" N	1865 msnm

Lámina 1 Ubicación de la zona en estudio



Cabe señalar que el río Lagos es un cauce de carácter federal que cuenta con declaratoria de Propiedad Nacional 249, de fecha 06 de octubre de 1920, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 30 de octubre de 1920.

Al tratarse de un cauce de carácter federal, para la construcción de la obra se requiere contar un Título de Concesión de la zona federal a ocupar y un Permiso para realizar obras de infraestructura hidráulica en cauces y zonas federales emitido por la Comisión Nacional del Agua.

La zona en estudio se localiza en dentro de la región hidrológico-administrativa VIII Lerma Santiago Pacifico, región hidrológica 12 Lerma Santiago, subregión hidrológica 12E Río Alto Santiago; perteneciendo a su vez a la cuenca administrativa 1224 Río de Lagos. Dicha cuenca se encuentra con una disponibilidad de 0.006 hm³ conforme al "ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2023.

Para la obtención de los gastos máximos probables asociados a diferentes periodos de retorno se realizó una recopilación de la información disponible, incluyendo modelos digitales de elevación, edafología, uso de suelo hidrometría y climatología.

Durante la primera fase del estudio de delimito y caracterizo la cuenca en estudio, empleando los modelos digitales de Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI)con escala 1:10,000 y 1:50,000, obteniendo la delimitación mostrada en la lámina 2 los datos plasmados en la tabla 2, destacando que el área de la cuenca es de 2407.32 km², con un tiempo de concentración de 21.09 horas.

Lámina 2 Delimitación de la cuenca en estudio

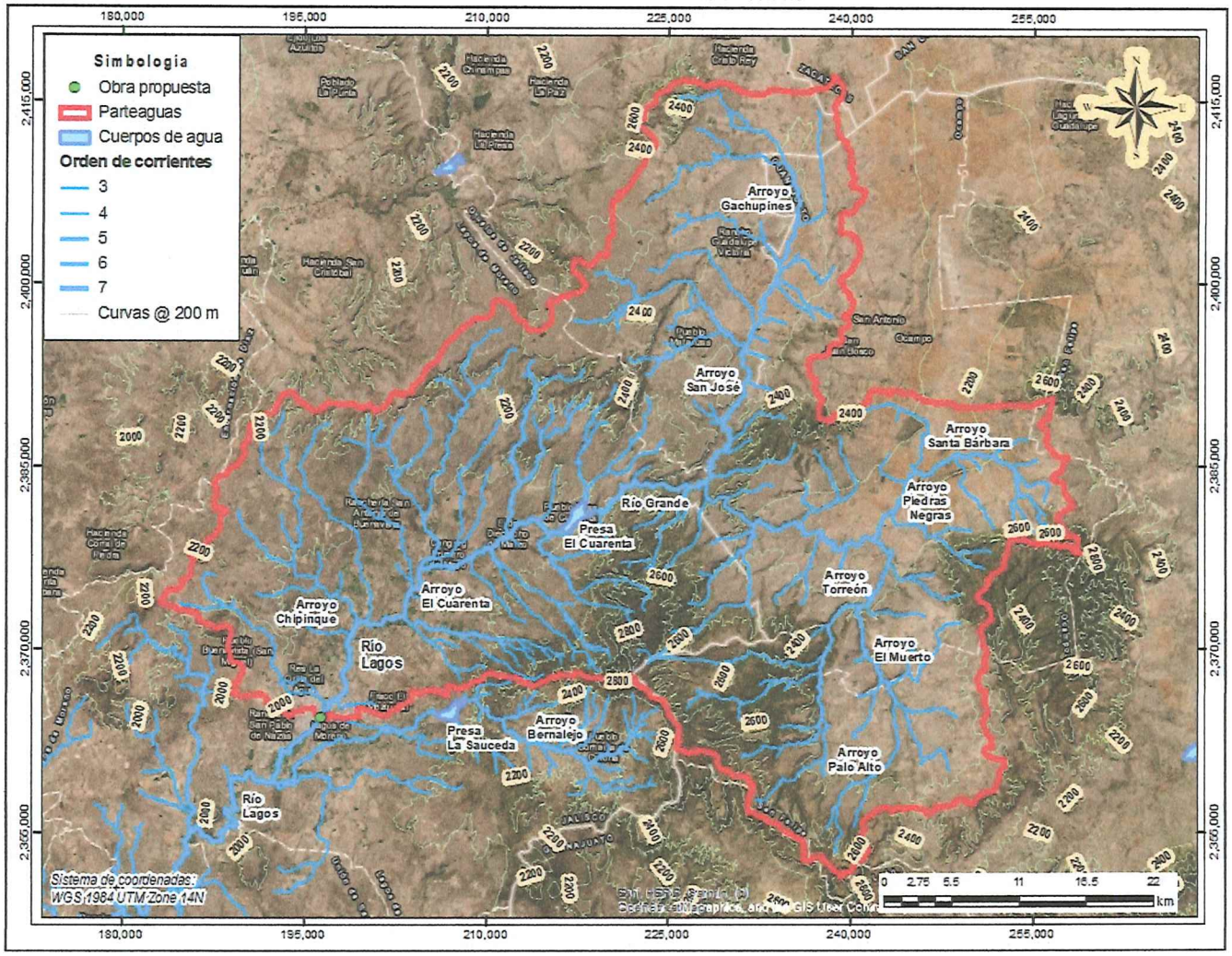


Tabla 2 Datos principales de la zona en estudio y su cuenca

Característica	Valor	Unidad
Punto en estudio	Puente en calle Ramón Corono y Av. Luis Donaldo Colosio	
Cauce	Río Lagos	
Organismo de cuenca	VIII Lerma-Santiago-Pacífico	
Región hidrológica	12 Lerma-Santiago	
Subregión hidrológica	12E Río Alto Santiago	
Cuenca administrativa	1224 Río de Lagos	
Área de la cuenca	2,407.32	km²
Perímetro	437.53	km
Pendiente media de la cuenca	12.06	km
Longitud del cauce principal	110.65	km
Pendiente media del cauce principal	0.39	%
Tiempo de concentración	21.09	h

Empleando las capas de uso de suelo y edafología del Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) se estimó que la cuenca tiene un número de curva de 77.15.

Al recabar la información disponible de carácter hidrométrico se encontró que aguas arriba de la zona en estudio se localiza la estación hidrométrica 12454 Lagos, misma que cuenta con información desde el año 1950 hasta 2014, registrando un gasto máximo de 598.44 m³/s el día 28 de septiembre de 2004 a las 15 horas, como segundo registro máximo histórico se tiene un gasto de 500 m³/s en día 11 de julio de 1991 a las 16 horas.

Lámina 3 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio

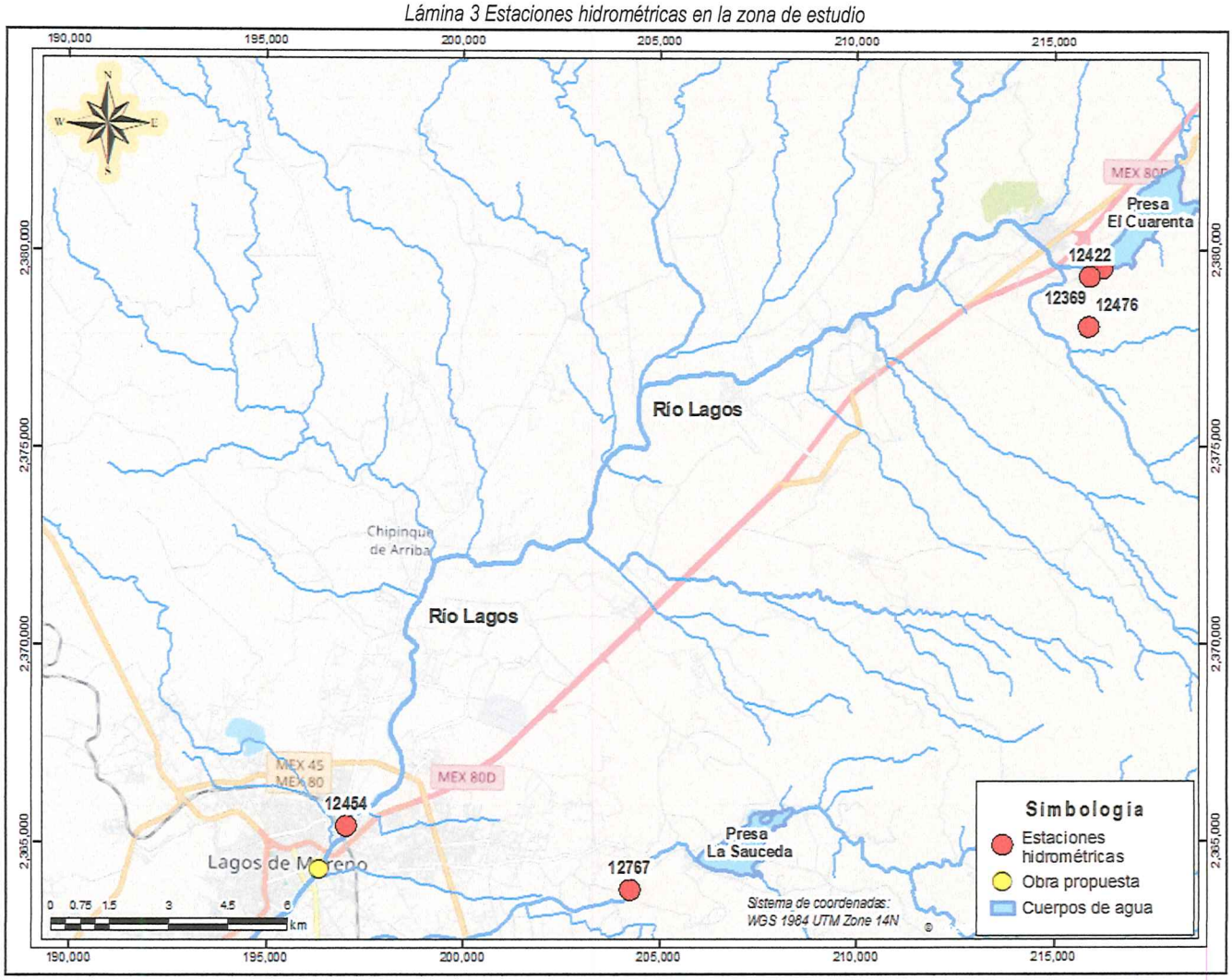
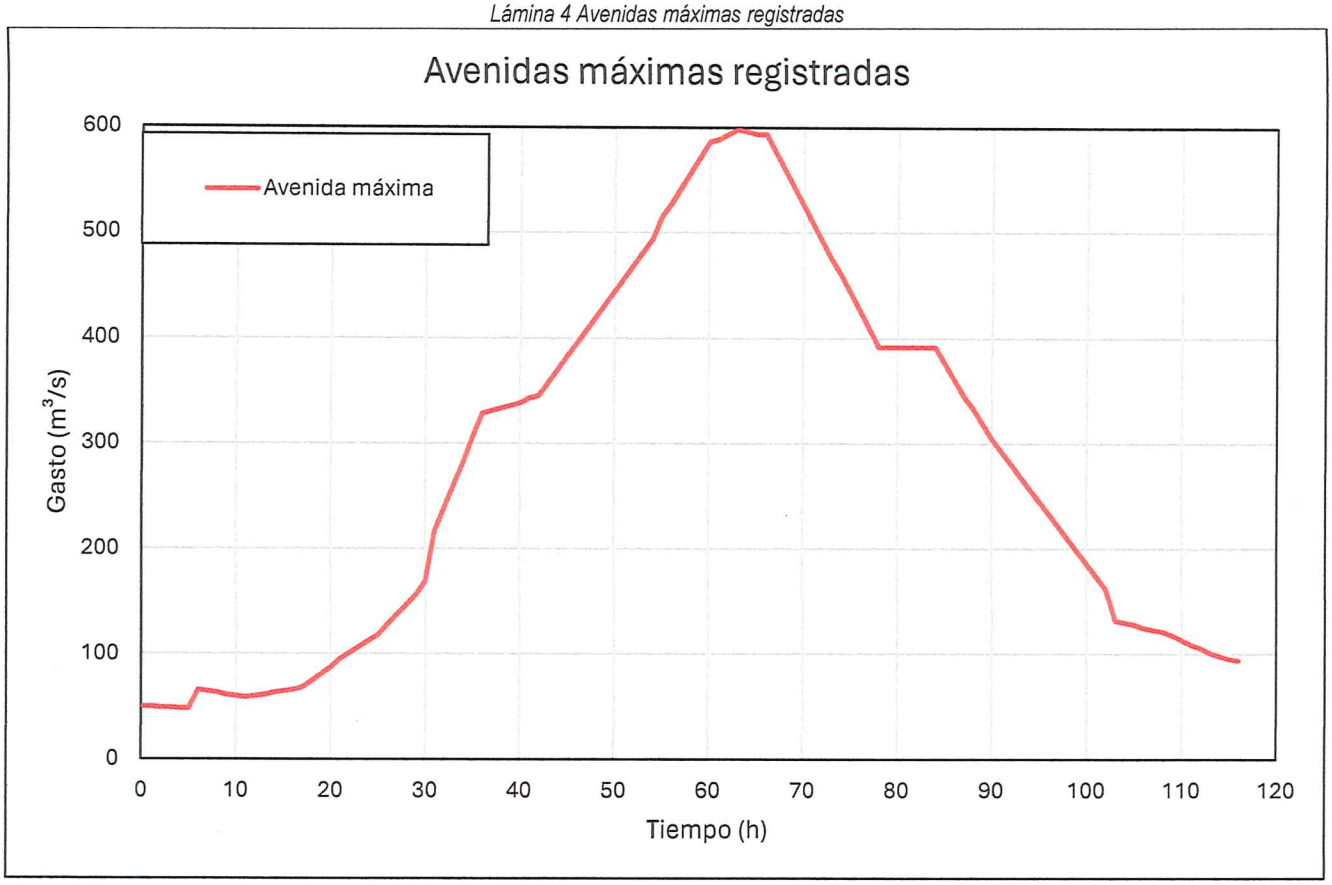


Lámina 4 Avenidas máximas registradas



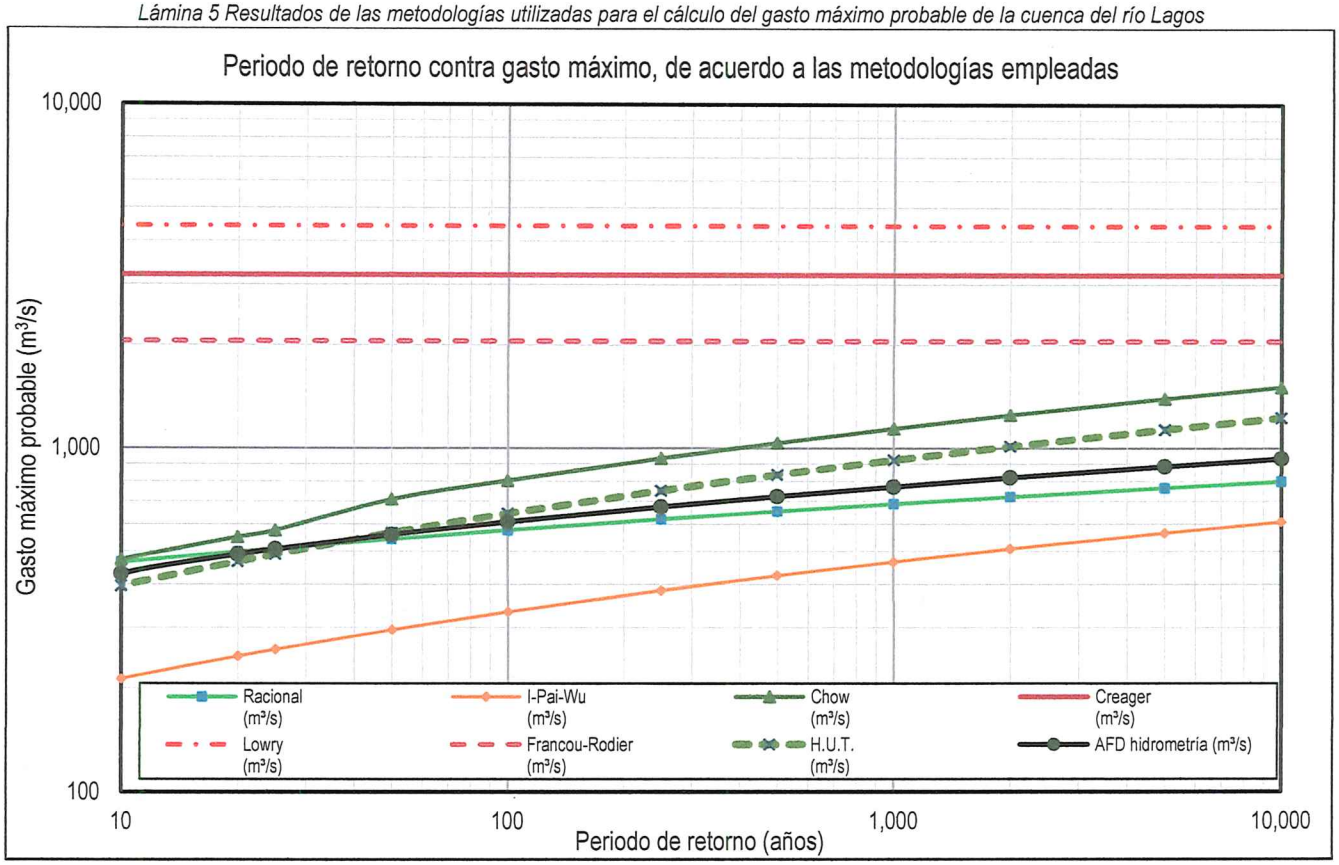
Al no contar con información reciente procedente de la estación hidrométrica se emplearon modelos lluvia-escurrimiento con datos climatológicos actualizados que permiten contrastar la información, para ello se recabo y empleó la información climatológica disponible en la página del Servicio Meteorológico Nacional dentro de la zona, se procesó la información generando una estación ficticia equivalente que representa la climatología de la cuenca, empleando el modelo de Cheng para la estimación de las curvas Intensidad-Duración-Periodo de Retorno.

Finalmente, como resultado de la aplicación de diferentes metodologías se obtuvieron los resultados que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3 Gastos máximos probables de la cuenca

Periodo de retorno (años)	AFD hidrometría (m³/s)	Envolventes			Semiempíricos		Modelos lluvia-escurrimiento	
		Creager (m³/s)	Lowry (m³/s)	Francou-Rodier (m³/s)	Racional (m³/s)	I-Pai-Wu (m³/s)	Chow (m³/s)	H.U.T. (m³/s)
5	332.44	3190.60	4421.81	2051.41	430.98	179.82	400.41	329.46
10	429.10				464.49	212.73	473.13	396.08
20	488.99				498.00	247.25	549.36	466.60
25	506.55				508.79	258.68	574.59	490.08
50	**558.66**				**542.30**	**295.09**	**708.63**	**565.23**
100	608.86				575.81	332.77	803.45	643.52
250	673.86				620.10	384.34	933.88	751.37
500	722.73				653.61	424.54	1,036.05	835.95
1,000	770.87				687.12	465.68	1,140.96	922.89
2,000	819.94				720.63	507.66	1,248.38	1,011.99
5,000	883.62				764.93	564.36	1,393.93	1,132.81
10,000	931.25				798.44	608.07	1,506.51	1,226.32

Lámina 5 Resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo del gasto máximo probable de la cuenca del río Lagos



Del análisis de los resultados, se infiere que la información hidrométrica registrada sigue siendo válida para el cálculo a pesar de no contar con información actualizada; por ello se recomienda emplear los resultados del ajuste de funciones de distribución de los datos hidrométricos como gastos máximos probables para el diseño de la infraestructura.

Por otra parte, la Comisión Nacional del Agua, a través de la Subdirección Técnica dio a conocer la norma para el proyecto de obras hidráulicas mediante el memorándum No. B00.7.-616 (GASIR 2017), que define los periodos de diseño para las diferentes obras hidráulicas del país. De manera análoga, la Secretaría de Comunicaciones y transportes establece, mediante la norma ·PRY·CAR·1·06·004/18 establece sus propios lineamientos para la elección del periodo de retorno de diseño en Puentes carreteros según el claro del puente y la clasificación de la vía de comunicación donde se ubique la estructura.

Utilizando lo establecido en dichos documentos se definió que el periodo de retorno de diseño del puente deberá ser de 50 años, es decir, un gasto de 558.66 m³/s utilizando los resultados obtenidos por del ajuste de funciones de distribución aplicados a la información hidrométrica.

Lámina 6 Hidrograma de la avenida con periodo de retorno de 50 años



2. Generalidades

2.1. Objetivos

2.1.1. Objetivo general

Una generalidad del objetivo es describir, evaluar y simular para cada situación propuesta el funcionamiento de la cuenca como un sistema hidrológico integral de los sucesos del ciclo hidrológico.

2.1.2. Objetivos específicos

Entre los objetivos más importantes tenemos:

- Diagnóstico de las características generales de la cuenca: geología, edafología y geomorfología.
- Estudio de las condiciones meteorológicas de la cuenca.
- Estudio de la precipitación en la cuenca, como una base para la modelación matemática lluvia – escorrentía y en el análisis de frecuencias de datos.
- Estudio del funcionamiento de la cuenca como un sistema integral, cuantificación de los componentes del ciclo hidrológico de la cuenca.
- Estimar el caudal máximo en el punto de interés.

2.2. Localización política y geográfica

La zona de interés se localiza sobre el río Lagos, en las coordenadas 101° 55' 40.3500" de longitud oeste y 21° 21' 19.8108" de latitud norte. El tramo del río en estudio está ubicado dentro de la cabecera municipal de Lagos de Moreno, entre las calles Ramón Corona y Av. Luis Donaldo Colosio. Cabe señalar que aguas abajo del sitio destinado para la construcción del puente, se incorpora al río Lagos el río Guaricho.

Tabla 4 Ubicación geográfica del tramo en estudio

Punto	*Coordenadas geográficas de la obra*		
	Longitud	*Latitud*	*Elevación*
Río Lagos	*101° 55' 40.3500" O*	*21° 21' 19.8108" N*	*1865 msnm*

Lámina 7 Macro localización de la zona de estudio

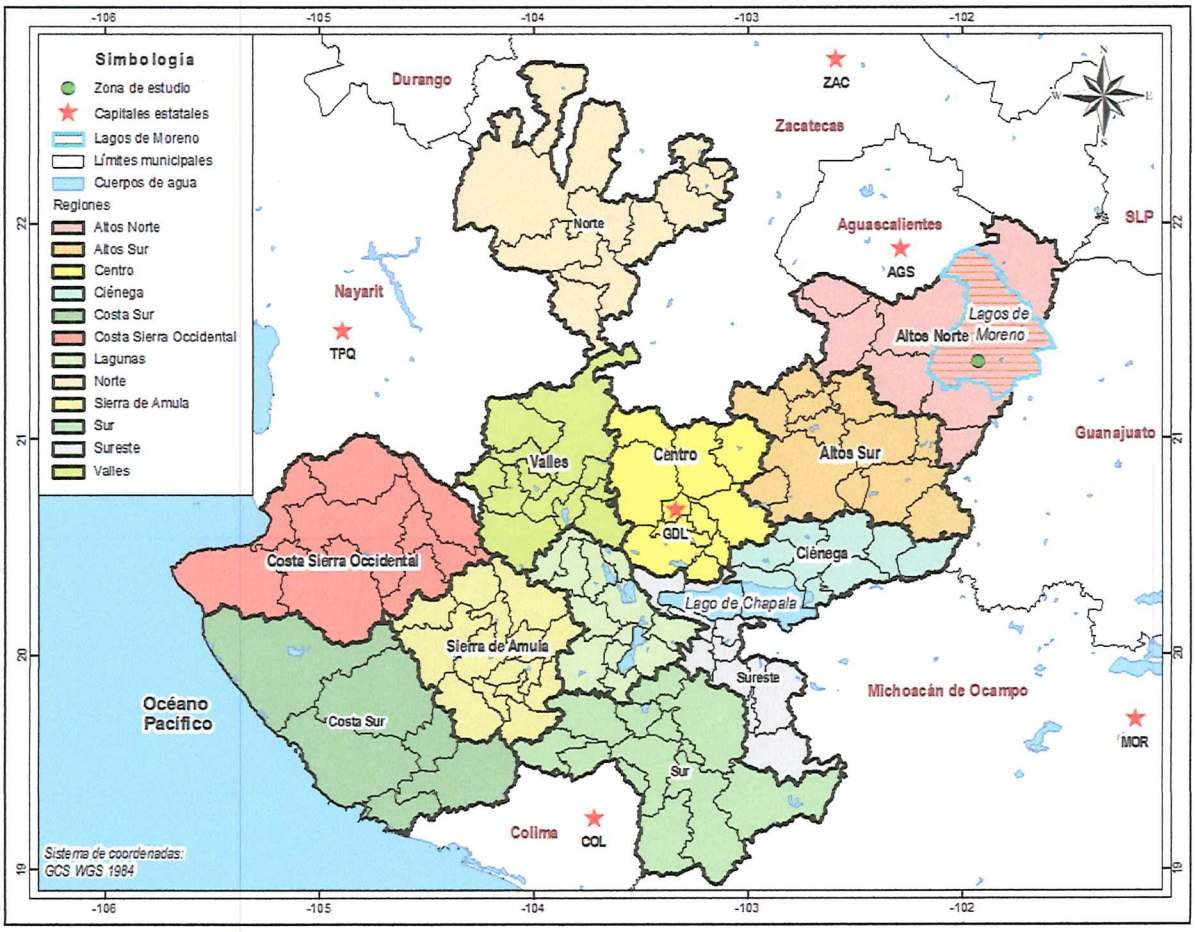
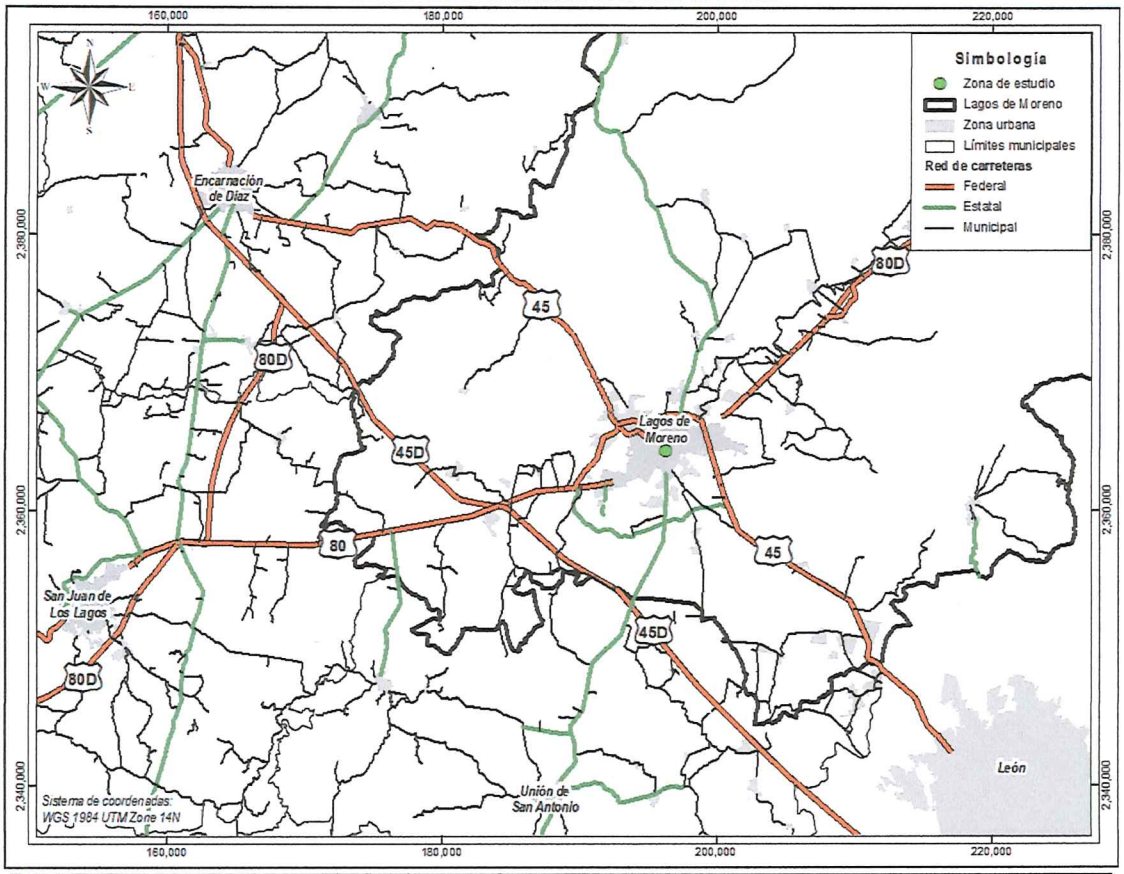


Lámina 8 Micro localización de la zona de estudio



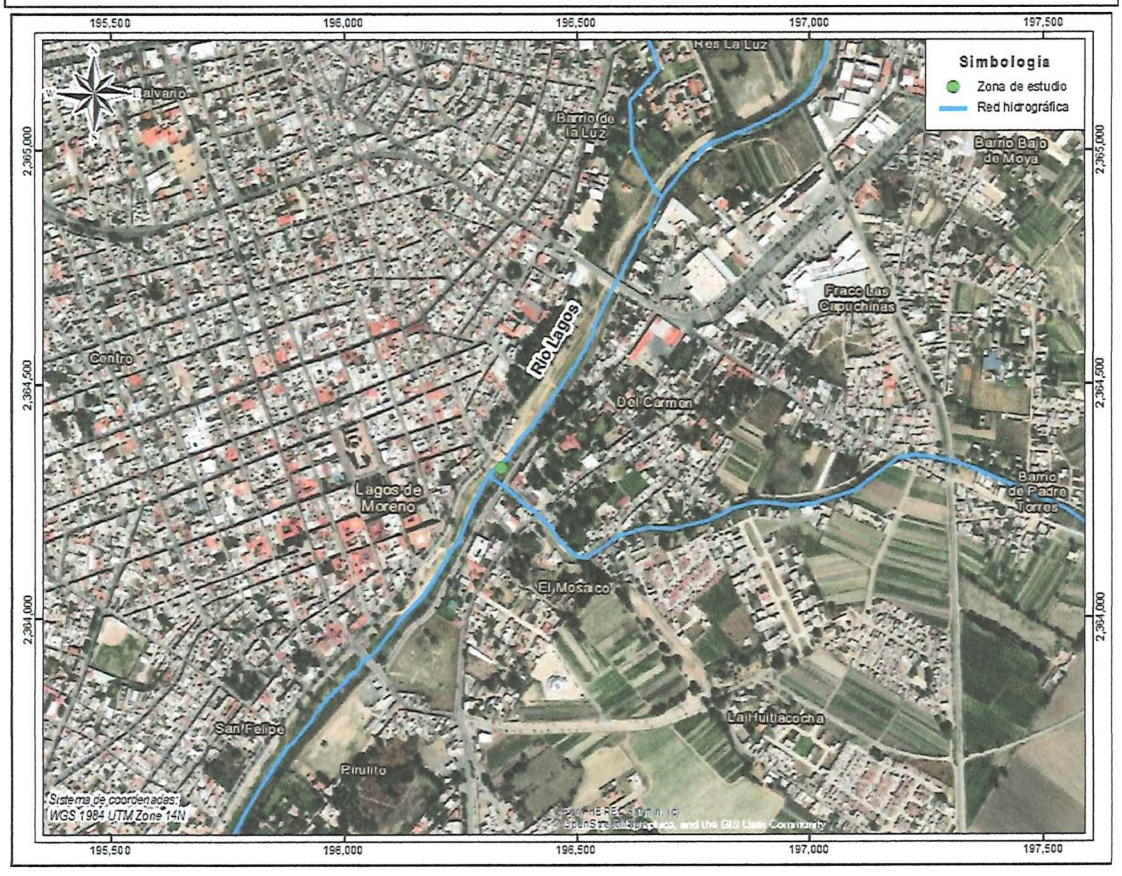


Lámina 9 Imagen satelital de la zona de estudio



2.3. Localización hidrológica

La adecuada administración de los recursos hídricos es de vital importancia para su aprovechamiento, para facilitar esta tarea el país está divido por regiones, subregiones y cuencas.

La zona en estudio, hidrológicamente hablando, se localiza en dentro de la *región hidrológico-administrativa VIII Lerma Santiago Pacifico,* región hidrológica *12 Lerma Santiago,* subregión hidrológica *12E Río Alto Santiago;* perteneciendo a su vez a la cuenca administrativa *1224 Río de Lagos*. Dicha cuenca se encuentra con una disponibilidad de 0.006 hm^3 conforme al "ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales de las 757 cuencas hidrológicas que comprenden las 37 regiones hidrológicas en que se encuentra dividido los Estados Unidos Mexicanos" publicado en el Diario Oficial de la Federación el 28 de diciembre de 2023.

Lámina 10 Región hidrológico-administrativa



Lámina 11 Región hidrológica

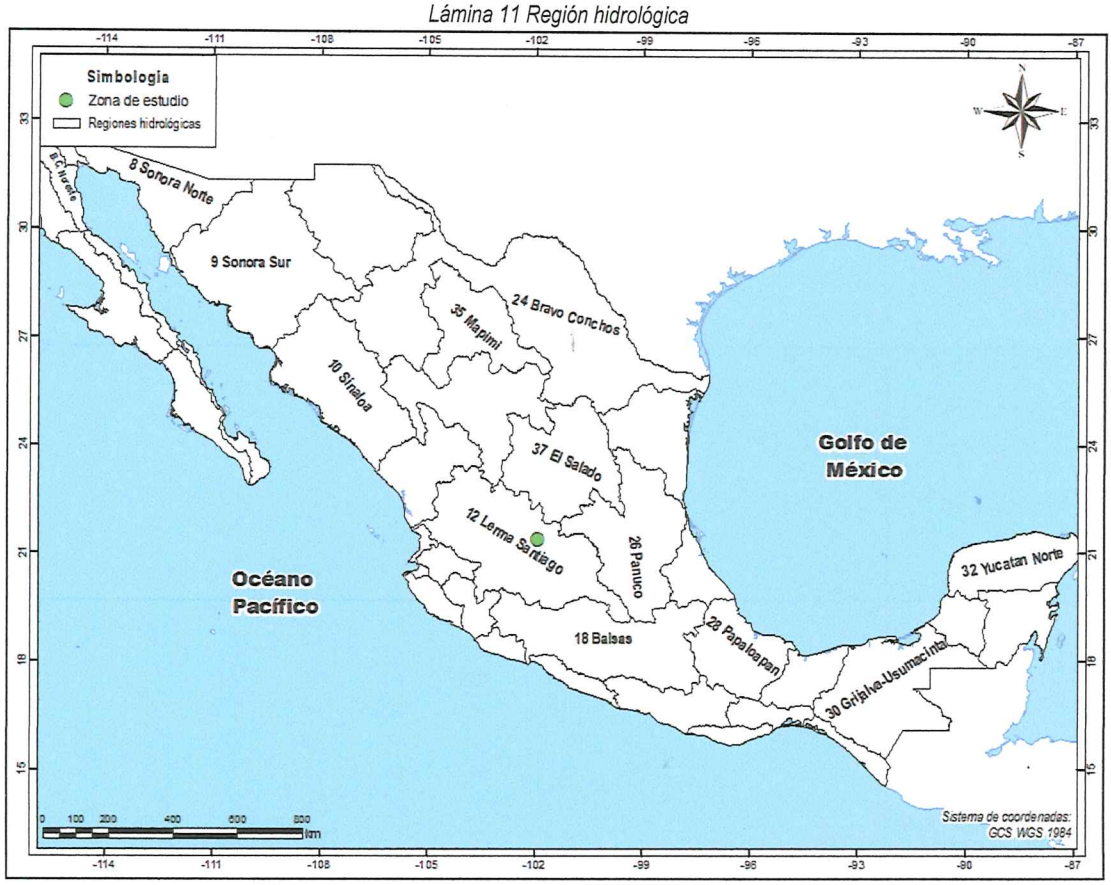


Lámina 12 Subregión hidrológica

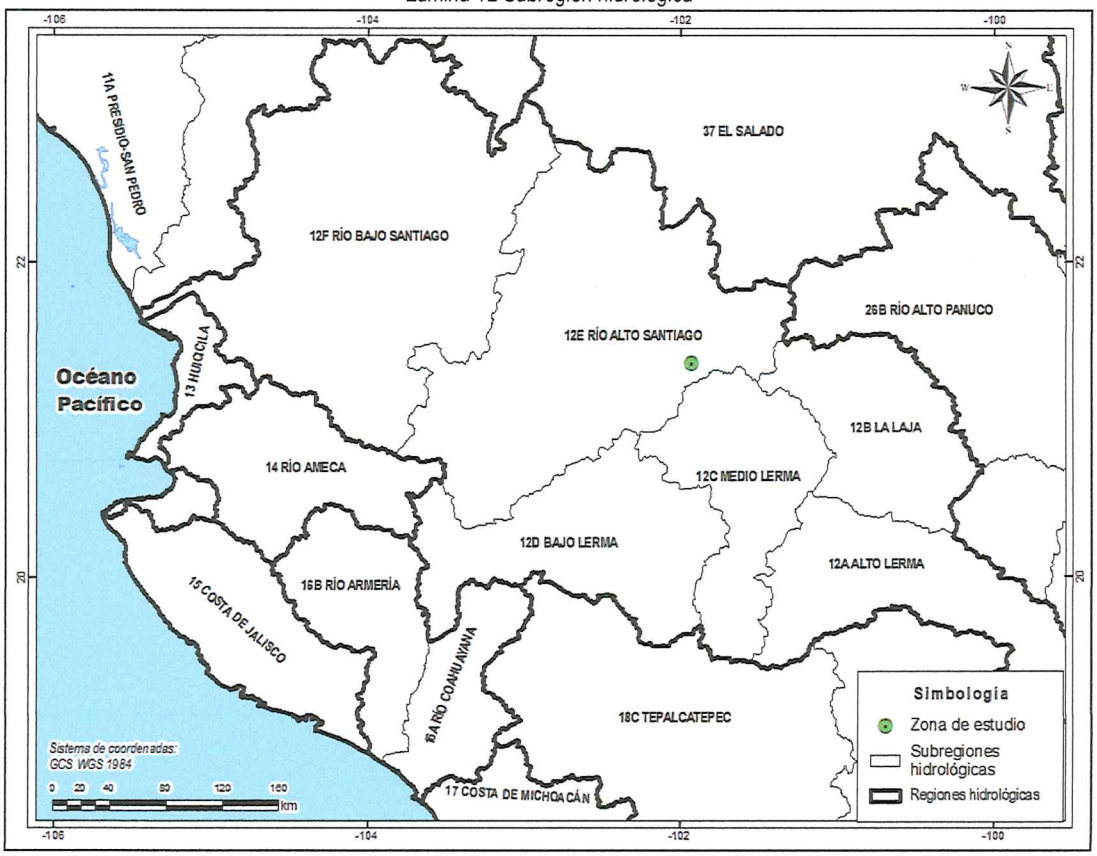
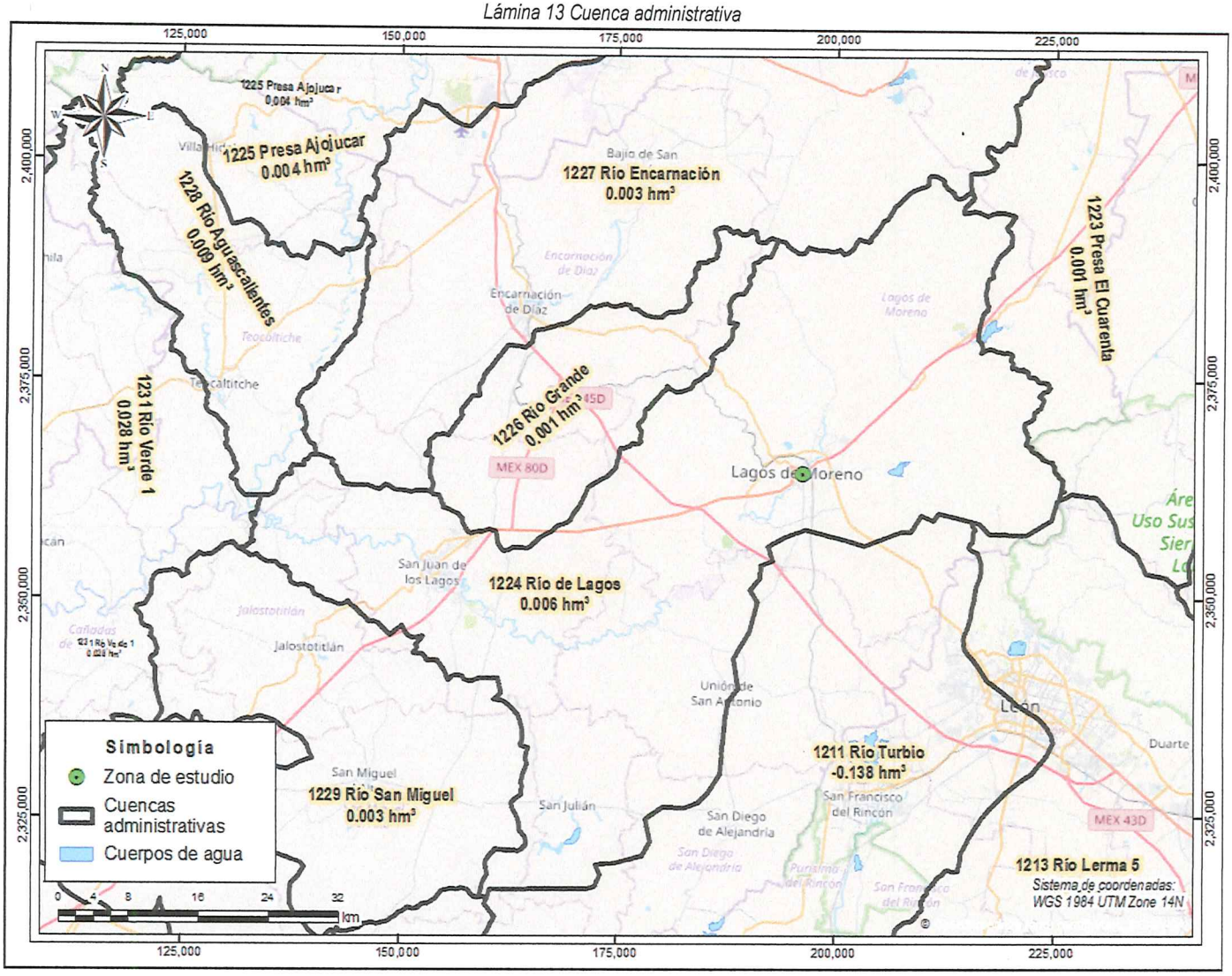


Lámina 13 Cuenca administrativa



2.4. Hidrografía

El cauce principal de la cuenca es río Lagos, el cual cambia su nombre aguas abajo a río San Juan de Los Lagos y es afluente directo del río Verde; dentro de la hidrografía de la zona destaca la presa El Cuarenta, arroyo Gachupines, arroyo San José, río Grande, arroyo El Cuarenta, arroyo Torreón, arroyo Piedras Negras y arroyo El Muerto.

Cabe señalar que aguas abajo del sitio destinado para la construcción del puente, se incorpora al río Lagos el río Guaricho

Lámina 14 Hidrografía de la zona de estudio

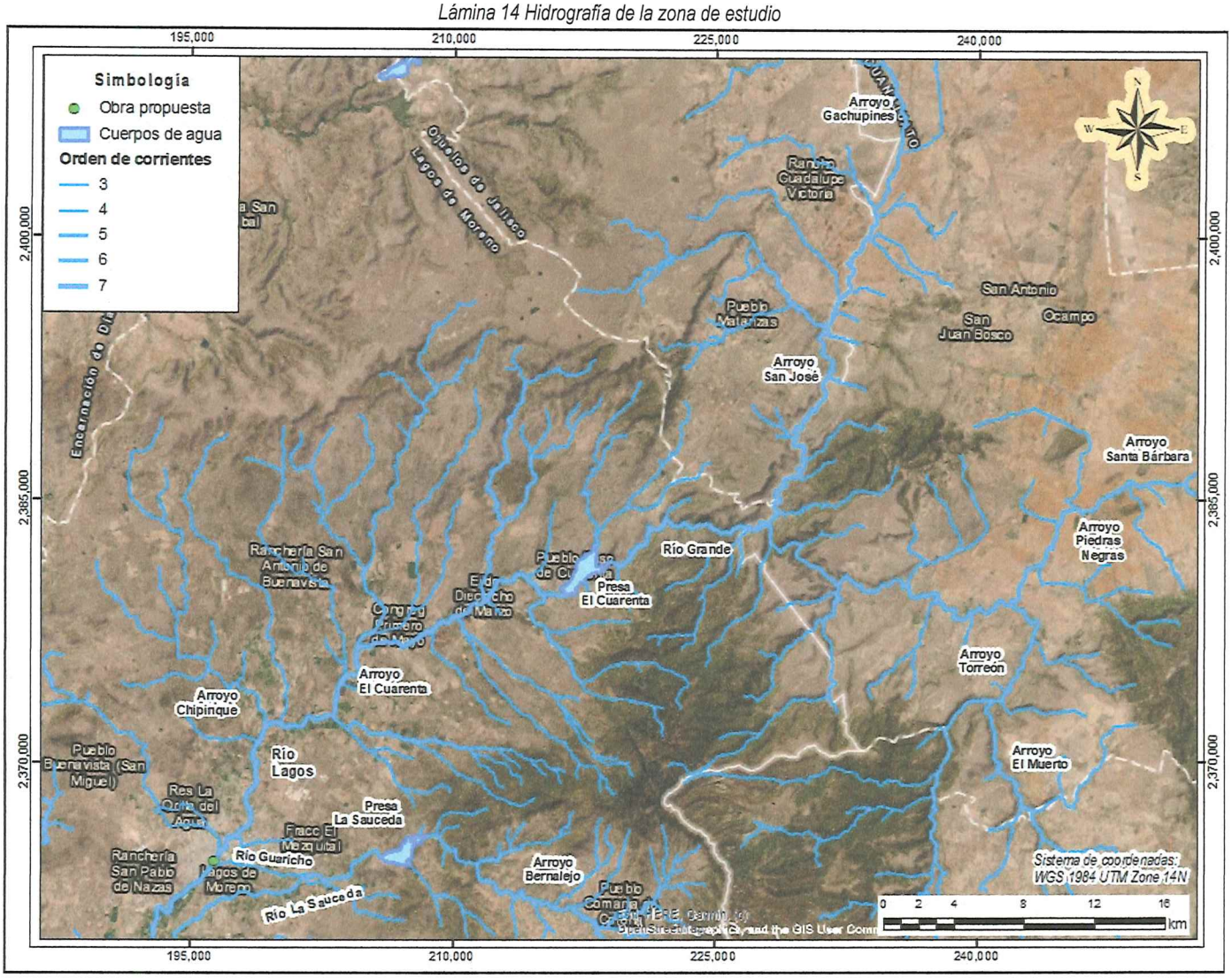


Lámina 15 Hidrografía de la zona en estudio (micro localización)



3. Delimitación y caracterización de la cuenca del río Lagos

3.1. Modelos Digitales de Elevación utilizados

Para delimitar la cuenca en estudio se utilizaron 100 Modelos Digitales de Elevación obtenidos del servicio denominado "Continuo de Elevaciones Digitales de INEGI", de acuerdo con su disponibilidad se emplearon modelos con escala 1:10,000 (98) y 1:50,000 (2) priorizando la utilización de la escala 1:10,000. La lista de los modelos digitales de plasma en la tabla 5.

Tabla 5 Modelos Digitales de elevación utilizado

Clave	Escala
F14C31B1	1 : 10 000
F14C31B2	1 : 10 000
F14C31B3	1 : 10 000
F14C31B4	1 : 10 000
F14C31C1	1 : 10 000
F14C31C2	1 : 10 000
F14C31C3	1 : 10 000
F14C31C4	1 : 10 000
F14C31D1	1 : 10 000
F14C31D2	1 : 10 000
F14C31D3	1 : 10 000
F14C31D4	1 : 10 000
F14C31E1	1 : 10 000
F14C31E2	1 : 10 000
F14C31E3	1 : 10 000
F14C31E4	1 : 10 000
F14C31F1	1 : 10 000
F14C31F2	1 : 10 000
F14C31F3	1 : 10 000
F14C31F4	1 : 10 000
F14C32A1	1 : 10 000
F14C32A2	1 : 10 000
F14C32A3	1 : 10 000
F14C32A4	1 : 10 000
F14C32C1	1 : 10 000
F14C32C3	1 : 10 000
F14C32D1	1 : 10 000
F14C32D2	1 : 10 000
F14C32D3	1 : 10 000
F14C32D4	1 : 10 000
F14C32E1	1 : 10 000
F14C32E2	1 : 10 000
F14C32E3	1 : 10 000
F14C32E4	1 : 10 000
F14C32F1	1 : 10 000
F14C32F3	1 : 10 000
F14C31A1	1 : 10 000
F14C31A2	1 : 10 000
F14C31A3	1 : 10 000
F14C31A4	1 : 10 000
F14C32B1	1 : 10 000
F14C32B2	1 : 10 000
F14C32B3	1 : 10 000
F14C32B4	1 : 10 000
F13D39C1	1 : 10 000
F13D39C2	1 : 10 000
F13D39C3	1 : 10 000
F13D39C4	1 : 10 000
F13D39F1	1 : 10 000
F13D39F2	1 : 10 000

Clave	Escala
F13D39F3	1 : 10 000
F13D39F4	1 : 10 000
F13D29F1	1 : 10 000
F13D29F2	1 : 10 000
F13D29F3	1 : 10 000
F13D29F4	1 : 10 000
F14C12E1	1 : 10 000
F14C12E2	1 : 10 000
F14C12E3	1 : 10 000
F14C12E4	1 : 10 000
F14C12F1	1 : 10 000
F14C12F3	1 : 10 000
F14C12D1	1 : 10 000
F14C12D2	1 : 10 000
F14C12D3	1 : 10 000
F14C12D4	1 : 10 000
F14C21D1	1 : 10 000
F14C21D2	1 : 10 000
F14C21D3	1 : 10 000
F14C21D4	1 : 10 000
F14C21E1	1 : 10 000
F14C21E2	1 : 10 000
F14C21E3	1 : 10 000
F14C21E4	1 : 10 000
F14C21F1	1 : 10 000
F14C21F2	1 : 10 000
F14C21F3	1 : 10 000
F14C21F4	1 : 10 000
F14C22A1	1 : 10 000
F14C22A2	1 : 10 000
F14C22A3	1 : 10 000
F14C22A4	1 : 10 000
F14C22B1	1 : 10 000
F14C22B2	1 : 10 000
F14C22B3	1 : 10 000
F14C22B4	1 : 10 000
F14C22C1	1 : 10 000
F14C22C3	1 : 10 000
F14C22E1	1 : 10 000
F14C22E2	1 : 10 000
F14C22E3	1 : 10 000
F14C22E4	1 : 10 000
F14C22F1	1 : 10 000
F14C22F3	1 : 10 000
F14C22D1	1 : 10 000
F14C22D2	1 : 10 000
F14C22D3	1 : 10 000
F14C22D4	1 : 10 000
F14C21	1 : 50 000
F14C11	1 : 50 000

Lámina 16 Distribución de Modelos Digitales de Elevación escala 1:10,000 de INEGI

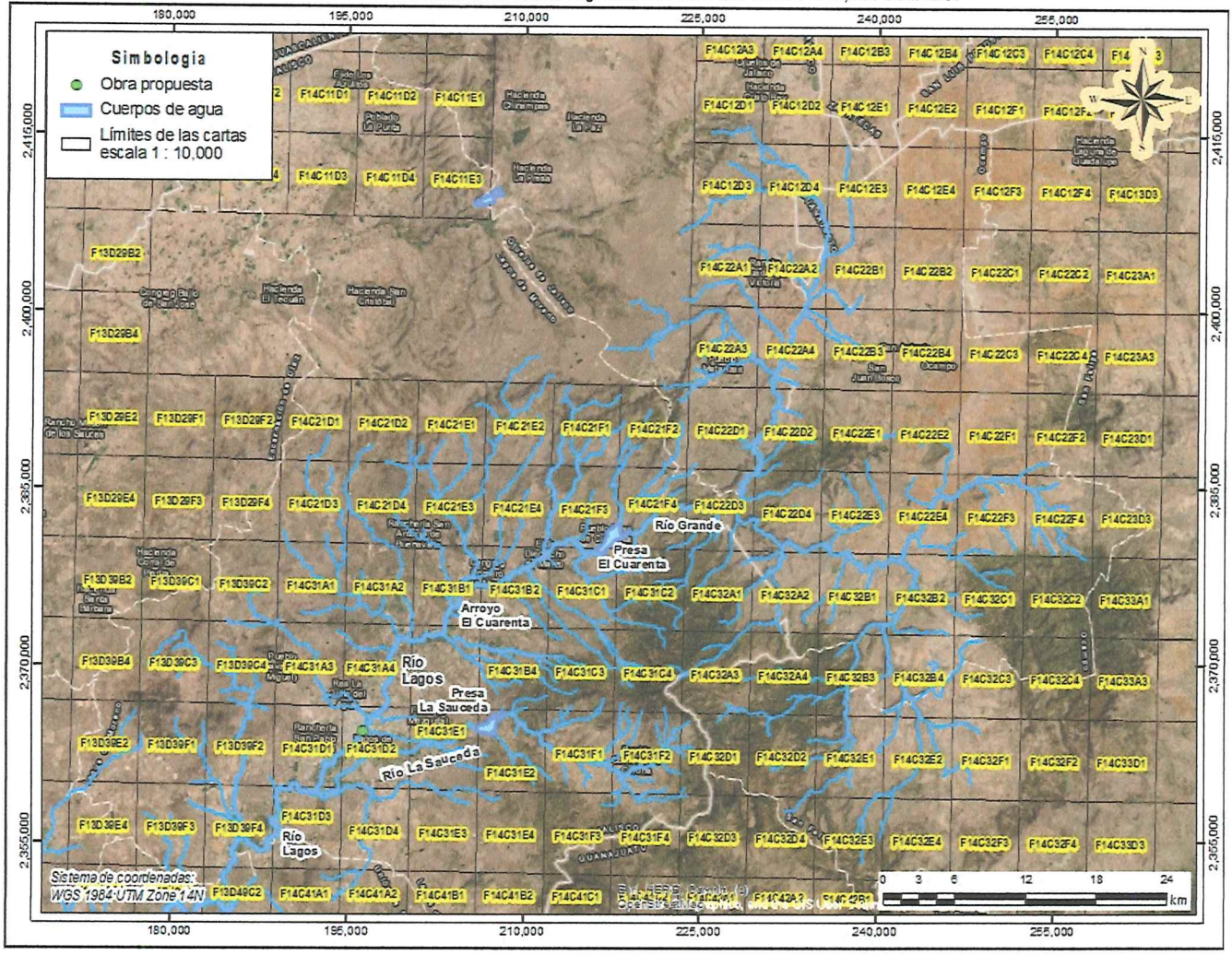
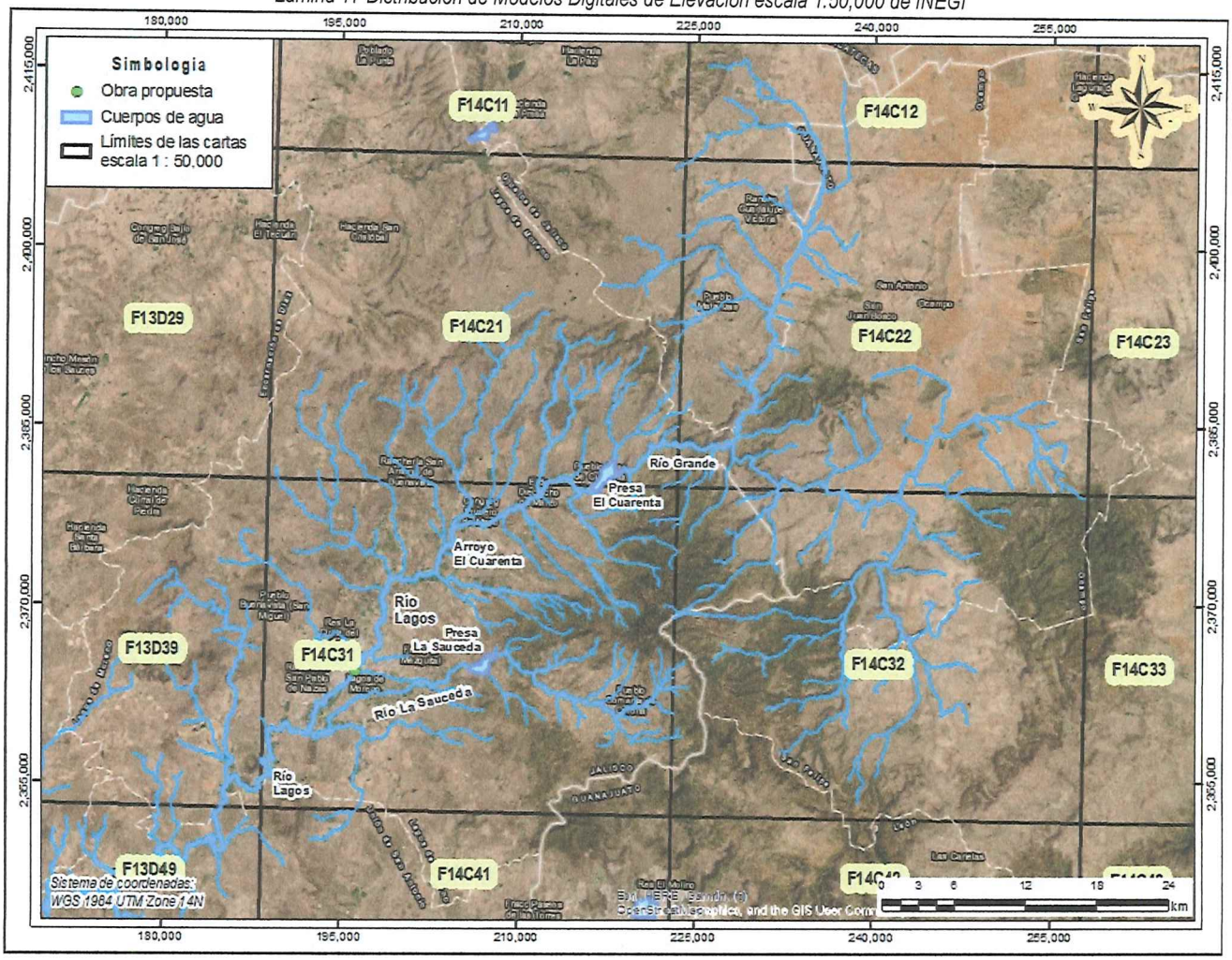


Lámina 17 Distribución de Modelos Digitales de Elevación escala 1:50,000 de INEGI



3.2. Delimitación y caracterización de la cuenca

3.2.1. Parteaguas

La delimitación del parteaguas de la cuenca de drenaje de aguas superficiales hasta el tramo de interés se determinó con ayuda de las herramientas informáticas denominadas ArcMap y HEC-GeoHMS, partiendo de información vectorial y del modelo digital de elevación del terreno (MDE). Para el proceso se utilizaron los Modelos Digitales de Terreno de INEGI con escala 1:10,000 y 1:50,000; el resultado del procesamiento se muestra en las láminas siguientes.

Lámina 18 Delimitación de la cuenca del río Lagos hasta el sitio de la obra propuesta

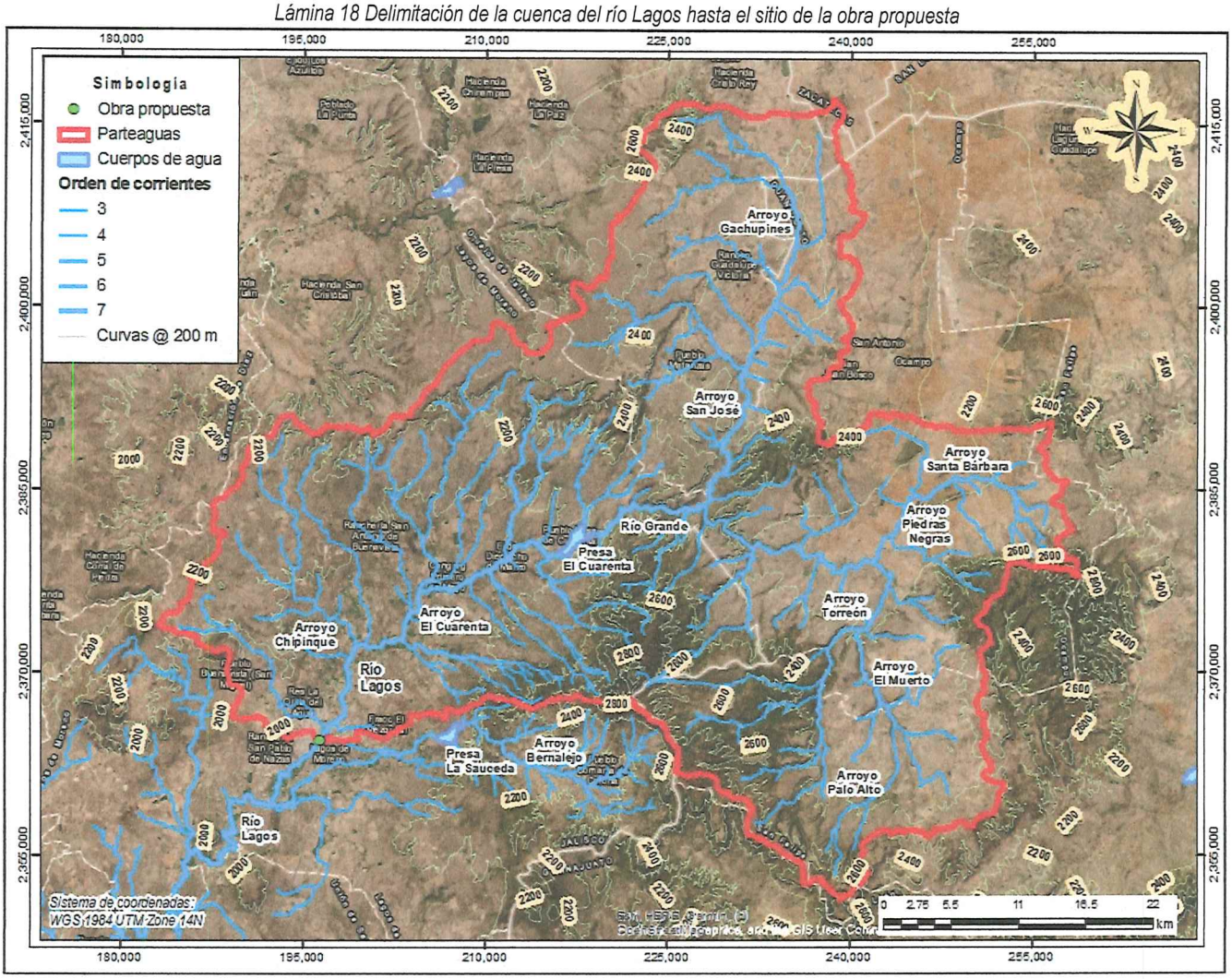


Lámina 19 Distribución de elevaciones en la cuenca en estudio

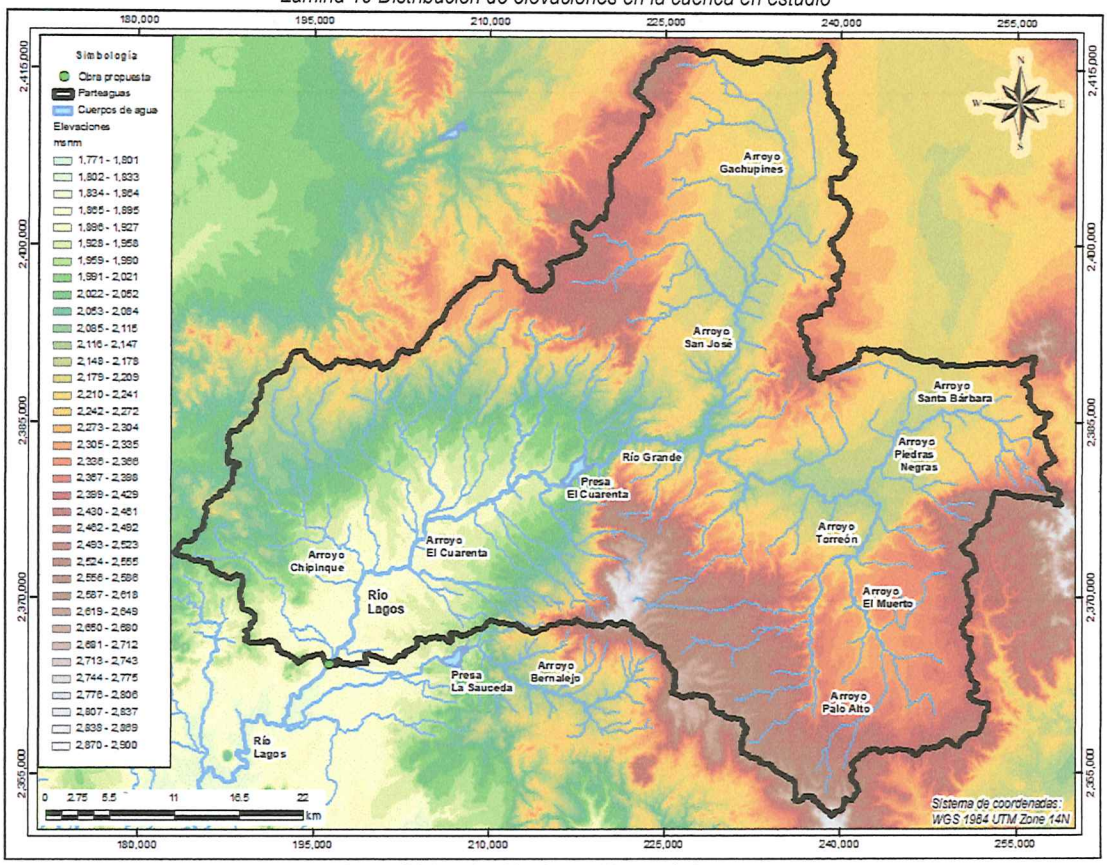
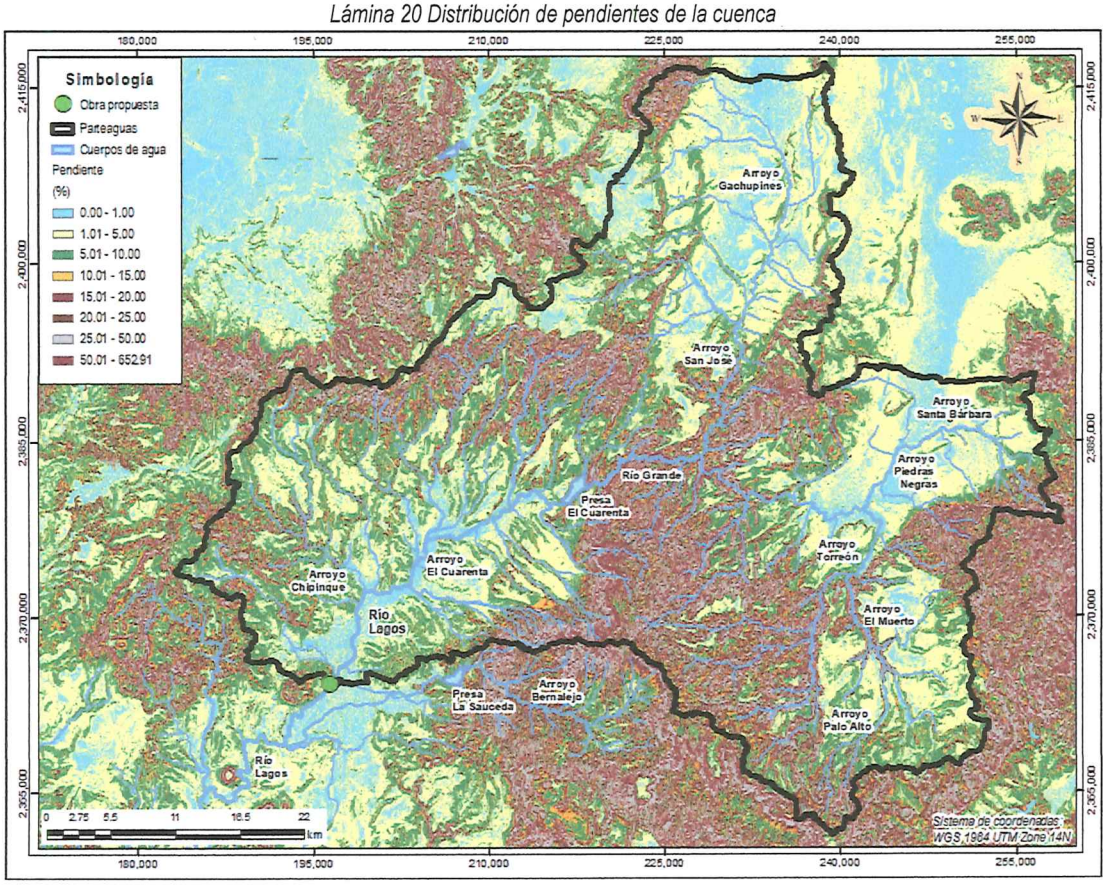


Lámina 20 Distribución de pendientes de la cuenca



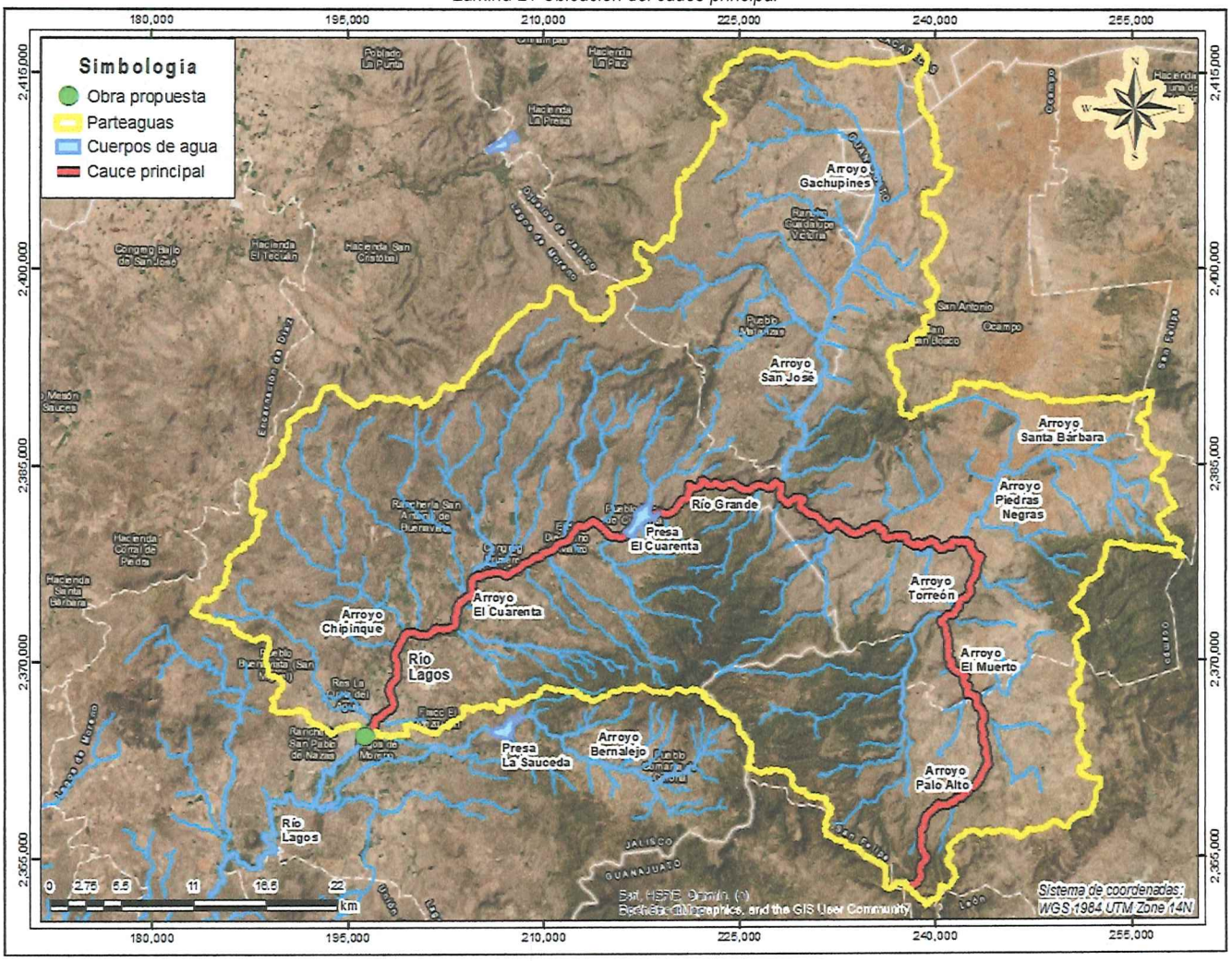
3.2.2. Características geomorfológicas de la cuenca

a) Principales

Área de la cuenca.
El área de la cuenca queda definida por el parteaguas y es de ***2,407.32 km²*** dicho valor se obtuvo con la ayuda de la herramienta *ArcMap* y *HecGeoHMS*.

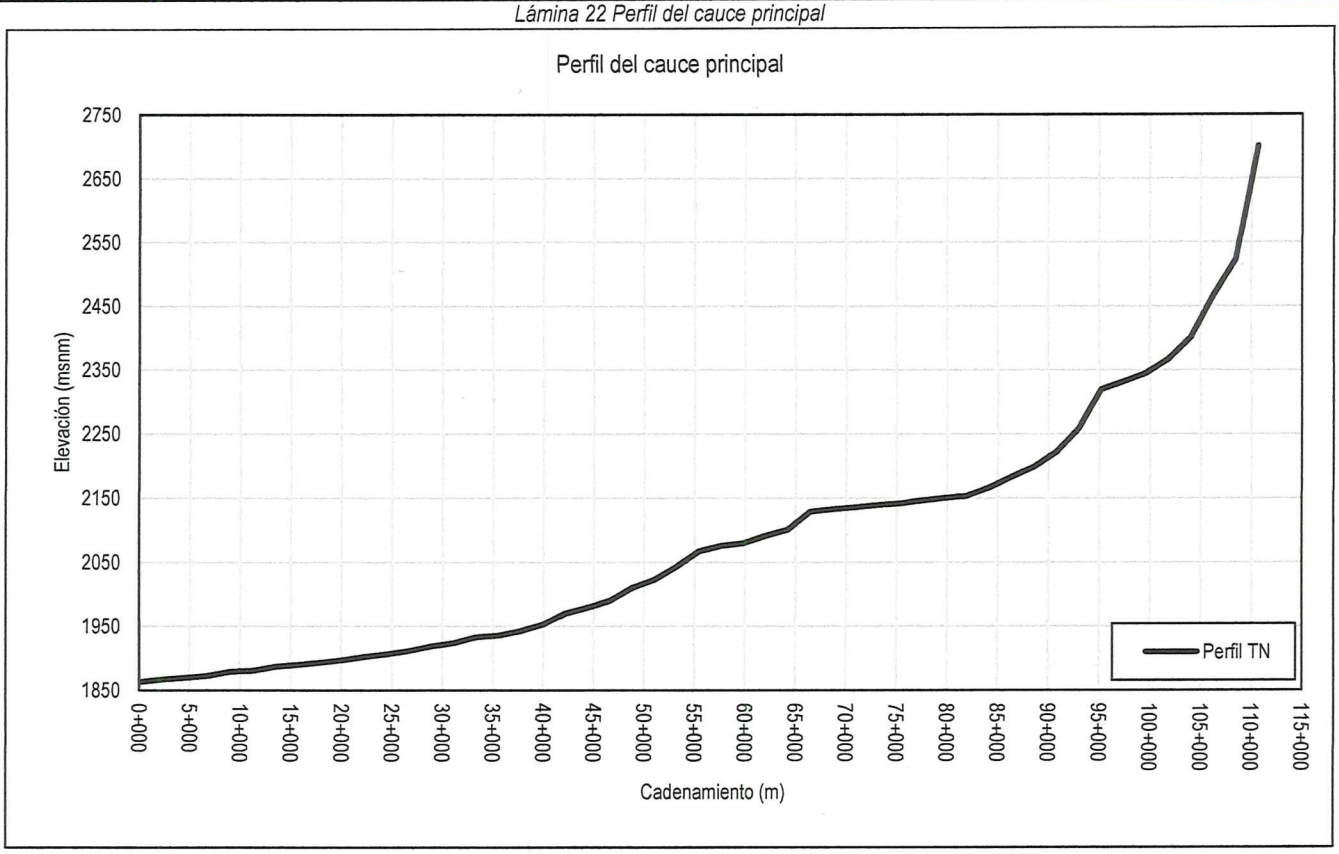
Longitud del cauce principal.
La longitud se determina una vez que se ha identificado el parteaguas y las corrientes de la cuenca, su valor incide en la pendiente media del cauce y el tiempo de concentración. Aquí se obtiene un valor de ***110.65 km***.

Lámina 21 Ubicación del cauce principal



El perfil del cauce se muestra en la lámina 22.

Lámina 22 Perfil del cauce principal



Pendiente media del cauce principal

Una vez determinado el perfil longitudinal del cauce principal se utilizaron tres criterios para estimar el valor de su pendiente media, cuyo valor se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad de transporte de sedimentos.

- *Pendiente media S_m*

Consiste en dividir el desnivel del río entre su longitud, esto es: Sm = H/L

- *Pendiente media ponderada S_{mp}*

Se obtiene por la pendiente de una línea recta que se apoya en el inicio o salida de la cuenca y tiene igual área arriba y abajo, respecto al perfil del cauce principal.

- *Criterio de Taylor-Schwarz, o pendiente equivalente constante S_{eq}*

Es la pendiente de un canal de sección transversal uniforme de la misma longitud que el cauce principal y que posee la misma velocidad media o tiempo de recorrido que el cauce principal. Se calcula según la fórmula siguiente:

$$S_{eq} = \left(\frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \cdots + \frac{l_n}{\sqrt{S_n}}} \right)^2 ; S_n = \frac{H_n}{l_n} = \frac{Elevación_n - Elevación_{n-1}}{l_n}$$

Donde:

S_{eq} Pendiente del cauce principal.
n Número de tramos en que se divide la longitud del cauce principal.
S_n Pendiente del tramo 1 a n.
l_n Longitud del tramo 1 a n, en km.
L Longitud total del cauce principal, en km.

En la tabla 6 se muestra el cálculo de la pendiente media mientras que los resultados son expuestos en la tabla 7.

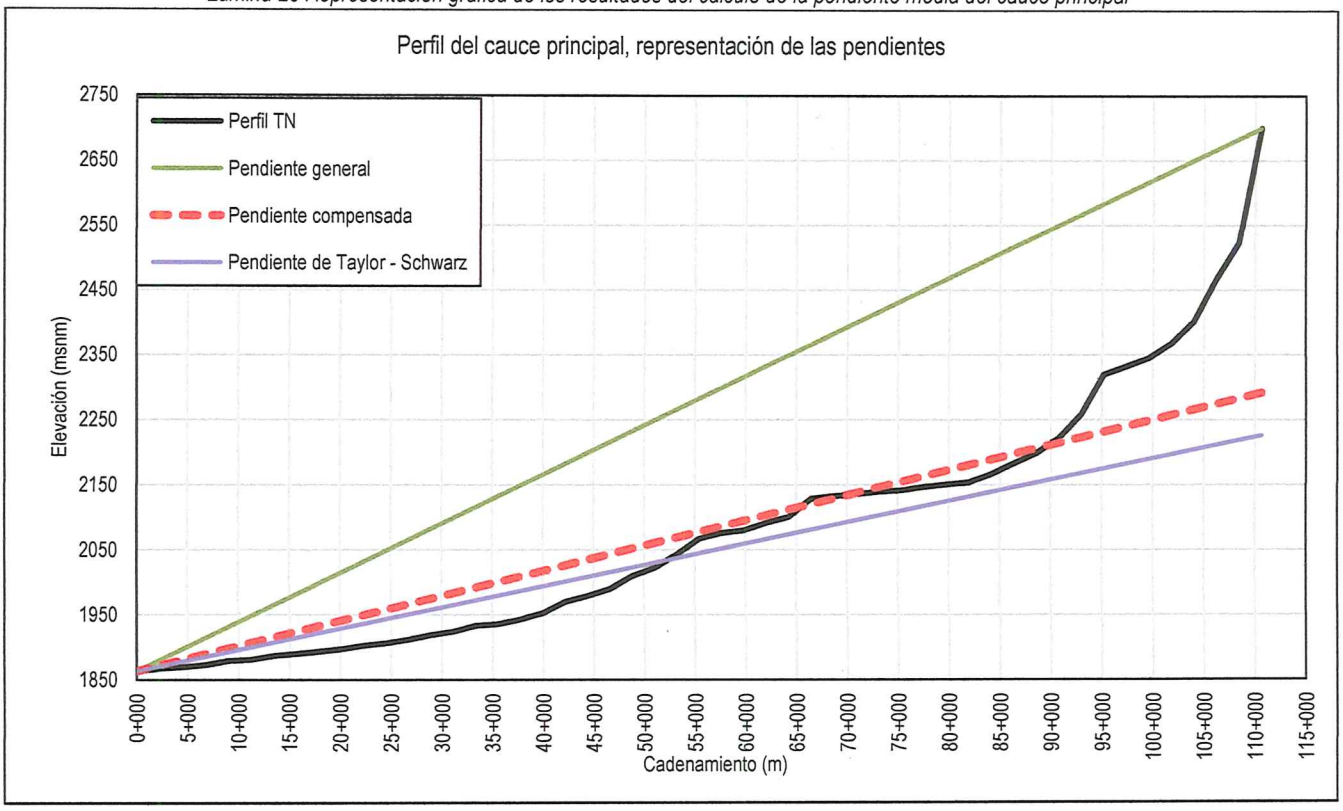
Tabla 6 Desglose del cálculo de la pendiente media del cauce principal

Pendiente media del cauce principal de la cuenca del río Lagos						
Cadenamiento	Elevación (msnm)	Taylor - Schwarz		Pendiente compensada		
		Pendiente (%)	L / √ S	Elevación pendiente ponderada (msnm)	Diferencia de elevación (m)	Área (m²)
110+645.00	2700.50	-		2291.47		
108+436.00	2522.57	8.055	7783.39	2282.92	-324.34	716472.17
106+227.00	2466.61	2.533	13878.89	2274.36	-215.95	477035.76
104+018.00	2400.80	2.979	12798.16	2265.81	-163.62	361435.90
101+809.00	2367.19	1.522	17908.50	2257.25	-122.46	270521.61
99+600.00	2344.86	1.011	21970.97	2248.70	-103.05	227630.98
97+391.00	2331.81	0.591	28740.10	2240.15	-93.91	207448.87
95+182.00	2319.45	0.560	29531.42	2231.59	-89.76	198278.62
92+973.00	2258.07	2.779	13251.96	2223.04	-61.44	135727.89
90+764.00	2221.44	1.658	17154.38	2214.49	-20.99	46370.94
88+555.00	2198.34	1.046	21601.68	2205.93	0.32	-705.74
86+346.00	2182.91	0.699	26430.82	2197.38	11.03	-24367.03
84+137.00	2166.35	0.750	25513.11	2188.83	18.47	-40804.88
81+928.00	2153.58	0.578	29053.48	2180.27	24.58	-54304.77
79+719.00	2150.29	0.149	57239.47	2171.72	24.06	-53147.94
77+510.00	2146.35	0.178	52305.27	2163.16	19.12	-42238.38
75+301.00	2141.58	0.216	47537.29	2154.61	14.92	-32963.47
73+092.00	2139.30	0.103	68758.46	2146.06	9.89	-21855.10
70+883.00	2135.78	0.159	55337.84	2137.50	4.24	-9366.10
68+675.00	2132.60	0.144	58181.52	2128.95	-0.96	2123.61
66+466.00	2128.92	0.167	54121.48	2120.40	-6.08	13438.52
64+257.00	2100.62	1.281	19516.43	2111.85	1.35	-2988.29
62+048.00	2091.37	0.419	34136.79	2103.29	11.57	-25567.16
59+839.00	2079.95	0.517	30722.78	2094.74	13.36	-29502.08
57+630.00	2075.73	0.191	50540.25	2086.18	12.62	-27881.36
55+421.00	2067.25	0.384	35652.96	2077.63	10.42	-23013.41
53+212.00	2043.06	1.095	21109.39	2069.08	18.20	-40202.33
51+003.00	2022.52	0.930	22908.33	2060.52	32.01	-70711.51
48+794.00	2010.06	0.564	29412.68	2051.97	39.96	-88264.91
46+585.00	1989.81	0.917	23071.78	2043.42	47.76	-105498.01
44+376.00	1979.17	0.482	31828.98	2034.86	54.65	-120720.91
42+167.00	1970.07	0.412	34416.99	2026.31	55.97	-123628.65
39+958.00	1952.54	0.794	24797.20	2017.76	60.73	-134146.38
37+749.00	1942.54	0.453	32831.72	2009.20	65.94	-145658.17
35+540.00	1935.54	0.317	39241.41	2000.65	65.88	-145539.57
33+331.00	1932.95	0.117	64512.47	1992.09	62.13	-137236.62
31+122.00	1923.80	0.414	34322.83	1983.54	59.44	-131308.35
28+913.00	1918.62	0.234	45617.21	1974.99	58.05	-128240.74
26+704.00	1911.54	0.321	39019.07	1966.43	55.63	-122886.81
24+495.00	1906.04	0.249	44270.28	1957.88	53.37	-117886.32
22+286.00	1902.25	0.172	53330.29	1949.33	49.46	-109252.03
20+077.00	1896.83	0.245	44595.80	1940.77	45.51	-100529.37
17+868.00	1893.02	0.172	53190.13	1932.22	41.57	-91828.81
15+659.00	1889.57	0.156	55896.42	1923.66	36.65	-80952.38
13+450.00	1886.72	0.129	61499.44	1915.11	31.24	-69015.63
11+241.00	1880.59	0.278	41933.71	1906.56	27.18	-60038.94
9+032.00	1878.89	0.077	79628.61	1898.00	22.54	-49792.08
6+823.00	1872.83	0.274	42175.21	1889.45	17.87	-39467.90
4+614.00	1869.66	0.144	58312.81	1880.90	13.93	-30767.34
2+405.00	1867.23	0.110	66602.49	1872.34	8.17	-18057.44
0+000.00	1863.03	0.175	57550.35	1863.03	2.56	-6147.95
				Suma de áreas		0.00

Tabla 7 Resultados del cálculo de la pendiente media del cauce principal

Método	Pendiente del cauce	
	L(m)	110645.00
	Σ(li/(√(Si))	1931743.00
Taylor - Schwarz	S(%)	0.33
Compensada	S(%)	0.39
General	S(%)	0.76

Lámina 23 Representación gráfica de los resultados del cálculo de la pendiente media del cauce principal



Como pendiente principal se tomará la pendiente compensada, con un valor de **0.39%**.

b) Características complementarias

Adicionalmente se calcularon otras características complementarias de la cuenca, tabla 8, que se utilizan como un indicador de su respuesta a la lluvia que ocurre sobre su superficie. Entre ellas se pueden citar el orden de la corriente, densidad de drenaje, coeficiente de compacidad, índice de forma, elevación media de la cuenca, perímetro de la cuenca, entre otras.

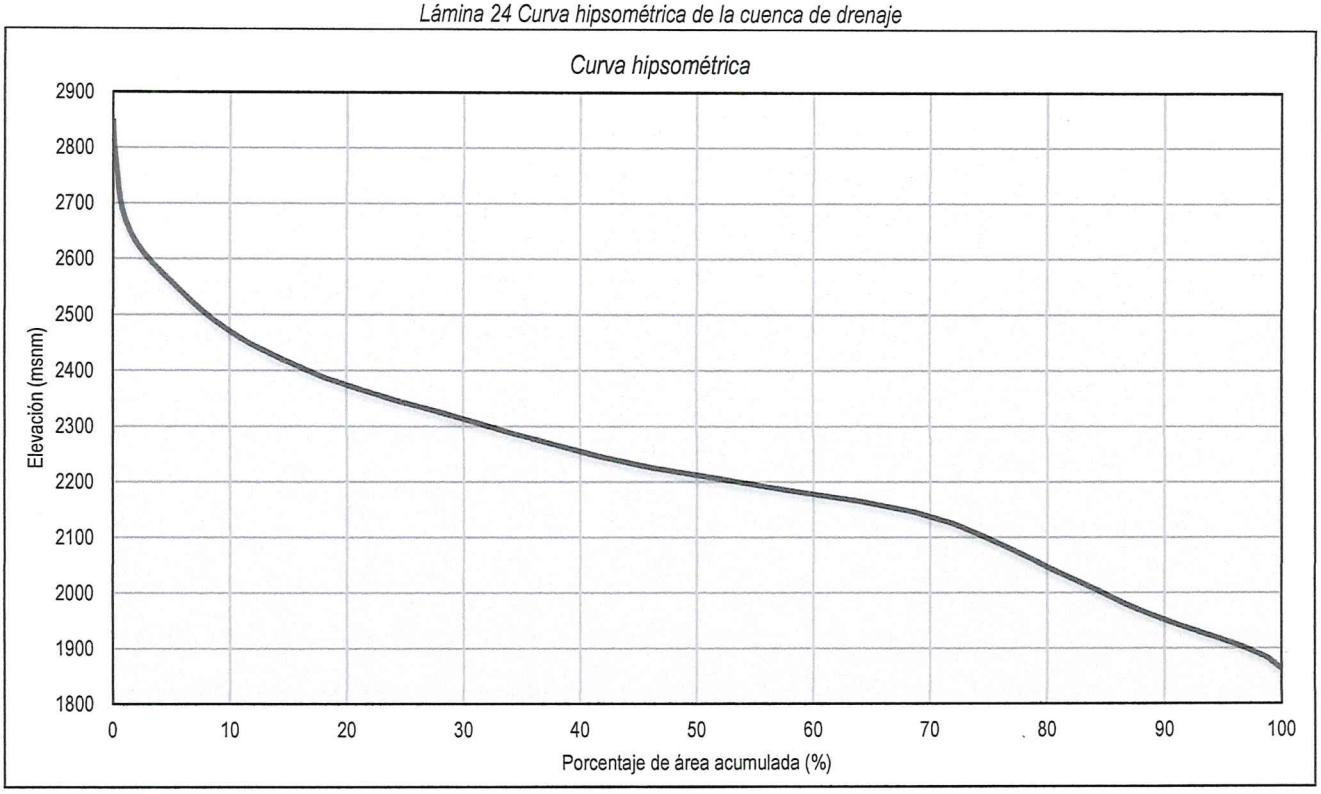
Tabla 8 Características geomorfológicas de la cuenca

Características geomorfológicas de la cuenca		
Característica	**Valor**	**Unidad**
Área	2,407.32	km^2
Perímetro	437.53	km
Centroide X	220,967.90	UTM zona 14
Centroide Y	2,384,203.90	UTM zona 14
Elevación media	2,221.20	msnm
Elevación mínima	1,862.89	msnm
Elevación máxima	2,871.98	msnm
Pendiente media	12.06	%
Longitud de cuenca	67.62	km
Índice de forma	0.53	-

Características geomorfológicas de la cuenca		
Característica	**Valor**	**Unidad**
Coeficiente de compacidad	2.51	-
Relación de elongación	0.82	-
Relación de bifurcación	0.00	-
Longitud del cauce	110.65	km
Densidad de drenaje	3.39	-
Densidad de corriente	11.33	-
Orden de la cuenca	8.00	-
Relación de circularidad	0.16	-

En la lámina 24, se presenta la curva hipsométrica de la cuenca de drenaje, que indica el porcentaje de área de la cuenca que existe por encima de una cota determinada.

Lámina 24 Curva hipsométrica de la cuenca de drenaje



c) *Análisis de las características de la cuenca*

La cuenca se clasifica como *Intermedia-Grande (entre 500 y 2500 km²)*; la cantidad y distribución del escurrimiento estarán influenciadas por las condiciones físicas del suelo y su cobertura; además, teniendo una sensibilidad baja a lluvias de corta duración y gran intensidad.

Tabla 9 Clasificación de las cuencas debido al área (Campos, 1992)

Tamaño de la cuenca (km²)	Clasificación
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-Pequeña
500 a 2,500	Intermedia-Grande
2,500 a 5,000	Grande
>5,000	Muy grande

El índice de forma cuyo valor es *0.53*, lo que indica que la cuenca tiene una forma moderadamente alargada, lo que puede influir en cómo fluye el agua dentro de ella. Las cuencas más alargadas tienden a tener tiempos de concentración más largos (es decir, el tiempo que

tarda el agua de lluvia en llegar al punto de salida de la cuenca), lo que puede reducir el riesgo de inundaciones rápidas, pero prolongar el flujo. Por el contrario, índices de forma más cercanos a 1 representan cuencas más circulares, donde el agua llega más rápidamente al punto de salida.

La cuenca presenta un coeficiente de compacidad de *2.51,* el cual indica que la cuenca es más alargada o irregular que un círculo perfecto (un círculo tendría un coeficiente de compacidad cercano a 1). Cuanto mayor sea el coeficiente, más irregular y menos eficiente es la cuenca en drenar el agua, lo que puede alargar los tiempos de respuesta hidrológica. Esto podría, por ejemplo, influir en cómo se gestionan las inundaciones o el diseño de infraestructuras hidráulicas.

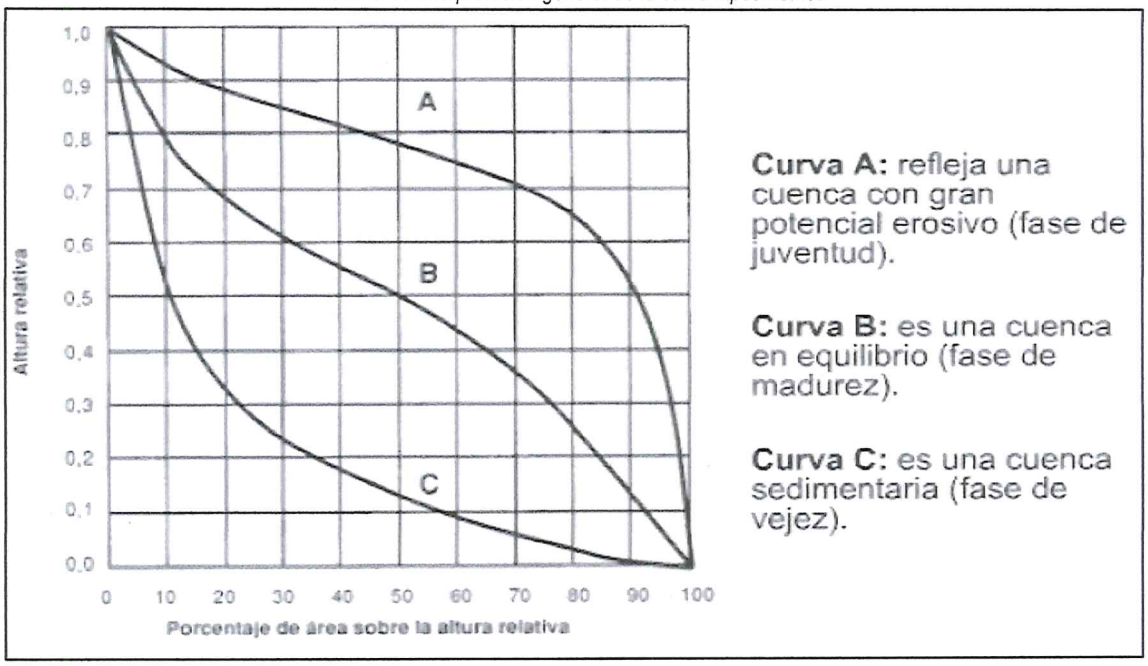
La relación de elongación que en este caso es de *0.82*, nos indica que la cuenca está algo cerca de la forma ideal de un círculo (un valor de 1 representaría una cuenca perfectamente circular). Este tipo de cuenca tiene tiempos de concentración más rápidos que una cuenca alargada, lo que significa que el agua de lluvia podría llegar más rápidamente al punto de salida, aumentando el potencial de crecidas rápidas.

Otra propiedad que identifica a las cuencas es la pendiente media. Las cuencas de mayores pendientes tienen una mayor velocidad media de escurrimiento superficial y tienden a responder más rápidamente a la precipitación. Para la cuenca en estudio se tiene un valor de *12.06%*; por tal motivo se puede considerar un potencial moderado de erosión hídrica.

La densidad de drenaje y orden de corrientes nos indica un amplio desarrollo de la red de drenaje, con muchas ramificaciones, esto depende de la geología, características topográficas y de las condiciones climatológicas.

En cuanto a la forma de curva hipsométrica esta muestra una tendencia a ser la representación de una cuenca en su fase de equilibrio o madurez; es decir, tiene una tendencia moderadamente baja a la erosión.

Lámina 25 Interpretación general de la curva hipsométrica



3.3. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración (Tc) es el tiempo que transcurre entre el inicio de la lluvia y el establecimiento del gasto de equilibrio y equivale al tiempo que tarda el agua en escurrir superficialmente del punto más alejado sobre la superficie de la cuenca hasta la salida de la misma. Su valor depende, en este caso, de la longitud máxima que debe recorrer el agua hasta llegar al sitio en estudio de la velocidad que adquiere, en promedio, dentro de la cuenca. Esta velocidad es función de la pendiente del terreno, la de los cauces y de la rugosidad de la superficie.

Para el cálculo del tiempo de concentración se aplicaron diferentes metodologías desarrolladas para cuencas rurales.

Tabla 10 Cálculo del tiempo de concentración

Cálculo del tiempo de concentración de la cuenca del río Lagos			
Datos de la cuenca			Notas
Área	2407.32	km^2	
Longitud del cauce principal	110.65	km	
Pendiente media	0.39	%	
Desnivel total	837.47	m	
Longitud de salida a centroide	40.2	km	
Criterio de Kirpich (1940)			
Formula	$0.0663 * \left(Lc/\sqrt{S_o}\right)^{0.77}$		
Tiempo de concentración	**21.09**	h	
Referencia	Campos (2010)		
California Highways and Public Works			
Formula	$\left(0.8708 * L_c{}^3/H\right)^{0.385}$		
Tiempo de concentración	16.30	h	
Referencia	Campos (2010)		
Témez			Por la manera en que fue deducida, la formula de Témez, considerando un cociente entre el tiempo de retraso y el tiempo de concentración de 0.45 siempre reporta sobrevaloraciones.
Formula	$0.30 * (L_c/(H/L_c)^{0.25})^{0.385}$		
Tiempo de concentración	35.00	h	
Referencia	Campos (2010)		
Guiándote			Se ha demostrado que la formula de Guiándote conduce a sobreestimaciones en cuencas pequeñas con pendiente suave.
Formula	$0.30 * (L_c/(H/L_c)^{0.25})^{0.385}$		
Tiempo de concentración	15.65	h	
Validez del límite inferior	Valido	0.185*L < Tc	
Validez del límite inferior	Valido	0.280*L > Tc	
Referencia	Campos (2010)		
U.S. Corp. of Engieres			La formula del U.. Corps o Engieres es la que mejor reproduce los valores del tiempo de retraso, con un cociente entre el tiempo de retraso y el tiempo de concentración de 0.60.
Formula	$0.2733 * \left(L_c * L_{cg}/\sqrt{S}\right)^{0.385}$		
Tiempo de concentración	20.21	h	
Referencia	Campos (2010)		
Ecuación de retardo del SCSI (1973)			
Formula	$\frac{0.0136 * L^{0.8}(\frac{1000}{N} - 9)^{0.7}}{\sqrt{S_o}}$		
Tiempo de concentración	25.93	h	
Referencia	Campos (2010)		
Resultados			
Criterio de Kirpich (1940)	**21.09**	h	
California Highways and Public Works	16.30	h	
Témez	35.00	h	
Guiándote	15.65	h	
U.S. Corp. of Engieres	20.21	h	
Ecuación de retardo del SCSI (1973)	25.93	h	
Promedio	22.36	h	
Tiempo de concentración adoptado	21.09	h	
	1265.11	min	

Debido a que la experiencia en el país ha demostrado de forma empírica que la fórmula de Kirpich arroja resultados confiables, se tomara este resultado como tiempo de concentración; es decir: *Tc= 21.09 horas.*

3.4. Estimación del número de escurrimiento y coeficiente de escurrimiento (método racional)

3.4.1. Número de escurrimiento

El valor del número de escurrimiento (N) es un indicador de la capacidad de retención del agua en la superficie y es útil para conocer la precipitación interceptada. Su valor se obtiene a partir de la superposición del mapa de uso de suelo, el mapa de tipo de suelo y el mapa de pendientes.

Una vez que se cuantifica y se zonifica el uso de suelo y el tipo de suelo de la cuenca (según la clasificación del Soil Conservation Service), el valor del coeficiente de escurrimiento se obtiene como un promedio pesado según la fórmula siguiente:

$$N = \frac{N_1A_1 + N_2A_2 + \cdots + N_iA_i}{A}$$

Donde:

A_i Área de grupo tipo suelo, uso suelo y condición hidrológica, resultado de la intercepción de los mapas
N_i Número de escurrimiento correspondiente al área A_i
A Área total de la cuenca

Así el valor del número de escurrimiento para la cuenca es de ***77.47***, dicho valor se obtuvo aplicando los coeficientes asignados por el Natural Resources Conservation Service (NRCS) en el texto "Urban Hydrologyfor SmallWatersheds" (1986) y adaptadas a la clasificación actual de las cartas de INEGI por Hernández (2014) y por Campos (2010).

Tabla 11 Asignación del Número de Curva para los usos de suelo que se presenta en la República Mexicana y su correspondencia con el uso de suelo establecido en las tablas del TR-55 "Hidrología urbana para cuencas pequeñas" (fuente: Hernandez,2014)

Clasificación INEGI	Uso de suelo TR-55	Tipo de vegetación INEGI (uso)	Condición Hidrológica	Número de Curva (NC) por grupo de suelo			
				A	B	C	D
Áreas forestales	Tierras Agrícolas: **"Bosques"**	Bosque de Oyamel Bosque de Pino Bosque de Pino-Encino Bosque de Tascate Bosque de Encino Bosque cultivado Bosque de Encino-Pino	Pobre	45	66	77	83
		Bosque Mesófilo de Montaña Bosque de Mezquite Selva mediana subperennifolia Selva mediana perennifolia Selva baja perennifolia Selva alta subperennifolia Selva alta perennifolia Selva mediana caducifolia	Media	36	60	73	79
		Selva baja caducifolia Matorral subtropical Selva mediana subcaducifolia Selva baja subcaducifolia Selva baja espinosa caducifolia Selva baja espinosa subperennifolia Mezquital tropical Palmar natural	Buena	30	55	70	77

Tabla 12 Asignación del Número de Curva para los usos de suelo que se presenta en la República Mexicana y su correspondencia con el uso de suelo establecido en las tablas del TR-55 "Hidrología urbana para cuencas pequeñas" (continuación) (fuente: Hernandez,2014)

Clasificación INEGI	Uso de suelo TR-55	Tipo de vegetación INEGI (uso)	Condición Hidrológica	Número de Curva (NC) por grupo de suelo			
				A	B	C	D
Matorral y Desiertos	Vegetación Árida y semiárida: **"Arbusto o Matorral de desierto"**	Chaparral Matorral crasicaule Matorral desértico micrófilo Matorral desértico rosetófilo Matorral espinoso tamaulipeco Matorral rosetófilo costero Matorral sarcocaule Matorral sarco-crasicaule Matorral sarco-crasicaule de neblina Matorral submontano Mezquital desértico	Pobre	63	77	85	88
			Media	55	72	81	86
			Buena	49	68	79	84
	Vegetación Árida y semiárida: **"Vegetación Herbácea"**	Vegetación de desiertos arenosos Vegetación de dunas costeras Vegetación gipsófila Vegetación halófila Vegetación halófila xerófila	Pobre	63[1]	80	87	93
			Media	55[1]	71	81	89
			Buena	49[1]	62	74	85
Pastizales	Tierras Agrícolas: **"Pastos y Praderas"**	Pastizal gipsófilo Pastizal halófilo Pastizal natural Pradera de alta montaña Sabana	Pobre	68	79	86	89
			Media	49	69	79	84
			Buena	39	61	74	80
			Protegidos del pastoreo[2]	30	58	71	78
		Pastizal cultivado	Protegidos del pastoreo	30	58	71	78
Vegetación Inducida	Tierras Agrícolas: **"Bosques"**	Bosque inducido Palmar inducido	Pobre	45	66	77	83
			Media	36	60	73	79
			Buena	30	55	70	77
	Tierras Agrícolas: **"Pastos y Praderas"**	Pastizal inducido Sabanoide	Pobre	68	79	86	89
			Media	49	69	79	84
			Buena	39	61	74	80

[1] La tabla del TR-55 no considera un NC para un suelo del grupo A, en este caso se asignará los NC de arbustos y matorral de desiertos
[2] Los pastizales con desarrollo de la vegetación PRIMARIO no requieren condición hidrológica y se asignan con los valores de NC correspondientes pastizal protegido, como se marca en la metodología.

Tabla 13 Asignación del Número de Curva para los usos de suelo que se presenta en la República Mexicana y su correspondencia con el uso de suelo establecido en las tablas del TR-55 "Hidrología urbana para cuencas pequeñas" (continuación) (fuente: Hernandez,2014)

Clasificación INEGI	Uso de suelo TR-55	Tipo de vegetación INEGI (uso)	Condición Hidrológica	Número de Curva (NC) por grupo de suelo			
				A	B	C	D
Vegetación Hidrófila y cuerpos de agua	**"Área impermeable o cuerpo de agua"**	Bosque de galería Selva de galería Vegetación de galería Tular Popal Vegetación de petén Vegetación halófila hidrófila Manglar Cuerpo de agua	N/A	98			
Cultivos	Tierras agrícolas cultivadas **(cultivo en fila)**	Agricultura de riego	Pobre	69	78	84	87
			Buena	64	74	81	84
	Tierras agrícolas cultivadas **(granos pequeños)**	Agricultura de temporal	Pobre	63	74	81	84
			Buena	60	72	80	83
	"Área impermeable o cuerpo de agua"	Agricultura de humedad Acuícola	N/A	98			
Zonas Urbanas	Áreas urbanas **"Espacios abiertos"**	Zona urbana Localidad Asentamientos humanos	N/A	52	70	80	84
Desprovisto de vegetación	Tierras Agrícolas: **"Brush"**	Desprovisto de vegetación	Pobre	48	67	77	83
Sin vegetación aparente	Áreas Urbanas del desierto occidental: **"Desierto Natural"**	Sin vegetación aparente(incluye vegetación efímera de desierto)	N/A	63	77	85	88
Donde: N/A = No Aplica							

Tabla 14 Condición hidrológica para bosques y selva (fuente: Hernandez,2014)

Shape de cubierta vegetal						Shape de cobertura arbórea			Condición hidrológica		
Grupos de vegetación	Desarrollo de la vegetación		Fase de la vegetación secundaria			Cobertura arbórea			Pobre	Media	Buena
	Primaria	Secundaria	Arbórea	Arbustiva	Herbácea	Ninguno / Sin cobertura aparente	Abierta	Cerrada			
Bosque de coniferas	X		N/A			X				X	
							X				X
Bosque de encino								X			X
Bosque mesófilo de montaña		X	X			X			X		
							X			X	
Selva Caducifolia								X		X	
Selva Perennifolia				X		X			X		
							X		X		
Selva Subcaducifolia								X		X	
								X		X	
Selva Espinosa						X			X		
Bosque inducido[4]					X		X		X		
Palmar inducido inducido[4]								X		X	
[4] Tipo de vegetación, contenidos dentro del grupo de vegetación inducida, para los cuales aplica el criterio en la designación de la condición hidrológica. Notas: • aplica para los tipos de vegetación contenidos dentro de cada grupo • N/A = No Aplica • La X indica presencia o asignación.											

Tabla 15 Condición hidrológica para matorral xerófilo, zonas desprovistas de vegetación, pastizales y vegetación inducida (fuente: Hernandez,2014)

Shape de cubierta vegetal							Shape de cobertura arbórea			Condición hidrológica		
Grupo de vegetación	Desarrollo de la vegetación			Fase de la vegetación			Cobertura arbórea					
	Primaria	Secundaria	No aplicable / No disponible	No aplicable	Arbustiva	Herbácea	No aplicable / Ninguno / sin cobertura	Abierta	Cerrada	Pobre	Media	Buena
Matorral Xerófilo	X			N/A			X			X		
								X			X	
									X		X	
		X		X			N/A			X		
					X		X			X		
								X		X		
									X		X	
						X	X			X		
								X		X		
									X		X	
			X	X	N/A		X	N/A		X		
Desprovisto de Vegetación	N/A		X	N/A			X	N/A		X		

Donde:
N/A = No Aplica
X = presencia o asignación.

Shape de cubierta vegetal					Condición hidrológica		
Grupo de vegetación	Desarrollo de la vegetación		Fase de la vegetación		Pobre	Media	Buena
	Primaria	Secundaria	Arbustiva	Herbácea			
Pastizales	X		N/A		Aplica criterio de pastizal protegido del pastoreo, donde no requiere condición hidrológica		
		X	X				X
				X		X	

Donde:
N/A = No Aplica
X = presencia o asignación.

Shape de cubierta vegetal					Shape de cobertura arbórea			Condición hidrológica		
Grupo de vegetación	Tipo de vegetación	Fase de la vegetación			Cobertura arbórea					
		Primaria	Secundaria	No aplicable / No disponible	No aplicable / Ninguno / sin cobertura	Abierta	Cerrada	Pobre	Media	Buena
Vegetación inducida	Bosque inducido Palmar inducido	N/A		X	X			X		
						X		X		
							X		X	
	Pastizal inducido Sabanoide	Aplica criterio de pastizal protegido del pastoreo, donde no requiere condición hidrológica								

Donde:
N/A = No Aplica
X = presencia o asignación

Tabla 16 Condición hidrológica para zona agrícolas (fuente: Hernandez,2014)

Shape de uso agricola			Condición Hidrológica
Tipo de Agricultura	Tipo de Cultivo 1	Tipo de Cultivo 2	
Temporal	Anual	Permanente	Buena
		Semipermanente	Buena
		Ninguno	Pobre
	Semipermanente	Permanente	Buena
		Semipermanente	N/A
		Ninguno	Pobre
	Permanente	Permanente	N/A
		Semipermanente	N/A
		Ninguno	Pobre
Riego	Anual	Permanente	Buena
		Semipermanente	Buena
		Ninguno	Pobre
	Semipermanente	Permanente	Buena
		Semipermanente	N/A
		Ninguno	Pobre
	Permanente	Permanente	N/A
		Semipermanente	N/A
		Ninguno	Pobre
Humedad	Anual	Permanente	N/A (NC=98)
		Semipermanente	N/A (NC=98)
		Ninguno	N/A (NC=98)
	Semipermanente	Permanente	N/A (NC=98)
		Semipermanente	N/A (NC=98)
		Ninguno	N/A (NC=98)
	Permanente	Permanente	N/A (NC=98)
		Semipermanente	N/A (NC=98)
		Ninguno	N/A (NC=98)
Bosque cultivado	Permanente	N/A	Buena
Pastizal cultivado	Permanente	N/A	N/A; utilizamos criterio de pastizal protegido
Donde: N/A = No Aplica			

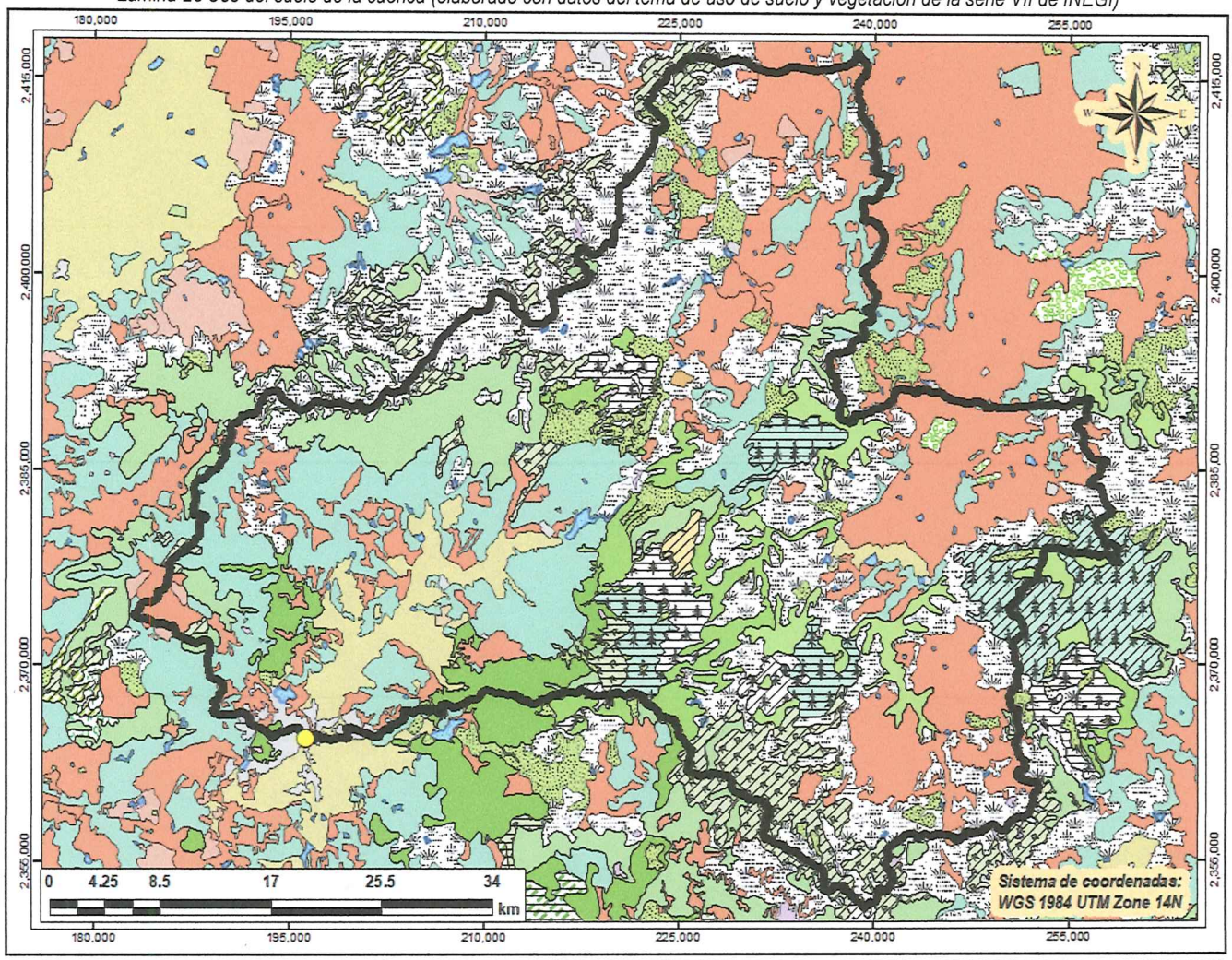
Tabla 17 Número de escurrimiento para zonas urbanas y suburbanas (Campos, 2010)

Uso del terreno y condición hidrológica		Grupo hidrológico de suelos A	B	C	D
Parques, campos de Golf, cementerios, espacios abiertos, canchas deportivas, etc.					
Condición buena (el pasto cubre un 75 % o más del área)		39	61	74	80
Condición regular (el pasto cubre del 50 al 75 % del área)		49	69	79	84
Condición pobre (el pasto cubre menos del 50 del área)		68	79	86	89
Areas comerciales (85 % impermeable)		89	92	94	95
Distritos industriales (72 % impermeable)		81	88	91	93
Zonas residenciales:*					
Tamaño promedio del lote	Promedio del área impermeable**				
< 500 m^2	65 %	77	85	90	92
1,000 m^2	38 %	61	75	83	87
1,350 m^2	30 %	57	72	81	86
2,000 m^2	25 %	54	70	80	85
4,000 m^2	20 %	51	68	79	84
8,000 m^2	12 %	46	65	77	82
Calzadas, tejados, estacionamientos pavimentados, etc. ***		98	98	98	98
Calles pavimentadas con guarnición y alcantarillado.***		98	98	98	98
Caminos pavimentados incluyendo derecho de vía y canales		83	89	92	92
Caminos engravados incluyendo derecho de vía.		76	85	89	91
Caminos de arcilla incluyendo derecho de vía.		72	82	87	89
Areas urbanas en desarrollo (terrenos nivelados sin vegetación)		77	86	91	94

* Se considera que el escurrimiento es conducido a la calle con un mínimo de pérdidas (infiltración en césped).
** Las áreas permeables restantes (césped) se están considerando en condición hidrológica buena.
*** En climas cálidos usar $N = 95$. Excluyendo derecho de vía.

La cuantificación de *Uso de Suelo* se observa en la lámina 26 y tabla 18. Dicha cuantificación se realizó con base a los datos de la serie VI de INEGI, escala 1:250,000.

Lámina 26 Uso del suelo de la cuenca (elaborado con datos del tema de uso de suelo y vegetación de la serie VII de INEGI)



Simbología

- Parteaguas
- Obra propuesta

Cobertura arbórea

- Abiertp
- Cerrado
- Ninguno/Sin cobertura aparente/NA

Uso

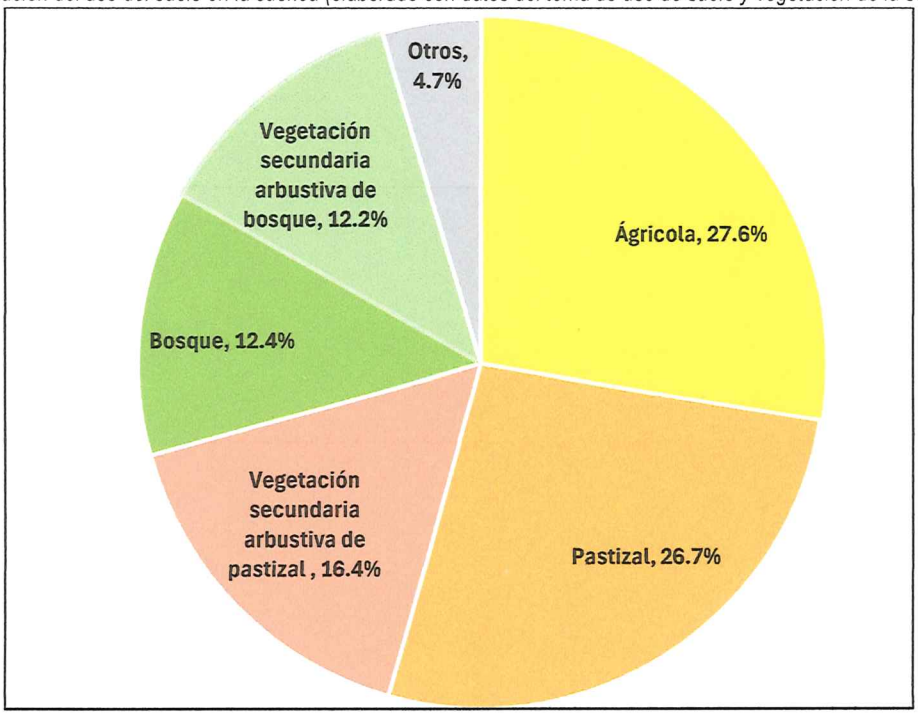
- Agricultura de riego anual
- Agricultura de riego anual y permanente
- Agricultura de riego anual y semipermanente
- Agricultura de riego permanente
- Agricultura de temporal anual
- Agricultura de temporal anual y permanente
- Agricultura de temporal permanente}
- Asentamientos humanos
- Bosque de encino
- Bosque de encino-pino
- Bosque de pino
- Bosque de pino-encino
- Cuerpo de agua
- Matorral crasicaule
- Pastizal inducido
- Pastizal natural
- VSA de bosque de encino
- VSA de bosque de encino-pino
- VSA de bosque de pino
- VSA de pastizal natural
- VSA de selva baja caducifolia
- VSAr de bosque de encino
- VSAr de selva baja caducifolia
- VSH de bosque de encino
- Sin vegetación aparente
- Desprovisto de vegetación

VSA= Vegetación Secundaria Arbustiva
VSAr= Vegetación Secundaria Arbórea
VSH= Vegetación Secundaria Herbácea

Tabla 18 Cuantificación del uso del suelo de la cuenca del río Lagos

Uso	Cobertura	Área (km²)	Porcentaje (%)
Agricultura de riego anual		6.66	0.28
Agricultura de riego anual y permanente	No aplicable	1.37	0.06
Agricultura de riego anual y semipermanente	No aplicable	106.38	4.42
Agricultura de temporal anual	Ninguno	8.74	0.36
Agricultura de temporal anual	No aplicable	534.43	22.20
Agricultura de temporal anual	Sin cobertura aparente	0.29	0.01
Agricultura de temporal anual y permanente	No aplicable	1.53	0.06
Agricultura de temporal permanente	No aplicable	5.65	0.23
Asentamientos humanos	No aplicable	18.90	0.79
Bosque de encino	Abierto	106.63	4.43
Bosque de encino	Cerrado	10.26	0.43
Bosque de encino-pino	Abierto	14.67	0.61
Bosque de encino-pino	Cerrado	49.90	2.07
Bosque de encino-pino	No aplicable	0.10	0.00
Bosque de encino-pino	Sin cobertura aparente	0.13	0.01
Bosque de pino	Abierto	35.95	1.49
Bosque de pino	Cerrado	72.80	3.02
Bosque de pino-encino	Abierto	8.42	0.35
Bosque de pino-encino	Cerrado	0.35	0.01
Cuerpos de agua	No aplicable	15.39	0.64
Matorral crasicaule	Ninguno	6.49	0.27
Pastizal inducido	Ninguno	98.48	4.09
Pastizal natural	Ninguno	545.03	22.64
Sin vegetación aparente	No aplicable	2.98	0.12
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Sin cobertura aparente	138.95	5.77
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	Sin cobertura aparente	85.55	3.55
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	Sin cobertura aparente	68.56	2.85
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	Ninguno	393.73	16.36
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	No aplicable	0.25	0.01
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Sin cobertura aparente	67.38	2.80
Vegetación secundaria herbáceas de bosque de encino	Sin cobertura aparente	1.38	0.06
	Suma	2407.32	100.00

Lámina 27 Distribución del uso del suelo en la cuenca (elaborado con datos del tema de uso de suelo y vegetación de la serie VII de INEGI)



La cuantificación de la edafología en la cuenca se presenta en la lámina 28 y la tabla 19.

Lámina 28 Edafología de la cuenca según la clasificación de la FAO, elaborado con datos de INEGI

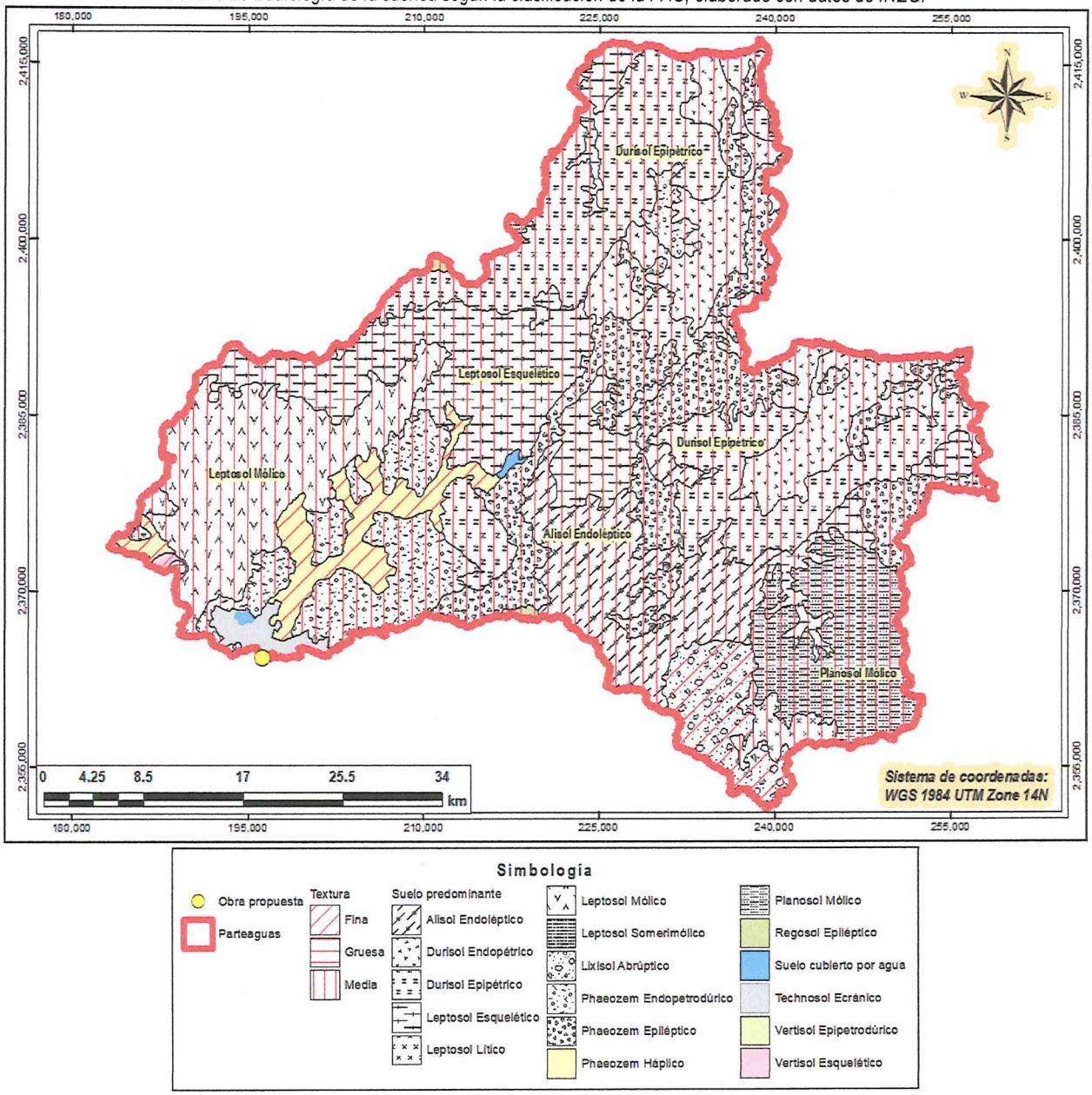


Tabla 19 Edafología de la cuenca

Suelo principal	Suelo secundario	Suelo terciario	Textura	Área (km²)	Porcentaje (%)
Suelo cubierto por agua				3.58	0.15%
Technosol Ecránico				23.17	0.96%
Lixisol Abrúptico			Fina	82.39	3.42%
Phaeozem Háplico			Fina	85.01	3.53%
Phaeozem Háplico	Cambisol Éutrico		Fina	0.09	0.00%
Vertisol Epipetrodúrico	Planosol Lúvico		Fina	8.70	0.36%
Vertisol Esquelético	Regosol Endoléptico		Fina	2.80	0.12%
Phaeozem Epiléptico			Gruesa	0.54	0.02%
Alisol Endoléptico			Media	11.19	0.46%
Alisol Endoléptico	Cambisol Endoléptico		Media	200.73	8.34%
Durisol Endopétrico			Media	138.47	5.75%
Durisol Endopétrico	Luvisol Crómico		Media	87.51	3.64%
Durisol Epipétrico			Media	477.37	19.83%
Leptosol Esquelético			Media	352.44	14.64%
Leptosol Lítico			Media	25.97	1.08%
Leptosol Mólico			Media	2.25	0.09%

Suelo principal	Suelo secundario	Suelo terciario	Textura	Área (km²)	Porcentaje (%)
Leptosol Mólico	Luvisol Endoléptico		Media	5.26	0.22%
Leptosol Mólico	Regosol Epiléptico		Media	242.24	10.06%
Leptosol Somerimólico			Media	2.64	0.11%
Phaeozem Endopetrodúrico			Media	174.57	7.25%
Phaeozem Epiléptico			Media	304.60	12.65%
Planosol Mólico			Media	171.38	7.12%
Regosol Epiléptico			Media	1.95	0.08%
Regosol Epiléptico	Cambisol Epiléptico	Luvisol Epiléptico	Media	2.48	0.10%
			Suma	2407.32	100.00%

Con base en el mapa anterior y de acuerdo con la equivalencia entre el tipo de suelo de la FAO y el tipo hidrológico de suelo del SCS (Soil Conservation Service), se aplicó la clasificación de la tabla 20, que gráficamente se muestra en la lámina 30.

Lámina 29 Clasificación del tipo de suelos del Soil Conservation Service

Grupo hidrológico de suelos	*Descripción de las características del suelo*
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, Suelos que tienen altas tasas de infiltración, aún cuando estén completamente saturadas que consisten principalmente de arenas profundas o gravas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	Suelos con potencial de escurrimiento moderadamente bajo. Son suelos arenosos menos profundos y agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración moderada cuando está totalmente húmedo. Ejemplos: migajones, arenosos ligeros y migajones limosos.
C	Suelos con potencial de escurrimiento moderadamente alto. Comprende suelos someros y suelos con contenido de arcilla considerable, con texturas moderadamente finas a finas, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de su saturación. Ejemplo: Migajones arcillosos.
D	Suelos con potencial de escurrimiento alto, por ejemplo: Suelos pesados con alto contenido de arcillas expansibles, suelos someros con materiales fuertemente cementados o casi impermeables (roca o litosoles), suelos con un nivel freático permanente y alto.

Lámina 30 Tipo hidrológico de suelo según la clasificación del SCS (Soil Conservation Service)

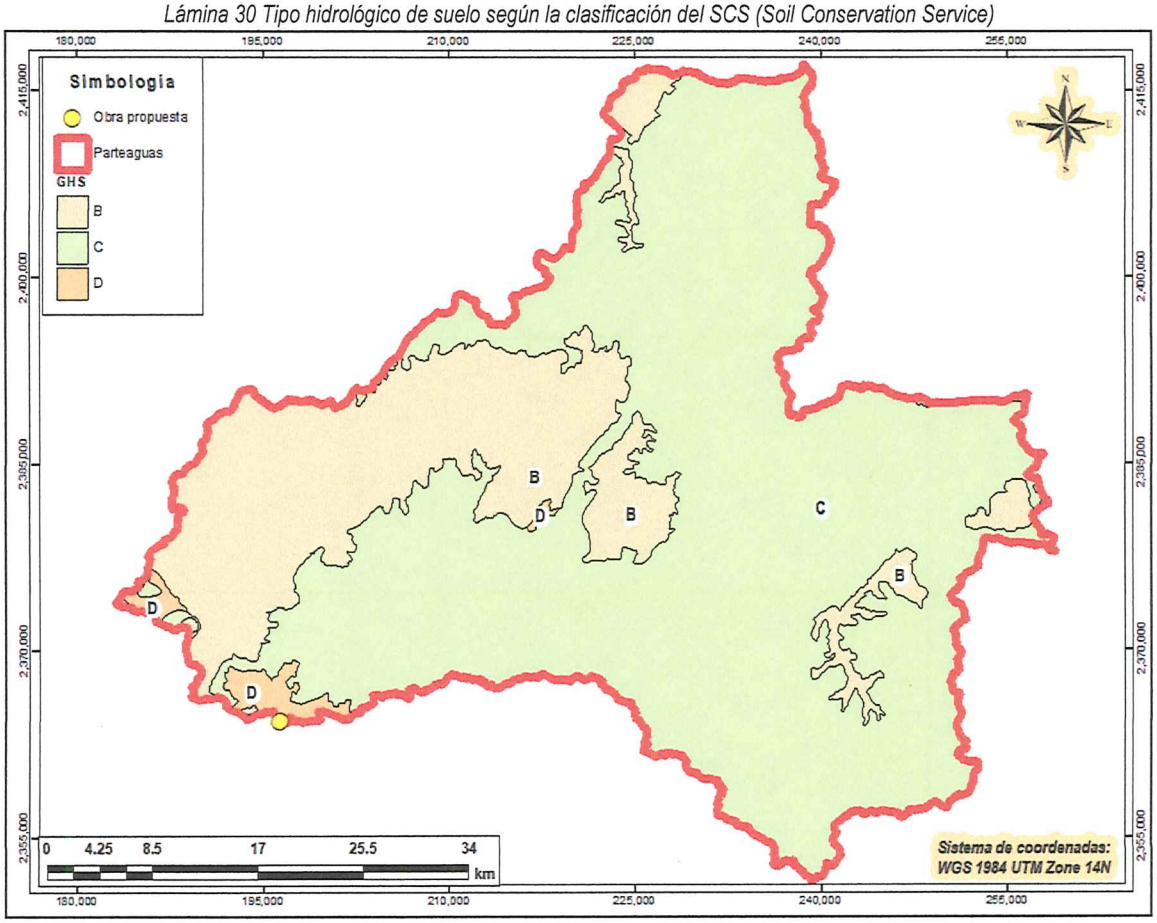


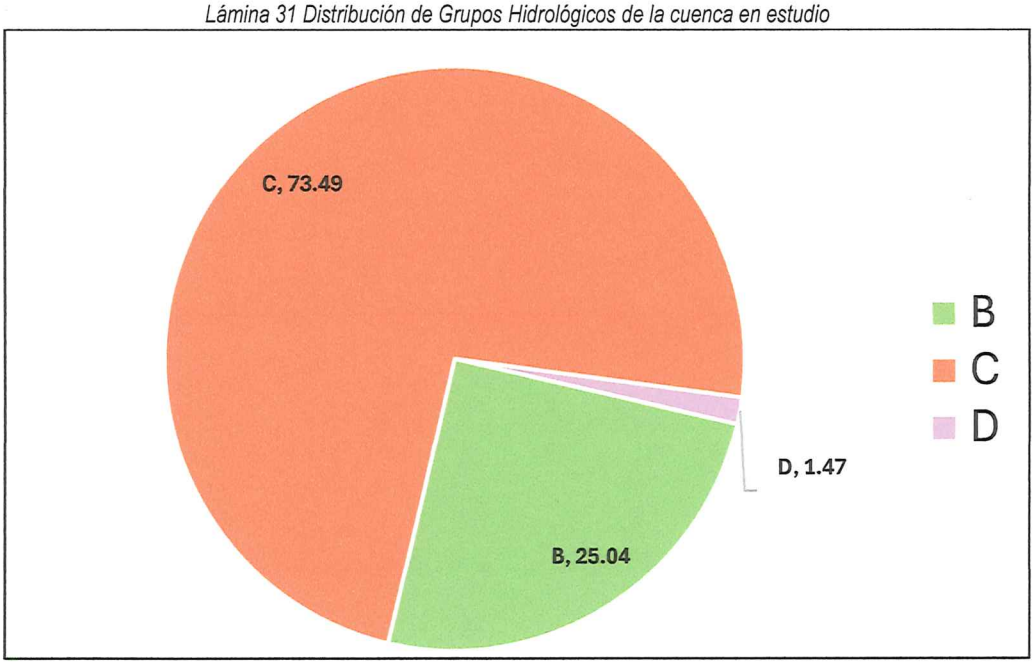
Tabla 20 Tipo Hidrológico de suelo (SCS)

Suelo principal	Suelo secundario	Suelo terciario	Textura	GHS_1	GHS_2	GHS_3	GHS	Área (km²)	Porcentaje (%)
Suelo cubierto por agua				D			D	3.58	0.15%
Technosol Ecránico				D			D	23.17	0.96%
Lixisol Abrúptico			Fina	C			C	82.39	3.42%
Phaeozem Háplico			Fina	C			C	85.01	3.53%
Phaeozem Háplico	Cambisol Éutrico		Fina	C	D		C	0.09	0.00%
Vertisol Epipetrodúrico	Planosol Lúvico		Fina	D	C		D	8.70	0.36%
Vertisol Esquelético	Regosol Endoléptico		Fina	C	D		C	2.80	0.12%
Phaeozem Epiléptico			Gruesa	B			B	0.54	0.02%
Alisol Endoléptico			Media	C			C	11.19	0.46%
Alisol Endoléptico	Cambisol Endoléptico		Media	C	C		C	200.73	8.34%
Durisol Endopétrico			Media	C			C	138.47	5.75%
Durisol Endopétrico	Luvisol Crómico		Media	C	B		C	87.51	3.64%
Durisol Epipétrico			Media	C			C	477.37	19.83%
Leptosol Esquelético			Media	B			B	352.44	14.64%
Leptosol Lítico			Media	C			C	25.97	1.08%
Leptosol Mólico			Media	B			B	2.25	0.09%
Leptosol Mólico	Luvisol Endoléptico		Media	B	C		B	5.26	0.22%
Leptosol Mólico	Regosol Epiléptico		Media	B	C		B	242.24	10.06%
Leptosol Somerimólico			Media	C			C	2.64	0.11%
Phaeozem Endopetrodúrico			Media	C			C	174.57	7.25%
Phaeozem Epiléptico			Media	C			C	304.60	12.65%
Planosol Mólico			Media	C			C	171.38	7.12%
Regosol Epiléptico			Media	C			C	1.95	0.08%
Regosol Epiléptico	Cambisol Epiléptico	Luvisol Epiléptico	Media	C	C	C	C	2.48	0.10%
							Suma	2407.32	100.00%

Tabla 21 Distribución de Grupos Hidrológicos de la cuenca en estudio

GHS	Área (km²)	Porcentaje (%)
B	602.73	25.04
C	1769.14	73.49
D	35.45	1.47
Suma	2407.32	100.00

Lámina 31 Distribución de Grupos Hidrológicos de la cuenca en estudio

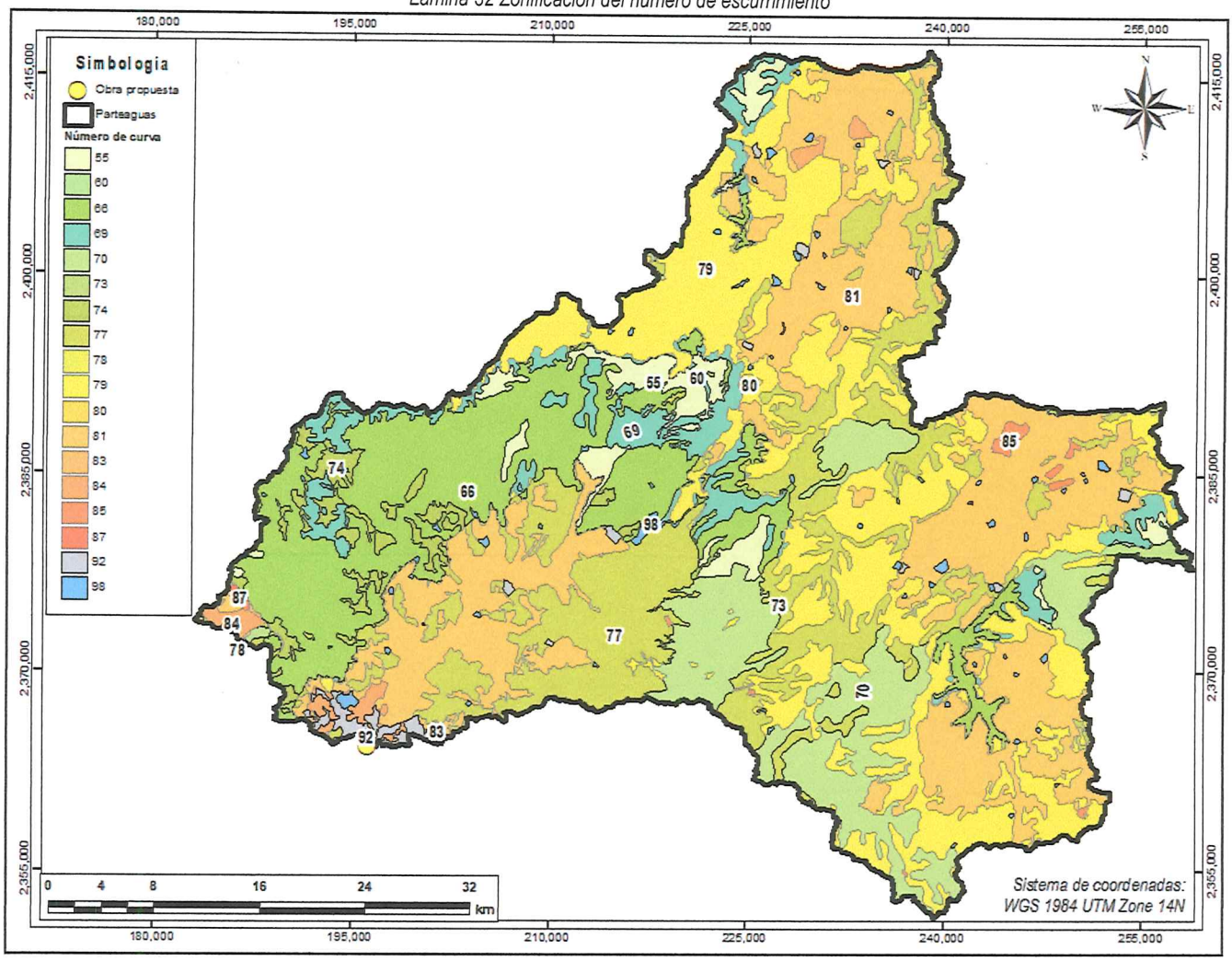


De la intersección de los mapas y asignado el correspondiente N para cada área, se obtiene la tabla 22 y el mapa de la lámina 32.

Tabla 22 Cálculo del número de escurrimiento (N)

Uso	Condición	GHS	Número de curva	Área (km²)
Agricultura de riego anual	Pobre	B	78	0.19
Agricultura de riego anual	Pobre	C	84	5.15
Agricultura de riego anual	Pobre	D	87	1.32
Agricultura de riego anual y permanente	Buena	C	81	1.37
Agricultura de riego anual y semipermanente	Buena	B	74	0.88
Agricultura de riego anual y semipermanente	Buena	C	81	101.82
Agricultura de riego anual y semipermanente	Buena	D	84	3.68
Agricultura de temporal anual	Pobre	B	74	46.16
Agricultura de temporal anual	Pobre	C	81	484.24
Agricultura de temporal anual	Pobre	D	84	13.07
Agricultura de temporal anual y permanente	Buena	C	80	1.53
Agricultura de temporal permanente	Pobre	B	74	0.04
Agricultura de temporal permanente	Pobre	C	81	5.61
Asentamientos humanos	No aplica	-	92	18.90
Bosque de encino	Buena	B	55	32.37
Bosque de encino	Buena	C	70	84.35
Bosque de encino	Buena	D	77	0.17
Bosque de encino-pino	Buena	B	55	24.53
Bosque de encino-pino	Buena	C	70	40.05
Bosque de encino-pino	Media	B	60	0.15
Bosque de encino-pino	Media	C	73	0.07
Bosque de pino	Buena	B	55	6.08
Bosque de pino	Buena	C	70	102.67
Bosque de pino-encino	Buena	B	55	7.77
Bosque de pino-encino	Buena	C	70	1.00
Cuerpo de agua	No aplica	-	98	15.39
Matorral crasicaule	Pobre	C	85	6.49
Pastizal inducido	Pobre	B	79	42.90
Pastizal inducido	Pobre	C	86	55.57
Pastizal natural	Media	B	69	78.15
Pastizal natural	Media	C	79	466.88
Sin vegetación aparente	No aplica	B	77	1.39
Sin vegetación aparente	No aplica	C	85	1.58
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Pobre	B	66	113.58
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	Pobre	C	77	25.37
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	Pobre	B	66	22.56
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	Pobre	C	77	62.98
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	Pobre	B	66	18.64
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	Pobre	C	77	49.92
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	Pobre	B	79	181.50
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	Pobre	C	86	211.67
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	Pobre	D	89	0.82
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Pobre	B	66	22.13
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Pobre	C	77	45.21
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	Pobre	D	83	0.04
Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino	Pobre	B	66	1.21
Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino	Pobre	C	77	0.17
			Área total	2407.32
			Número de curva ponderado	77.47

Lámina 32 Zonificación del número de escurrimiento



De acuerdo con lo anterior, se obtuvo que el número de curva de la cuenca es de 77.47.

3.4.2. Coeficiente de escurrimiento (método racional)

La aplicación de la fórmula racional requiere de la obtención de tres parámetros, uno de los cuales se conoce como coeficiente de escurrimiento. Este coeficiente responde a la relación existente entre la lluvia que escurre superficialmente respecto del total de la lluvia precipitada.

$$C_e = \frac{Hp_e}{Hp_t}$$

La determinación de dicho coeficiente ha sido objeto de estudio desde la publicación del método racional por Mulvaney en 1850, ya que "es la variable que presenta mayor incertidumbre en su determinación, y representa una relación adimensional entre la lámina de escorrentía superficial generada por una determinada cuenca y la lámina de la precipitación. El coeficiente de escorrentía varía con la pendiente, condiciones de la superficie, cubierta vegetal y el tipo de suelo hidrológico. Las superficies que son relativamente impermeables como las calles y plazas de aparcamiento tienen coeficientes de escorrentía que se aproximan a uno. Las superficies con vegetación para interceptar la escorrentía superficial y las que permiten la infiltración de las precipitaciones tienen coeficientes de escorrentía más bajas (cercanas a 0). Si todos los demás factores son iguales, una zona con una mayor pendiente tendrá más escorrentía de aguas pluviales y así un coeficiente de escorrentía más alto que una zona con una pendiente inferior".[1]

Diferentes autores cuentan con publicaciones en las que, en base a los resultados obtenidos en cuencas experimentales, han publicado tablas que relacionan los valores del coeficiente de escurrimiento con uno o más de los parámetros que intervienen en el fenómeno físico; por ejemplo, con el uso de suelo, tipo de suelo y pendientes.

"La estimación adecuada del Ce requiere juicio y experiencia por parte del hidrólogo, por ello cuando sea posible su calibración se debe intentar para obtener valores reales. Además de la inspección en campo y de fotografías aéreas será de enorme ayuda para caracterizar los tipos y condiciones de la superficie de la cuenca analizada".[2]

Para la determinación del coeficiente de escurrimiento se utilizó la tabla propuesta por Westphal (2001), extraída de Campos (2010) (ver tabla 23).

Tabla 23 Coeficientes recomendados para su utilización en el método racional

Uso del terreno:	C	Uso del terreno:	C
Comercial		Calzadas y caminos	0.70–0.85
Centro de la ciudad	0.70–0.95	Techos	0.75–0.95
Zonas periféricas	0.50–0.70	Areas de césped	
Residencial	–	Suelo arenoso, terreno plano (2 %)	0.05–0.10
Areas de casas familiares	0.30–0.50	Suelo arenoso, terreno medio (2 – 7 %)	0.10–0.15
Multifamiliares separados	0.40–0.60	Suelo arenoso, terreno inclinado (>7 %)	0.15–0.20
Multifamiliares juntos	0.60–0.75	Suelo arcilloso, terreno plano (2 %)	0.13–0.17
Suburbano	0.25–0.40	Suelo arcilloso, terreno medio (2 – 7 %)	0.18–0.25
Areas de apartamentos	0.50–0.70	Suelo arcilloso, terreno inclinado (>7%)	0.25–0.35
Industrial		Terrenos agrícolas	–
Areas esparcidas	0.50–0.80	Areas de suelo desnudo liso	0.30–0.60
Areas densas	0.60–0.90	Areas de suelo desnudo rugoso	0.20–0.50
Parques y cementerios	0.10–0.25	Cultivos en surco	
Campos de juego	0.20–0.35	suelo arcilloso en descanso	0.30–0.60
Patios de ferrocarril	0.20–0.40	suelo arcilloso cultivado	0.20–0.50
Areas incultas	0.10–0.30	suelo arenoso en descanso	0.20–0.40
Calles o pavimentos		suelo arenoso cultivado	0.10–0.25
Asfalto	0.70–0.95	Pastizal en suelo arcilloso	0.15–0.45
Concreto	0.80–0.95	Pastizal en suelo arenoso	0.05–0.25
Ladrillo	0.70–0.85	Bosques	0.05–0.25
Poroso	0.05–0.10		

Fuente: Campos, 2010.

[1] Chiarito et al. 2018, *Metodologías para la estimación del coeficiente de escorrentía en áreas urbanizadas mediante teledetección*
[2] Campos 2010, *Introducción a la hidrología urbana*

De esta manera, el primer paso fue recopilar la información de edafología y uso de suelo de la cuenca, mismos que se encuentran plasmadas en la lámina 26 y lámina 28. Haciendo uso de estos mapas, de las imágenes satelitales y de la información recabada en campo, se asignó para cada zona de la cuenca el coeficiente de escurrimiento aplicable a las condiciones predominantes, la zonificación del coeficiente Ce se muestra en la lámina 33 y se cuantifica en la tabla 24.

Lámina 33 Zonificación del coeficiente de escurrimiento, método racional

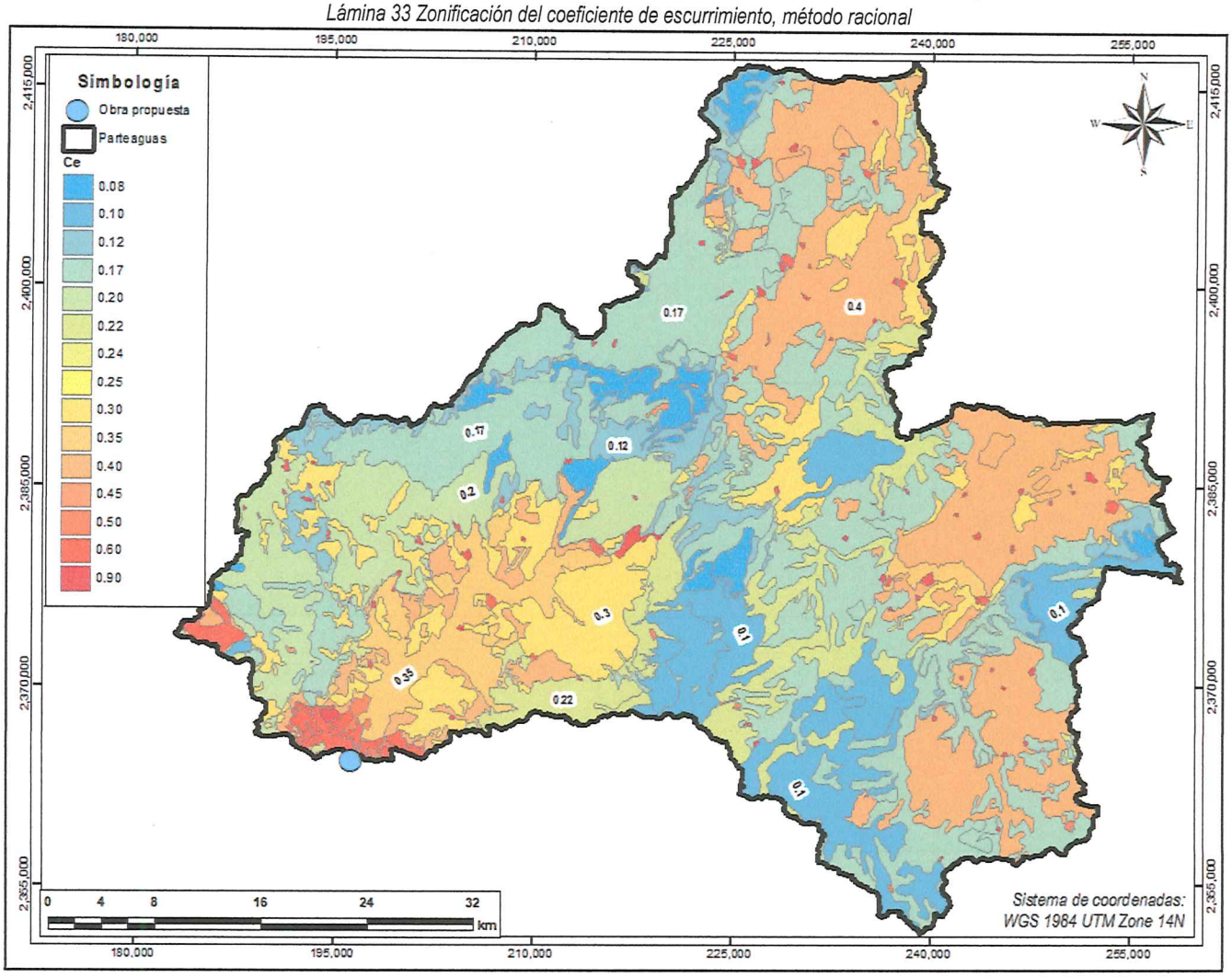


Tabla 24 Ponderación del coeficiente de escurrimiento del método racional

Uso	GHS	Ce	Área (km²)
Agricultura de riego anual	B	0.30	0.19
Agricultura de riego anual	C	0.40	5.15
Agricultura de riego anual	D	0.60	1.32
Agricultura de riego anual y permanente	C	0.35	1.37
Agricultura de riego anual y semipermanente	B	0.25	0.88
Agricultura de riego anual y semipermanente	C	0.35	101.82
Agricultura de riego anual y semipermanente	D	0.50	3.68
Agricultura de temporal anual	B	0.30	46.16
Agricultura de temporal anual	C	0.40	484.24
Agricultura de temporal anual	D	0.60	13.07
Agricultura de temporal anual y permanente	C	0.35	1.53
Agricultura de temporal permanente	B	0.30	0.04
Agricultura de temporal permanente	C	0.40	5.61
Asentamientos humanos	-	0.60	18.90

Uso	GHS	Ce	Área (km²)
Bosque de encino	B	0.08	32.37
Bosque de encino	C	0.10	84.35
Bosque de encino	D	0.12	0.17
Bosque de encino-pino	B	0.08	24.68
Bosque de encino-pino	C	0.10	40.12
Bosque de pino	B	0.08	6.08
Bosque de pino	C	0.10	102.67
Bosque de pino-encino	B	0.08	7.77
Bosque de pino-encino	C	0.10	1.00
Cuerpo de agua	-	0.90	15.39
Matorral crasicaule	C	0.40	6.49
Pastizal inducido	B	0.12	42.90
Pastizal inducido	C	0.17	55.57
Pastizal inducido	D	0.20	0.00
Pastizal natural	B	0.12	78.15
Pastizal natural	C	0.17	466.88
Sin vegetación aparente	B	0.45	1.39
Sin vegetación aparente	C	0.50	1.58
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	B	0.17	113.58
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino	C	0.22	25.37
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	B	0.17	22.56
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de encino-pino	C	0.22	62.98
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	B	0.17	18.64
Vegetación secundaria arbustiva de bosque de pino	C	0.22	49.92
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	B	0.20	181.50
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	C	0.30	211.67
Vegetación secundaria arbustiva de pastizal natural	D	0.40	0.81
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	B	0.17	22.13
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	C	0.22	45.21
Vegetación secundaria arbustiva de selva baja caducifolia	D	0.25	0.04
Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino	B	0.20	1.21
Vegetación secundaria herbácea de bosque de encino	C	0.24	0.17
		Área (km²)	2407.32
		Coeficiente de escurrimiento ponderado	0.25

De acuerdo con el procedimiento descrito se obtuvo un coeficiente de escurrimiento ponderado de 0.25.

4. Información hidro climatológica

4.1. Estaciones climatológicas convencionales y observatorios

En cuanto a la información disponible de climatología se realizó una consulta en la base de datos climatológica del Servicio Meteorológico Nacional, encontrando las mostradas en la lámina 34 y listadas en la tabla 25.

Lámina 34 Estaciones climatológicas en la zona de estudio

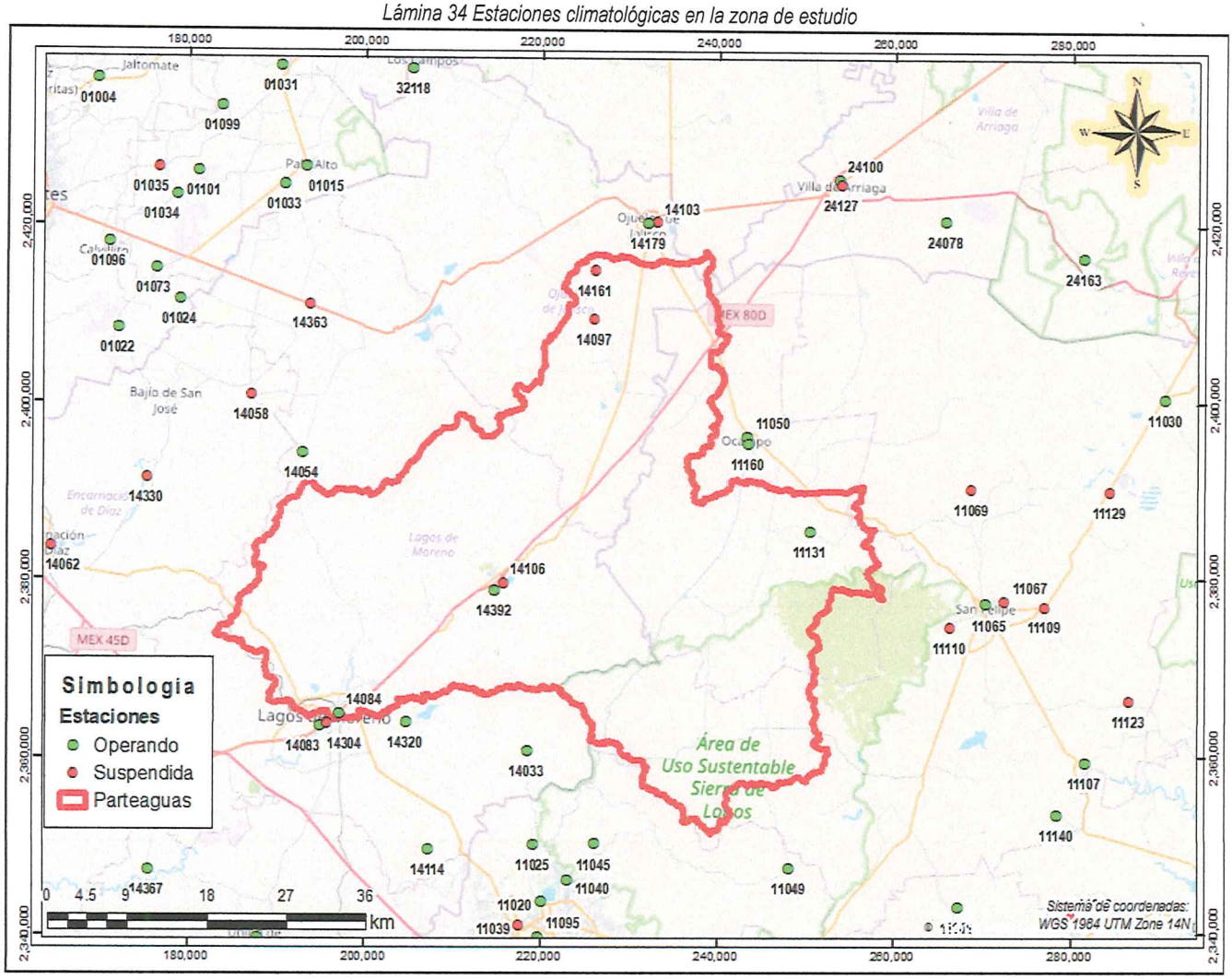


Tabla 25 Estaciones climatológicas en la zona

Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Elevación (msnm)	Situación
1004	Cañada Honda	-102.1988890	22.000833	1925	Operando
1015	Palo Alto	-101.9694440	21.916389	2038	Operando
1022	San Bartolo	-102.1702780	21.748056	1998	Operando
1024	San Isidro	-102.1038890	21.778611	2004	Operando
1031	El Novillo	-101.9991670	22.018889	2043	Operando
1033	Los Conos	-101.9925000	21.897778	2026	Operando
1034	Sandovales	-102.1091670	21.885000	2007	Operando
1035	San Francisco de los Viveros	-102.1300000	21.911944	2020	Suspendida
1073	La Tinaja	-102.1297220	21.809444	2027	Operando
1096	Calvillito	-102.1825000	21.835278	1970	Operando

Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Elevación (msnm)	Situación
1099	Jesús Terán (El Muerto)	-102.0619440	21.975833	2044	Operando
1101	Las Presas	-102.0869440	21.909167	2045	Operando
11008	Cañada de González	-101.1191670	21.164722	2125	Suspendida
11020	El Palote	-101.6963890	21.172778	1837	Operando
11025	Hacienda de Arriba	-101.7052780	21.231111	1920	Operando
11030	Jaral de Berrios	-101.0244440	21.695000	1859	Operando
11039	Leon (OBS)	-101.7191670	21.148056	1950	Suspendida
11040	Los Castillos	-101.6675000	21.195278	1865	Operando
11045	Media Luna	-101.6391670	21.232500	2221	Operando
11049	Nuevo Valle Moreno	-101.4258330	21.211111	2247	Operando
11050	Ocampo	-101.4797220	21.650000	2253	Operando
11065	San Felipe (DGE)	-101.2166670	21.482778	2094	Operando
11067	San Juan de los Llanos	-101.1955560	21.486389	2081	Suspendida
11069	San Pedro de los Almoloya	-101.2333330	21.600000	2130	Suspendida
11107	La Quemada	-101.1066670	21.322500	2003	Operando
11109	San Felipe (SMN)	-101.1522220	21.480833	2066	Suspendida
11110	Tres Encinos	-101.2555560	21.458611	2144	Suspendida
11123	Buenavista	-101.0597220	21.386111	2130	Suspendida
11129	La Chirimoya	-101.0833330	21.600000	2000	Suspendida
11131	Las Trojes	-101.4091670	21.555000	2198	Operando
11140	El Carbón	-101.1355560	21.269444	2115	Operando
11141	Ciénega de Negros	-101.2416670	21.173333	2475	Operando
11160	San Isidro	-101.4788890	21.643056	2269	Operando
14033	Comanja de Corona	-101.7138890	21.325833	2244	Operando
14054	El Puesto	-101.9663890	21.625556	2050	Operando
14058	El Tecuan	-102.0222220	21.682778	1965	Suspendida
14062	Encarnación de Díaz	-102.2369440	21.524167	1810	Suspendida
14083	Lagos de Moreno (OBS)	-101.9413890	21.347778	1901	Operando
14084	Lagos de Moreno (DGE)	-101.9205560	21.360278	1884	Operando
14097	Matanzas	-101.6500000	21.766667	2110	Suspendida
14103	Ojuelos de Jalisco (SMN)	-101.5833330	21.866667	2210	Suspendida
14106	Paso del Cuarenta I	-101.7433330	21.495833	1947	Suspendida
14114	Presa la Duquesa	-101.8200000	21.224444	1950	Operando
14161	Vaquerías	-101.6500000	21.816667	2270	Suspendida
14179	Ojuelos de Jalisco (DGE)	-101.5930560	21.866111	2220	Operando
14304	Lagos de Moreno (SMN)	-101.9333330	21.350000	1900	Suspendida
14320	La Sauceda	-101.8472220	21.353056	1940	Operando
14330	Los Sauces Chicos	-102.1347220	21.596667	1885	Suspendida
14363	Tacubaya	-101.9611110	21.776667	2020	Suspendida
14367	Tlacuitapan	-102.1250000	21.198056	1800	Operando
14392	Paso del Cuarenta II	-101.7527780	21.488889	1998	Operando
24078	Santiago	-101.2677780	21.873611	2221	Operando
24100	Villa de Arriaga (DGE)	-101.3844440	21.913333	2167	Operando
24127	Villa de Arriaga (SMN)	-101.3827780	21.909167	2169	Suspendida
24163	Bledos	-101.1158330	21.838056	1954	Operando
32118	Los Campos	-101.8547220	22.018333	2102	Operando

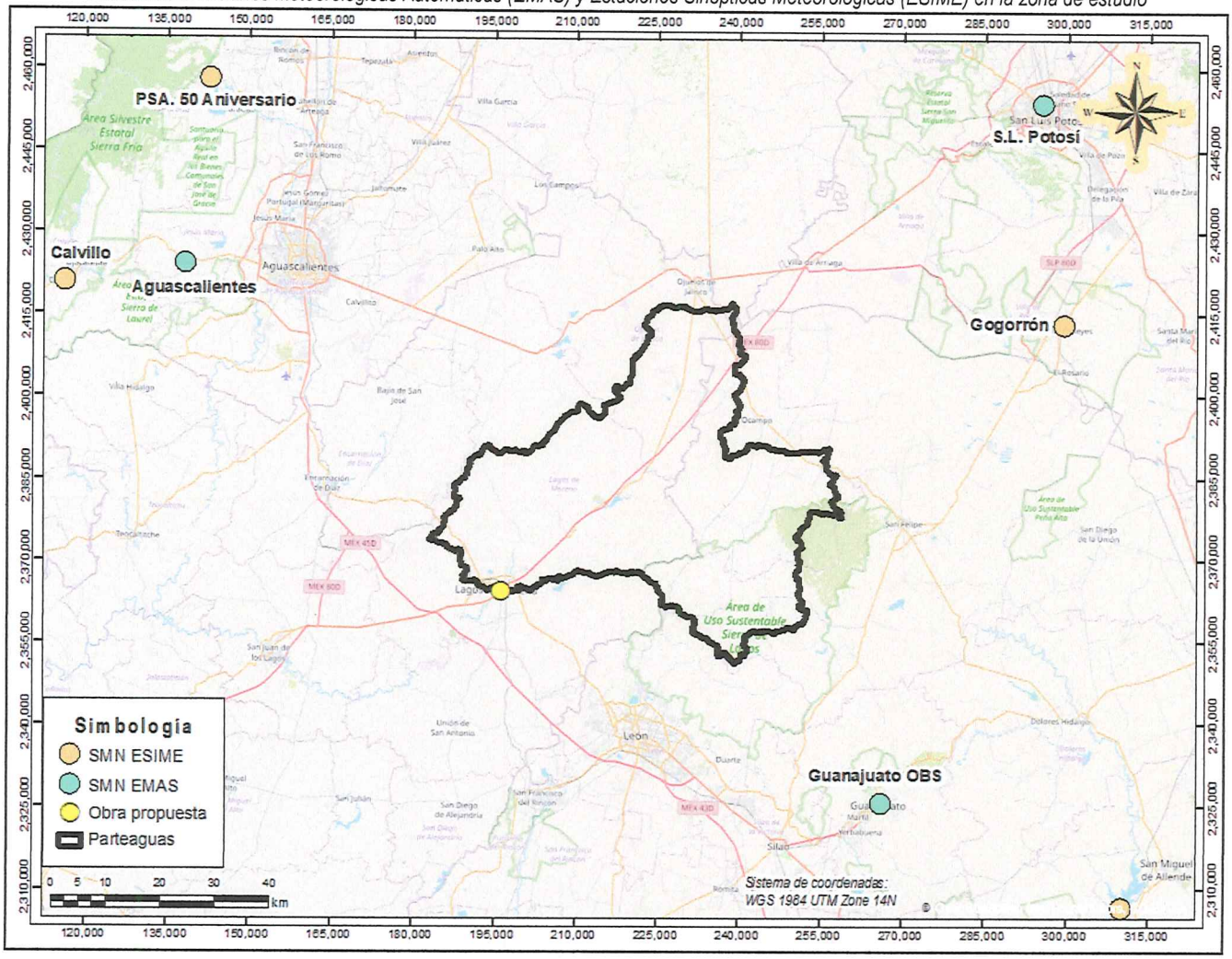
4.2. Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIME)

Se realizó una búsqueda en el sitio del Servicio Meteorológico Nacional (https://smn.conagua.gob.mx/es/observando-el-tiempo/estaciones-meteorologicas-automaticas-ema-s) para ubicar las Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) y las estaciones Sinópticas (ESIME) cercanas a la cuenca.

Son estaciones que cuentan con un sistema autónomo y automático formado por un conjunto de sensores y dispositivos montados sobre una estructura de soporte, a partir de la cual son distribuidos, orientados y conectados al sistema de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos (SAPAD) de la estación. En estas estaciones, se realiza la medición y registro de las variables meteorológicas del lugar, y se trasmiten los registros obtenidos a la oficina central, donde serán utilizados y almacenados en una base de datos.

No existen estaciones cercanas a la zona de estudio, siendo la más cercana la estación del observatorio de Guanajuato, ubicada a 70 km del centroide de la cuenca.

Lámina 35 Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMAS) y Estaciones Sinópticas Meteorológicas (ESIME) en la zona de estudio



4.3. Estaciones hidrométricas

Para localizar las estaciones hidrométricas en la zona de estudio se realizó una búsqueda en el Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales (BANDAS) de la Comisión Nacional del Agua, mismo que se encuentra disponible en la página http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/Portada%20BANDAS.htm (fecha de consulta: marzo de 2025).

Se encontraron 3 registros de estaciones hidrométricas en el río Lagos; mismas que se muestran la lámina y tabla siguiente.

Lámina 36 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio

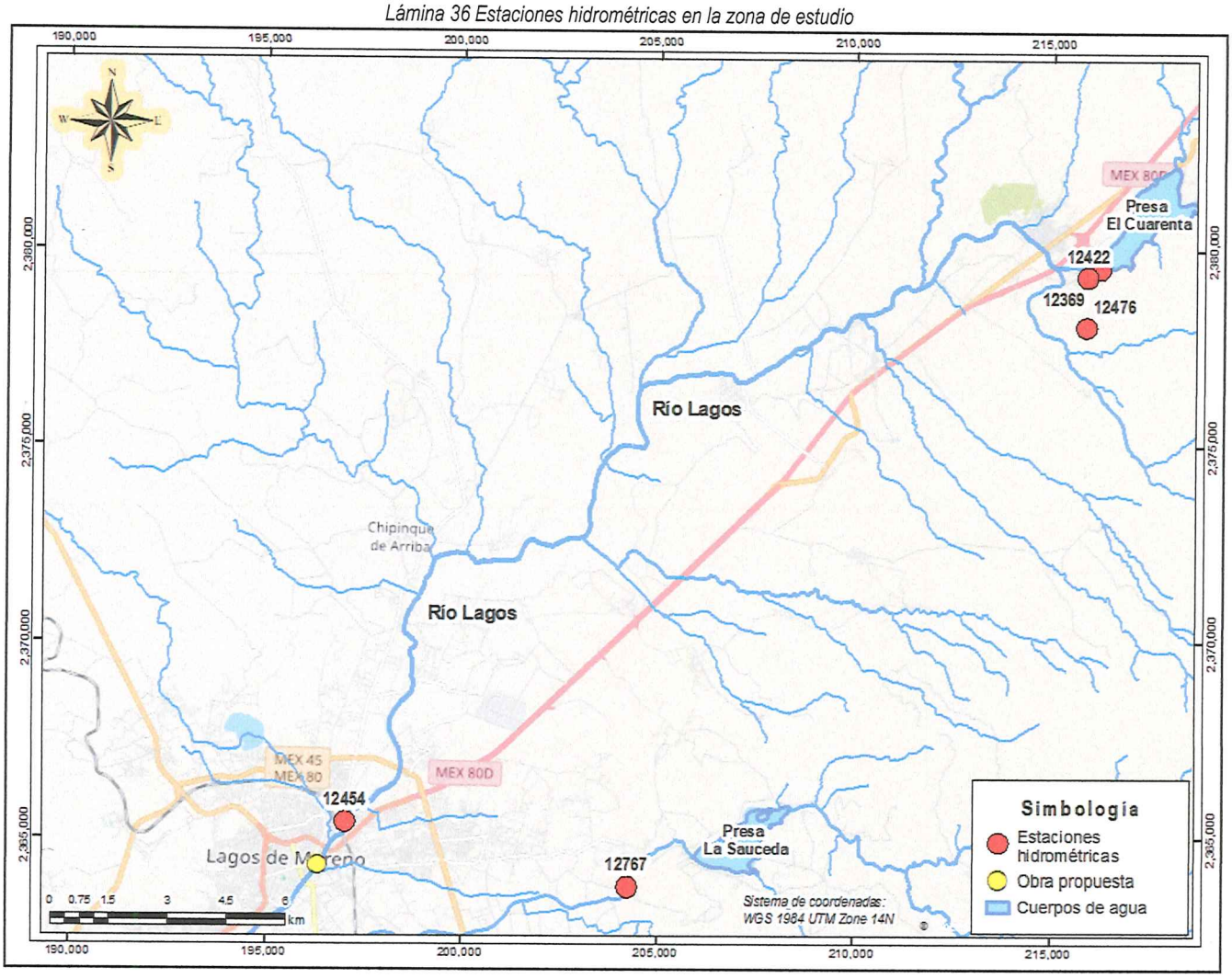


Tabla 26 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio

Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Área drenada (km²)	Descripción
12454	Lagos	-101.913889	21.362500	2397	Se localiza sobre el cauce del río Lagos, en el puente del ferrocarril México-Ciudad Juárez; a 1.4 km al noroeste de Lagos de Moreno, Jalisco.
12369	Cuarenta	-101.745833	21.484722	1652	Se localizaba sobre el cauce del río Lagos, a 600 m aguas abajo de la cortina de la presa Cuarenta.
12422	Cuarenta II	-101.752778	21.488890	1703	Se localiza sobre el cauce del río Lagos, a 1.6 km aguas abajo de la cortina de la presa Cuarenta; en el puente Guadalajara-San Luis Potosí (km 615+500).

La estación 12454 estaba ubicada a la altura del cruce del ferrocarril, a una distancia de 1 kilometro al sitio destinado para la obra.

5. Manejo de datos climatológicos

5.1. Parámetros de selección de estación principales

La selección de la estación base se hizo a partir de las premisas siguientes:

- Sus registros contengan información reciente.
- El periodo de los registros sea suficientemente amplio o superior a 35 años.
- Registros con la menor cantidad de vacíos (menos del 20%), con el objetivo de evitar la estimación de grandes cantidades de datos.
- Cercanía a la zona de estudio.

En la tabla 27 se plasman los datos correspondientes a casa parámetro de selección.

Tabla 27 Parámetros para la selección de estaciones climatológicas

Clave	Nombre	Situación	Primer registro	Último registro	Años con datos	Porcentaje de llenado	Distancia euclidiana al centroide (km)
01004	Cañada Honda	Operando	06/03/1970	31/12/2024	55	99.67	75.97
01015	Palo Alto	Operando	24/05/1967	31/01/2025	59	99.77	53.04
01022	San Bartolo	Operando	03/05/1949	31/12/2024	76	99.92	57.80
01024	San Isidro	Operando	12/07/1967	31/07/2024	58	98.95	53.24
01031	El Novillo	Operando	01/05/1972	31/01/2025	54	99.42	64.10
01033	Los Conos	Operando	01/05/1971	28/02/2025	55	99.09	52.92
01034	Sandovales	Operando	21/03/1972	31/01/2025	54	99.52	60.52
01035	San Francisco de los Viveros	Suspendida	01/04/1972	31/12/1983	12	92.30	64.09
01073	La Tinaja	Operando	01/05/1971	31/01/2025	51	90.99	57.31
01096	Calvillito	Operando	01/08/1983	31/01/2025	43	98.61	63.46
01099	Jesús Terán (El Muerto)	Operando	15/02/1985	30/11/2024	40	99.77	64.16
01101	Las Presas	Operando	01/02/1986	31/12/2023	38	99.55	60.58
11008	Cañada de González	Suspendida	01/07/1965	30/09/1998	34	97.88	69.56
11020	El Palote	Operando	01/01/1961	31/12/2024	64	99.52	40.16
11025	Hacienda de Arriba	Operando	08/08/1946	31/12/2022	75	95.39	33.84
11030	Jaral de Berrios	Operando	01/05/1941	30/09/2019	70	82.27	68.36
11039	Leon (OBS)	Suspendida	01/10/1877	31/12/1985	49	36.74	43.15
11040	Los Castillos	Operando	09/08/1946	30/11/2024	77	94.88	37.51
11045	Media Luna	Operando	01/05/1947	31/05/2020	73	95.98	33.46
11049	Nuevo Valle Moreno	Operando	01/06/1962	29/02/2020	59	96.57	43.31
11050	Ocampo	Operando	15/08/1924	30/11/2024	97	93.60	22.81
11065	San Felipe (DGE)	Operando	01/01/1986	30/11/2024	37	86.19	46.46
11067	San Juan de los Llanos	Suspendida	13/08/1924	31/12/1989	66	96.40	48.59
11069	San Pedro de los Almoloya	Suspendida	01/01/1961	30/11/1987	26	87.74	44.97
11107	La Quemada	Operando	22/04/1974	30/11/2024	49	84.53	62.12
11109	San Felipe (SMN)	Suspendida	01/01/1922	31/12/1985	50	77.12	53.12
11110	Tres Encinos	Suspendida	01/09/1974	17/10/1988	15	99.36	42.90
11123	Buenavista	Suspendida	01/04/1976	14/04/1997	20	87.47	64.51
11129	La Chirimoya	Suspendida	10/08/1977	31/01/1980	4	100.00	60.36
11131	Las Trojes	Operando	01/09/1977	31/12/2019	41	88.94	26.26
11140	El Carbón	Operando	01/12/1979	30/09/2017	39	97.03	61.92
11141	Ciénega de Negros	Operando	01/12/1979	31/08/2021	43	98.64	59.10
11160	San Isidro	Operando	01/03/1980	31/12/2018	37	87.80	22.46
14033	Comanja de Corona	Operando	14/02/1963	31/05/2023	57	80.16	23.67
14054	El Puesto	Operando	02/09/1965	31/07/2023	57	89.02	33.19
14058	El Tecuan	Suspendida	01/08/1970	30/06/1990	21	97.92	40.85
14062	Encarnación de Díaz	Suspendida	01/01/1939	30/09/1998	60	96.22	59.67
14083	Lagos de Moreno (OBS)	Operando	09/05/1958	21/11/2024	67	95.18	35.60
14084	Lagos de Moreno (DGE)	Operando	01/01/1942	13/02/2025	84	96.28	33.04
14097	Matanzas	Suspendida	01/06/1964	31/12/1975	12	91.86	25.82
14103	Ojuelos de Jalisco (SMN)	Suspendida	10/07/1942	31/10/1985	44	99.59	37.75
14106	Paso del Cuarenta I	Suspendida	06/01/1941	31/07/1989	49	99.65	9.47

Clave	Nombre	Situación	Primer registro	Último registro	Años con datos	Porcentaje de llenado	Distancia euclidiana al centroide (km)
14114	Presa la Duquesa	Operando	01/01/1959	30/04/2024	66	95.56	38.02
14161	Vaquerías	Suspendida	01/01/1963	31/05/1970	8	96.71	31.36
14179	Ojuelos de Jalisco (DGE)	Operando	01/01/1986	28/02/2022	36	89.30	37.49
14304	Lagos de Moreno (SMN)	Suspendida	09/05/1958	31/12/1988	28	87.81	34.78
14320	La Sauceda	Operando	21/06/1980	19/12/2024	43	89.29	27.79
14330	Los Sauces Chicos	Suspendida	07/07/1978	31/03/1990	13	99.29	49.54
14363	Tacubaya	Suspendida	13/08/1981	28/02/1989	9	81.89	41.07
14367	Tlacuitapan	Operando	24/09/1981	31/10/2021	37	74.07	60.81
14392	Paso del Cuarenta II	Operando	01/05/1990	28/11/2024	32	83.29	10.69
24078	Santiago	Operando	01/01/1961	31/03/2024	58	78.63	55.48
24100	Villa de Arriaga (DGE)	Operando	01/09/1961	30/04/2024	61	84.78	50.89
24127	Villa de Arriaga (SMN)	Suspendida	01/07/1947	31/07/1966	19	86.88	50.61
24163	Bledos	Operando	10/08/1978	31/05/2017	36	81.50	65.78
32118	Los Campos	Operando	01/11/1979	30/09/2023	44	92.28	57.28

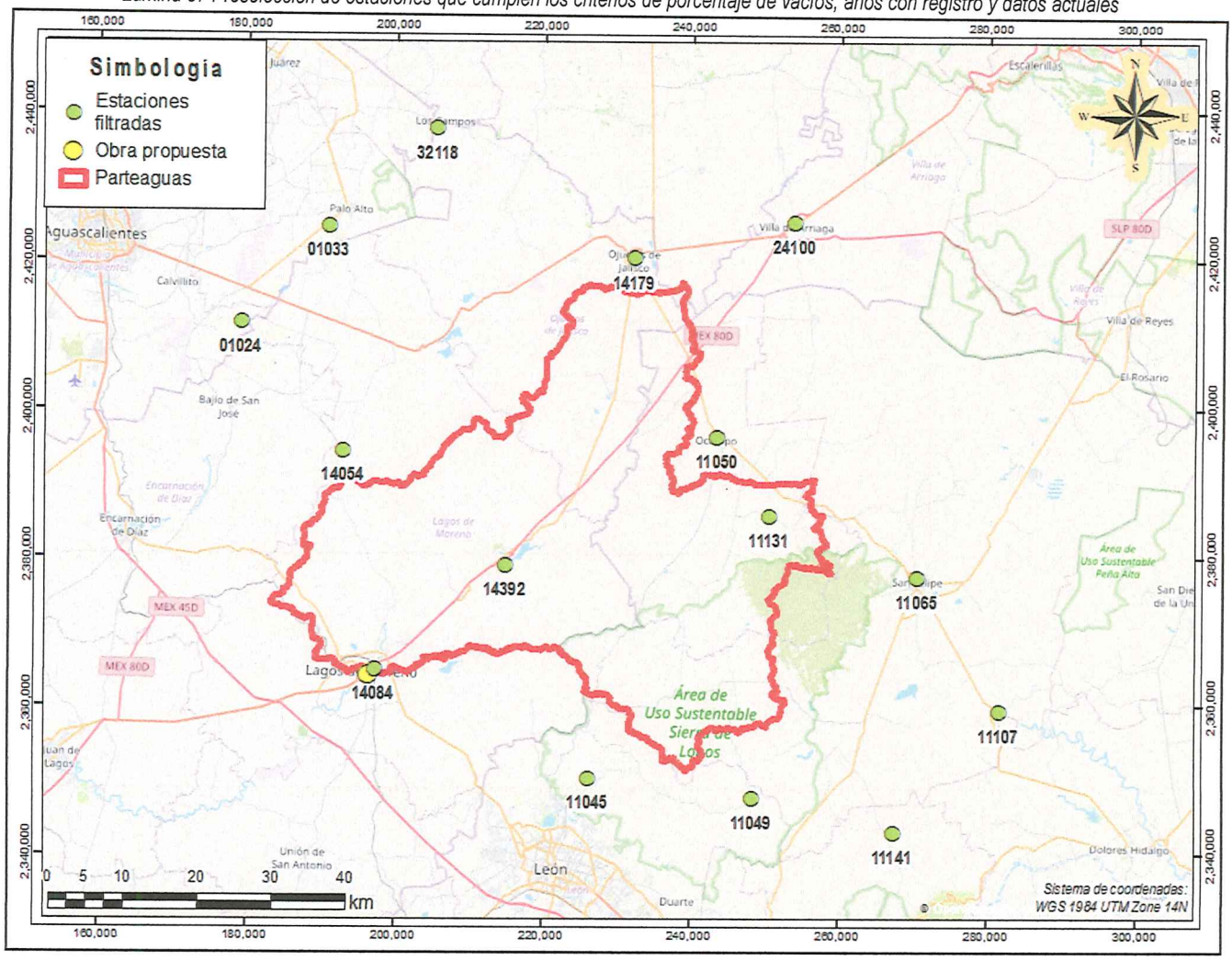
5.2. Selección de estaciones principales

Tomando en cuenta los criterios anteriores se preseleccionaron 16 estaciones de las localizadas en la zona de estudio, estas se muestran en la tabla 28 y lámina 37.

Tabla 28 Preselección de estaciones que cumplen los criterios de porcentaje de vacíos, años con registro y datos actuales

Clave	Nombre	Situación	Primer registro	Último registro	Años con datos	Porcentaje de llenado	Distancia euclidiana al centroide (km)
01024	San Isidro	Operando	12/07/1967	31/07/2024	58	98.95	53.24
01033	Los Conos	Operando	01/05/1971	28/02/2025	55	99.09	52.92
11045	Media Luna	Operando	01/05/1947	31/05/2020	73	95.98	33.46
11049	Nuevo Valle Moreno	Operando	01/06/1962	29/02/2020	59	96.57	43.31
11050	Ocampo	Operando	15/08/1924	30/11/2024	97	93.60	22.81
11065	San Felipe (DGE)	Operando	01/01/1986	30/11/2024	37	86.19	46.46
11107	La Quemada	Operando	22/04/1974	30/11/2024	49	84.53	62.12
11131	Las Trojes	Operando	01/09/1977	31/12/2019	41	88.94	26.26
11141	Ciénega de Negros	Operando	01/12/1979	31/08/2021	43	98.64	59.10
14054	El Puesto	Operando	02/09/1965	31/07/2023	57	89.02	33.19
14084	Lagos de Moreno (DGE)	Operando	01/01/1942	13/02/2025	84	96.28	33.04
14179	Ojuelos de Jalisco (DGE)	Operando	01/01/1986	28/02/2022	36	89.30	37.49
14392	Paso del Cuarenta II	Operando	01/05/1990	28/11/2024	32	83.29	10.69
24100	Villa de Arriaga (DGE)	Operando	01/09/1961	30/04/2024	61	84.78	50.89
32118	Los Campos	Operando	01/11/1979	30/09/2023	44	92.28	57.28

Lámina 37 Preselección de estaciones que cumplen los criterios de porcentaje de vacíos, años con registro y datos actuales



Al formar polígonos de Thiessen (lámina 38) con estas estaciones se encontró que 9 de ellas tienen área de influencia (ver **tabla 29**) en la cuenca, mismas que se utilizarán como estaciones principales para la elaboración del presente estudio.

Tabla 29 Estaciones con área de influencia en la cuenca

Clave	Nombre	Situación	Primer registro	Último registro	Años con datos	Porcentaje de llenado	Distancia euclidiana al centroide (km)	Área de influencia (km²)	Porcentaje de influencia (%)
11045	Media Luna	Operando	01/05/1947	31/05/2020	73	95.98	33.46	141.61	5.88
11049	Nuevo Valle Moreno	Operando	01/06/1962	29/02/2020	59	96.57	43.31	139.11	5.78
11050	Ocampo	Operando	15/08/1924	30/11/2024	97	93.60	22.81	313.91	13.04
11131	Las Trojes	Operando	01/09/1977	31/12/2019	41	88.94	26.26	414.22	17.21
14054	El Puesto	Operando	02/09/1965	31/07/2023	57	89.02	33.19	168.04	6.98
14084	Lagos de Moreno (DGE)	Operando	01/01/1942	13/02/2025	84	96.28	33.04	249.94	10.38
14179	Ojuelos de Jalisco (DGE)	Operando	01/01/1986	28/02/2022	36	89.30	37.49	198.65	8.25
14392	Paso del Cuarenta II	Operando	01/05/1990	28/11/2024	32	83.29	10.69	781.85	32.48

Lámina 38 Polígonos de Thiessen generados con las estaciones preseleccionadas

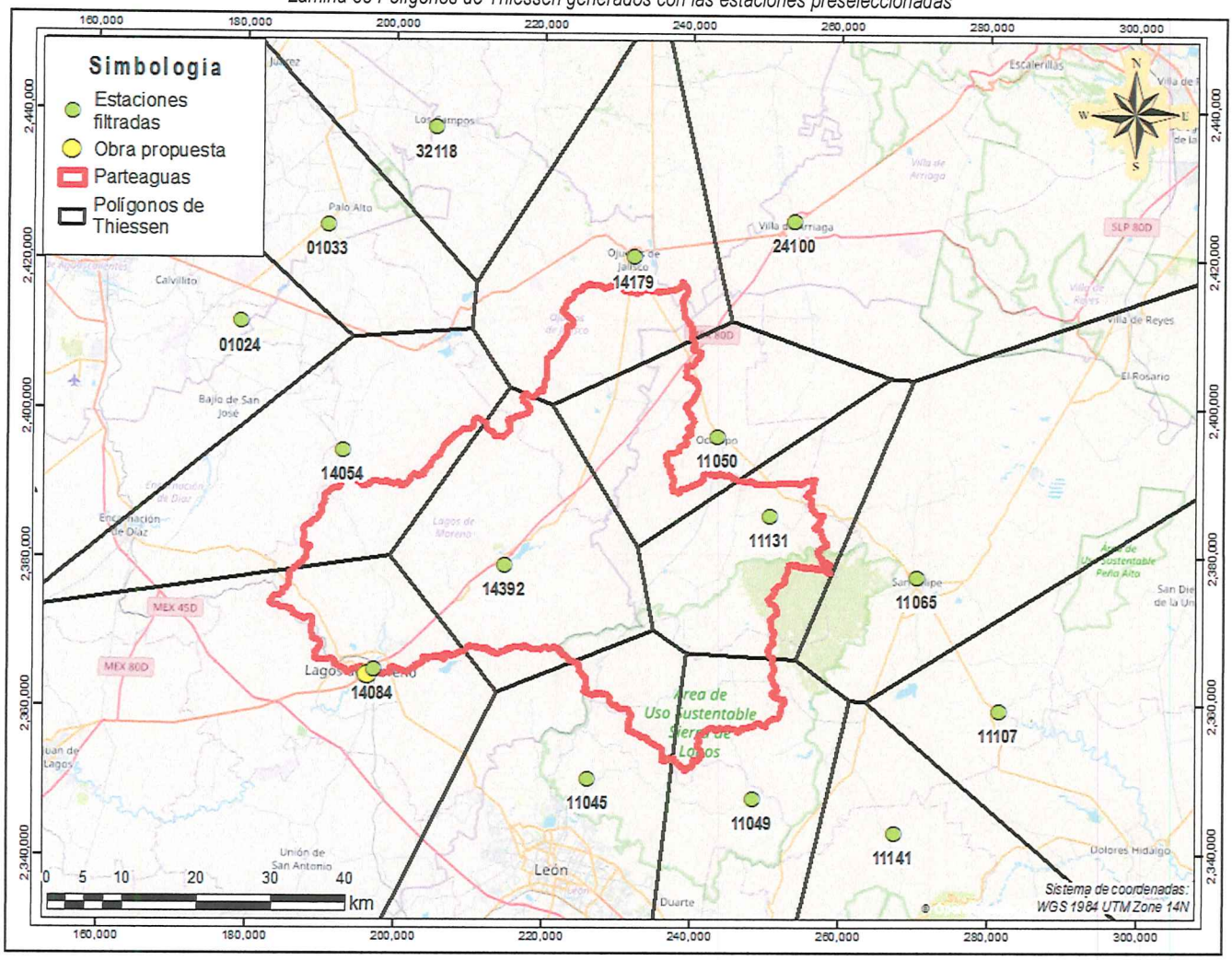
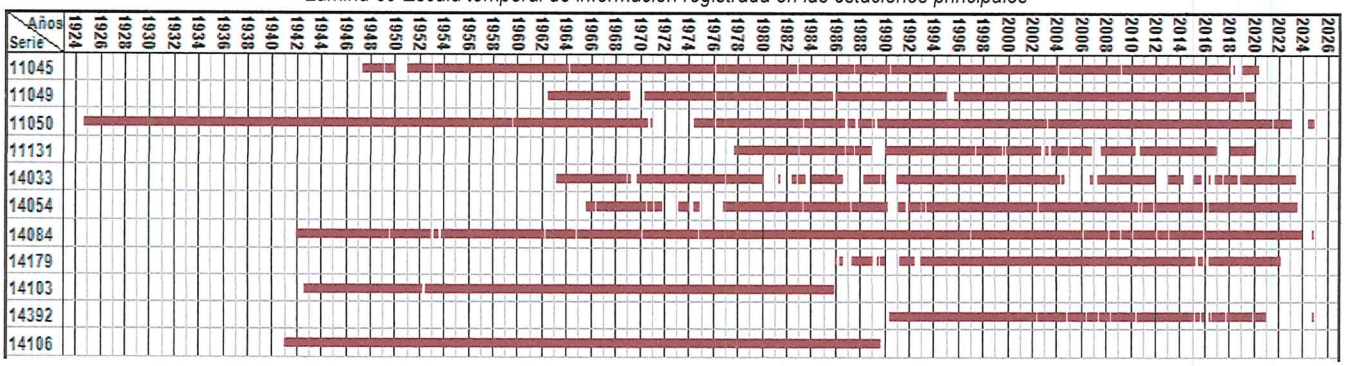


Lámina 39 Escala temporal de información registrada en las estaciones principales



Cabe señalar que la estación 14103 Ojuelos de Jalisco (SMN) fue reubicada con la clave 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) en 1986; razón por la cual se considerarán los datos de la estación 14103 dentro de los registros de la estación 14179; de manera análogo la estación 14106 Paso del Cuarenta I fue reubicada en 1990 con la clave 14392 Paso del Cuarenta II.

Como parte del proceso para de gestión de datos se efectuará la estimación de datos faltantes y una vez que se tengan las series sin vacíos se generará una estación ficticia equivalente que será representativa de la climatología de la cuenca; para ello se emplearán los porcentajes de influencia de cada estación en la cuenca en estudio y se uniformizará el periodo de las estaciones de enero de 1977 a diciembre de 2024, con una longitud de registro de 47 años.

Lámina 40 Escala temporal de información registrada en las estaciones principales en el periodo seleccionado



5.3. Datos de precipitación máxima mensual y anual de las estaciones principales

En las siguientes tablas se plasma la información climatológica obtenida de la base de datos del SMN, relativa a las estaciones principales en el rango temporal de 1977 a 2024. La información de las estaciones auxiliares se localiza en el anexo C.

5.3.1. Datos de precipitación de la estación 11045 Media Luna

Tabla 30 Registros de precipitación máxima de la estación 11045 Media Luna

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	2.00	0.00	0.00	12.00	5.00	41.00	33.00	78.00	28.00	25.00	18.00	7.00	78.00
1978	1.00	12.00	2.00	9.00	36.00	25.00	29.00	16.00	21.00	41.00	6.00	1.00	41.00
1979	0.00	13.00	1.00	0.00	5.00	21.00	22.00	32.00	12.00	0.00	6.00	22.00	32.00
1980	20.00	10.00	0.10	8.00	7.00	27.00	29.00	36.00	26.00	20.00	17.00	5.00	36.00
1981	25.00	12.00	5.00	13.00	2.00	40.00	34.00	25.00	13.00	61.00	0.10	10.00	61.00
1982	0.10	14.00	0.10	20.00	20.00	16.00	46.00	18.00	19.00	34.00		0.00	46.00
1983	13.00	3.00	0.00	0.00	13.00	38.00	23.00	13.00	37.00	10.00	19.00	4.00	38.00
1984	7.00	8.00	0.00	0.00	6.00	20.80	38.00	45.00	20.00	6.90	0.00	4.00	45.00
1985	6.00	7.00	0.00	4.00	9.30	33.50	28.30	31.70	18.50	16.00	7.00	4.90	33.50
1986	0.00	0.00	0.00	8.00	12.00	43.30	33.50	18.40	34.00	17.40	22.00	0.00	43.30
1987	10.00	9.20	0.00	14.00	12.50	27.00		18.00	60.00	0.00	10.00	0.00	60.00
1988	5.00	0.00	25.10	0.00	3.00	24.30	50.30	44.70	18.80	9.30	0.00	0.00	50.30
1989	0.00	0.00	0.00	11.00	7.00	29.00	20.50	45.00	20.00	0.00	5.00	7.30	45.00
1990	4.20	9.00	0.00	0.00	3.20		46.50	31.00	50.60	42.50	0.00	0.00	50.60
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.60	20.40	20.30	45.10	18.00	0.00	6.00	45.10
1992	28.00	8.00	0.01	0.01	41.00	4.00	36.00	8.00	9.00	20.00	16.00	0.00	41.00
1993	4.00	0.00	0.00	14.00	25.00	29.00	13.00	41.00	38.00	4.00	0.00	0.00	41.00
1994	2.00	0.00	0.01	7.00	9.00	33.00	45.00	33.00	12.00	15.00	2.00	6.00	45.00
1995	4.00	0.01	0.00	0.01	16.00	24.00	43.00	25.00	38.00	2.00	3.00	9.00	43.00
1996	0.00	0.00	0.01	0.01	8.00	24.00	20.00	18.00	42.00	20.00	0.00	0.00	42.00
1997	0.00	0.00	10.00	28.00	8.00	20.00	43.00	38.00	22.00	40.00	10.00	0.00	43.00
1998	0.00	2.00	0.00	0.00	3.00	42.00	23.00	78.00	45.00	76.00	0.00	0.00	78.00
1999	0.00	0.00	5.00	2.00	18.00	42.00	36.00	16.00	22.00	0.01	0.00	0.01	42.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.01	15.00	20.00	42.00	30.00	20.00	0.01	4.00	2.00	42.00
2001	0.00	2.00	4.00	10.00	15.00	20.00	34.00	65.00	62.00	15.00	16.00	0.01	65.00
2002	20.00	16.00	0.00	0.00	20.00	30.00	42.00	75.00	23.00	12.00	28.00	3.00	75.00
2003	10.00	3.00	0.00	9.00	15.00	15.00	43.00	43.00	43.00	43.00	3.00	0.00	43.00
2004		0.00	15.00	0.00	20.00	53.00	45.00	38.00	20.00	8.00	0.00	12.00	53.00
2005	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00		25.00
2006	0.00	0.00	3.00	15.00	20.00	0.00	60.00	37.00	40.00	27.00	0.00	14.00	60.00
2007	15.00	6.00	60.00	20.00	10.00	42.00	50.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.00
2008	5.00	0.00	0.00	5.00	50.00	85.00	40.00	44.00	38.00		0.00	0.00	85.00
2009	0.00	0.00		4.00	12.00	25.00	11.00	50.00	60.00	63.00	14.00	20.00	63.00
2010	11.00	70.00	0.00	0.00	5.00	90.00	60.00	26.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2011	30.00	0.00	0.00	0.00	2.00	20.00	50.00	26.00	58.00	60.00	0.00	1.00	60.00
2012	2.00	10.00	0.00	20.00	60.00	20.00	100.00	60.00	40.00	20.00	0.00	0.00	100.00
2013	10.00	0.00	0.00	0.00	70.00	17.00	45.00	20.00	40.00	31.00	40.00	50.00	70.00
2014	30.00	0.00	0.00	3.00	23.00	45.00	30.00	26.00	35.00	35.00	5.00	8.00	45.00
2015	0.00	2.60	32.60	25.00	25.00	45.00	26.30	16.00	90.00	40.00	20.00	15.00	90.00
2016	0.00	9.00	14.00	3.00	12.40		32.30	90.00	23.00	10.30	12.50	0.80	90.00
2017	0.01	0.00	2.90	0.90	9.80	29.50	32.50	19.70	15.50	43.00	1.90	15.00	43.00
2018					9.80								
2019	1.40	0.00	0.00	0.00	2.50	76.80	33.70	55.00	20.50	27.00	14.50	4.00	76.80
2020	0.00	15.50	7.00	6.00	23.50								
Media	6.33	6.17	4.45	6.30	15.66	31.44	36.32	35.59	33.43	22.86	7.32	5.63	55.37
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00
Máx.	30.00	70.00	60.00	28.00	70.00	90.00	100.00	90.00	100.00	76.00	40.00	50.00	100.00
Desv. Est.	9.03	11.63	11.18	7.73	15.23	19.36	16.28	20.30	20.42	19.73	9.40	9.23	19.02
Asimetría	1.55	4.19	3.71	1.19	1.97	1.35	1.21	0.89	1.34	0.85	1.51	3.14	0.88

5.3.2. Datos de precipitación de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno

Tabla 31 Registros de precipitación máxima de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	6.60	0.00	0.50	8.50	20.30	23.40	24.60	43.60	24.90	24.70	4.00	4.20	43.60
1978	3.00	11.50	0.50	2.50	40.00	25.50	28.00	25.20	41.00	36.00	8.50	0.20	41.00
1979	1.30	17.50	1.10	0.70	7.60	25.60	28.30	11.00	28.00	0.00	13.70	27.00	28.30
1980	38.00	21.00	0.10	3.00	4.50	20.00	27.00	35.20	16.50	44.20	9.50	6.50	44.20
1981	28.50	18.20	4.50	17.00	7.50	60.00	40.00	29.50	23.00	33.50	0.10	8.00	60.00
1982	0.30	13.00	2.00	12.50	27.00	13.00	25.40	12.00	30.00	13.00	25.60	10.00	30.00
1983	12.00	4.00	4.00	0.00	40.00	26.00	47.70	40.20	20.00	33.00	10.00	0.10	47.70
1984	8.00	7.00	0.00	0.20	9.00	36.70	54.00	22.00	11.00	18.00	0.00	20.00	54.00
1985	2.00	9.20	0.00	7.00	20.80	48.70	27.70	34.00	31.00			0.30	48.70
1986	0.00	18.00	0.00	20.00	11.00	46.00	35.50	15.00	32.00	16.50	13.00	0.00	46.00
1987	11.80	12.00	1.50	14.80	7.20	64.30	36.20	23.90	25.50	0.20	9.70	0.80	64.30
1988	6.80	0.20	38.00	10.30	7.80	13.00	45.00	43.50	9.00	20.00	2.20	10.00	45.00
1989	1.00	0.00	0.00	4.50	2.00	31.00	19.00	54.20	12.30	9.00	2.00	14.80	54.20
1990	6.80	7.40	0.80	7.00	17.20	14.30	59.30	35.50	18.50	47.80	0.00	0.00	59.30
1991	0.00	11.50	0.00	0.00	5.00	52.00	64.00	20.00	20.00	13.00	3.60	13.00	64.00
1992	47.80	18.00	7.50	9.50	28.50	26.00	31.50	12.00	62.80	24.50	7.70	23.00	62.80
1993	13.00	0.00	0.30	0.00	8.00	34.00	78.00	17.00	23.50	20.00	3.00	0.00	78.00
1994	0.20	0.00	35.60	10.50	17.00	14.00	59.30	35.50	18.50	42.80	0.00	0.00	59.30
1995								37.00	42.00	0.50	9.70	13.50	
1996	0.00	0.00	0.10	4.00	1.30	13.30	39.50	27.00	35.10	19.80	0.00	0.00	39.50
1997	4.50	4.60	20.50	30.60	8.40	15.00	20.20	20.20	19.00	52.00	8.00	1.20	52.00
1998	0.00	7.10	0.00	0.00	1.50	47.00	22.20	48.70	43.30	25.80	4.90	0.00	48.70
1999	0.01	0.00	3.40	1.00	15.00	27.50	20.00	19.50	27.30	5.70	0.01	3.50	27.50
2000	0.10	0.01	0.01	3.30	25.80	30.00	22.20	20.00	35.50	8.00	0.40	9.30	35.50
2001	0.50	7.40	7.40	60.00	15.00	15.50	18.00	40.20	20.00	24.00	2.20	0.80	60.00
2002	45.00	20.00	1.80	6.80	27.20	30.80	34.00	29.80	27.00	37.20	22.50	0.90	45.00
2003	9.40	0.01	0.00	7.00	9.00	45.50	24.00	24.00	89.10	23.20	0.00	0.01	89.10
2004	27.80	1.60	22.00	2.00	31.20	50.20	24.50	20.00	36.00	8.90	0.01	14.00	50.20
2005	8.50	28.00	27.60	1.80	3.60	4.20	25.00	26.50	32.80	22.50	0.01	0.01	32.80
2006	37.80	0.01	8.00	21.00	15.00	8.00	11.70	57.60	29.00	15.80	6.20	14.80	57.60
2007	13.50	16.30	0.60	9.80	49.50	53.20	75.50	52.00	21.30	10.00	16.20	0.10	75.50
2008	3.20	3.20	0.01	1.50	12.20	47.10	48.40	57.00	27.30	3.60	0.00	0.01	57.00
2009	5.00	0.00	10.10	6.40	18.00	28.00	22.00	21.00	15.80	31.00	1.80	7.70	31.00
2010	11.50	89.10	0.80	5.30	7.00	25.40	33.00	37.50	44.80	0.00	0.00	0.00	89.10
2011	3.70	0.01	0.01	22.50	3.10	11.00	41.50	13.80	21.20	17.00	0.50	0.01	41.50
2012	5.00	57.00	0.90	2.10	8.70	17.80	54.00	42.00	12.90	5.60	22.00	9.30	57.00
2013	12.50	0.00	0.01	0.01	5.10	43.50	25.00	32.80	30.30	12.60	18.80	51.10	51.10
2014	3.10	0.00	4.20	7.20	27.00	43.30	29.00	22.90	49.30	29.70	6.50	4.00	49.30
2015	1.10	9.50	46.50	0.00	32.00	32.70	36.50	25.00	26.50	29.50	0.30	29.50	46.50
2016	14.40	7.90	13.20	6.70	28.20	23.50	57.30	32.20	25.30	5.60	12.00	1.10	57.30
2017	0.00	1.50	6.30	11.10	26.50	36.50	41.60	36.50	45.20	5.80	0.00	0.30	45.20
2018	9.60	9.80	0.01	14.80	41.00	50.20	49.50	77.00	13.00	20.00	43.00	5.00	77.00
2019	6.00	0.50		0.00	0.00	50.10	40.70	20.40	23.00	28.00	8.00	5.00	50.10
2020	0.00	0.00											
Media	9.52	10.05	6.58	8.40	16.47	31.50	36.80	31.39	28.83	19.95	7.04	7.19	52.28
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	11.70	11.00	9.00	0.00	0.00	0.00	27.50
Máx.	47.80	89.10	46.50	60.00	49.50	64.30	78.00	77.00	89.10	52.00	43.00	51.10	89.10
Desv. Est.	12.55	16.33	11.55	10.86	12.65	15.51	15.88	14.33	14.68	13.64	9.01	10.40	14.72
Asimetría	1.86	3.38	2.20	2.97	0.79	0.23	0.86	0.96	1.95	0.46	2.01	2.31	0.65

5.3.3. Datos de precipitación de la estación 11050 Ocampo

Tabla 32 Registros de precipitación máxima de la estación 11050 Ocampo

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	2.00	0.00	0.00	2.00	4.00	24.00	38.00	45.00	28.00	12.00	10.00	6.50	45.00
1978	0.00	5.00	10.00	1.00	0.00	4.00	28.20	25.20	25.60	10.00	0.00	0.00	28.20
1979	0.00	2.50	0.00	0.00	2.30	14.20	27.00	12.90	33.30	0.00	0.00	34.00	34.00
1980	17.80	13.00	0.00	4.80	10.00	10.00	30.00	23.00	15.00	11.50	20.00	11.50	30.00
1981	21.00	14.40	8.30	27.00	20.00	29.00	47.00	37.40	4.00	17.30	0.00	7.00	47.00
1982	0.00	12.40	0.10	9.00	13.00	0.00	24.00	32.50	6.20	28.50	10.00	16.00	32.50
1983	6.00	1.50	0.00	0.00		9.00	1.00	11.50	23.50	10.50	5.00	0.00	23.50
1984	3.40	4.00	1.00	0.00	20.50	4.50	25.00	18.40	14.60	7.40	0.00	8.00	25.00
1985	1.50	0.70	0.00	10.60	49.40	30.50	29.50	38.80	10.00	6.90	5.10	2.40	49.40
1986	0.00	0.20	0.00	1.00	5.90	28.30	8.50	35.00	38.00				
1987	0.00	0.00	1.00	57.50	10.30	22.80	34.50			0.00	0.00	0.00	57.50
1988	0.00	0.00	17.30	10.00	5.00	13.00	31.00	46.00	11.50	9.00	0.00		46.00
1989						36.50	30.00	27.50	3.00	20.00	4.00	9.00	
1990	3.50	6.00	2.00	0.00	11.50	29.50	38.00	56.50	26.00	28.00	4.00	0.00	56.50
1991	1.00	5.00	0.00	0.00	3.00	23.00	46.00	25.00	30.00	2.00	9.00	8.50	46.00
1992	33.00	7.00	2.80	9.00	47.50	45.00	41.00	4.00	36.00	22.00	20.00	6.00	47.50
1993	8.00	0.00	0.00	2.00	8.50	24.00	40.00	40.00	42.00	5.00	15.00	0.00	42.00
1994	9.00	0.00	0.00	12.00	11.00	30.00	8.00	16.00	15.50	12.00	0.00	0.00	30.00
1995	0.00	3.00	0.00	0.00	22.00	25.00	24.00	40.00	30.00	16.00	7.00	13.00	40.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	6.00	8.00	23.00		11.00	0.00	0.00	23.00
1997	0.00	9.00	32.00	18.00	11.00	18.00	20.00	8.00	17.00	29.00	0.00	0.00	32.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	18.00	50.00	23.00	27.10	3.00	0.00	50.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	2.00	12.50	1.60	2.20	0.60	0.00	5.00	12.50
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	39.00	41.00	8.00	2.00	0.00	9.00	41.00
2001	1.00	0.01	1.00	9.00	11.00	42.00	55.00	6.00	12.00	7.00	12.00	0.00	55.00
2002	42.00	17.00	0.00	2.00	0.00	24.00	37.00	20.00	34.00	15.00	21.00	0.00	42.00
2003	3.00	0.00			19.00	42.00	45.00	28.00	39.00	27.00	0.00	0.00	45.00
2004	8.00	5.00	22.00	0.00	0.00	30.00	51.00	31.00	35.00	9.00	0.00	9.00	51.00
2005	0.01	38.00	15.00	0.00	17.00	0.00	17.00	29.00	8.00	18.00	0.00	0.00	38.00
2006	17.00	0.00	0.00	20.00	22.00	11.00	27.00	26.00	22.00	14.00	25.00	9.00	27.00
2007	8.00	25.00	0.00	7.50	30.00	22.00	21.00	9.00	18.00	4.00	4.00	0.00	30.00
2008	1.00	1.50	0.00	3.00	12.00	48.00	41.00	42.00	18.00	0.00	0.00	5.00	48.00
2009	3.00	0.00	9.00	3.00	7.00	37.00	26.00	18.00	36.00	42.00	0.01	8.00	42.00
2010	11.00	70.00	0.00	0.00	20.00	3.00	37.00	7.00	20.00	2.00	0.00	0.00	70.00
2011	0.00	0.00	0.00	3.00	7.00	32.00	21.00	10.00	57.00	7.00	0.00	0.00	57.00
2012	0.00	44.00	0.00	0.00	3.00	24.00	47.00	15.00	35.00	2.00	4.00	6.00	47.00
2013	16.00	0.00	0.00	0.00	14.00	27.00	38.00	42.00	80.00	4.00	14.00	14.00	80.00
2014	6.00	0.00	2.00	15.00	44.00	27.00	40.00	20.00	32.00	17.00	19.00	6.00	44.00
2015	4.00	10.00	40.00	8.00	45.00	60.00	38.00	17.00	36.00	21.00	0.00	6.00	60.00
2016	8.00	0.00	25.00	8.00	11.00	31.00	33.00	52.00	20.00	31.00	13.00	0.00	52.00
2017	0.00	0.00	21.00	0.00	8.00	28.00	25.00	30.00	36.00	7.00	1.00	2.00	36.00
2018	10.00	10.00	0.00	20.00	46.00	49.00	4.00	29.00	53.00	33.00	44.00	2.00	53.00
2019	8.00	0.00	0.00	0.00	28.00	36.00	28.00	27.00	35.00	8.00	13.00	10.00	36.00
2020	1.00	20.00	4.00	4.00	4.00	23.00	37.00	6.00	20.00	0.00	0.00	4.00	37.00
2021	3.00	0.00	0.00	0.00	14.00	32.00		38.00	35.00	14.30	2.00	0.00	38.00
2022	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	17.00	10.00	22.00	17.00	16.00	10.00	2.00	22.00
2023													
2024						43.00	62.00	5.00	32.00	26.00	0.00		62.00
Media	5.69	7.20	4.85	6.12	14.12	24.77	30.18	25.81	26.05	13.31	6.39	4.98	42.46
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.60	2.20	0.00	0.00	0.00	12.50
Máx.	42.00	70.00	40.00	57.50	49.40	60.00	62.00	56.50	80.00	42.00	44.00	34.00	80.00
Desv. Est.	8.88	13.71	9.58	10.35	13.99	13.90	13.74	14.27	15.22	10.46	9.12	6.40	13.38
Asimetría	2.47	3.02	2.24	3.25	1.32	0.10	-0.13	0.17	1.00	0.72	2.02	2.37	0.31

5.3.4. Datos de precipitación de la estación 11131 Las Trojes

Tabla 33 Registros de precipitación máxima de la estación 11131 Las Trojes

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977									21.00	26.50	11.50	6.30	
1978	0.00	5.10	3.50	0.50	3.60	12.00	40.00	22.80	44.10	21.00	5.40	0.00	44.10
1979	0.00	6.30	0.00	0.00	0.00	49.50	25.00	28.20	6.80	0.00	0.00	38.00	49.50
1980	21.50	14.20	0.00	1.00	18.30	6.50	10.30	27.30	9.30	17.40	19.60	9.00	27.30
1981	12.60	11.40	5.00	21.50	29.50	25.50	32.00	45.50	4.00	19.00	14.40	6.00	45.50
1982	0.00	10.20	1.70	8.30	27.00	0.00	17.00	21.00	11.40	18.30	12.40		27.00
1983	7.70	0.00	0.00	0.00	10.00	17.30	21.50	37.70	25.00	21.50	24.00	11.00	37.70
1984	9.50	6.70	0.00	0.00	9.00	6.50	67.10	22.00	8.80	7.70	0.00	9.00	67.10
1985	0.00	0.00	0.00	18.00	11.50	21.40	24.00	37.60	15.00	10.00	10.80	3.40	37.60
1986	0.00	2.80	0.00	2.30	10.40	38.50	16.00	11.70	33.40		14.50	0.00	38.50
1987	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50		11.00	34.10	0.00	7.00	0.00	34.10
1988	10.00	0.00	17.70	6.30	0.00	9.50	36.00	54.00	5.00	5.00	0.00		54.00
1989													
1990	9.50	10.80	0.00	0.80	13.70	16.80	21.00	31.00	24.00	20.00	0.00	0.00	31.00
1991	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	22.00	22.00	31.00	43.00	0.00	0.00	10.00	43.00
1992	38.00	7.00	0.00	15.00	22.00	36.00	25.00	10.00	17.00	17.00	13.00	5.00	38.00
1993	9.00	1.00	8.00	0.00	3.00	27.00	16.50	11.00	16.50	9.00	0.00	0.00	27.00
1994	0.00	0.00	0.00	5.00	9.00	15.00	0.00	0.00	79.50	8.50	0.00	0.00	79.50
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	15.00	20.00	15.00	16.50	0.00	0.00	0.00	20.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	2.00	20.00	15.00	10.00	0.00	0.00	20.00
1997	0.00	0.00	22.00	16.00		15.00	47.00	16.00	30.00	0.00	0.00	0.00	47.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	0.00	40.00	25.00	33.00	0.00	0.00	40.00
1999	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	8.40		0.00	34.00		0.00	0.00	34.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	23.00	0.00	15.00	12.00	19.00	0.00	15.00	32.00
2001	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	16.10	25.00	27.00	25.20	5.00	20.00	17.00	27.00
2002	40.00	10.00	0.00	5.00	7.00	16.50	19.00	24.00					
2003	0.00	5.00	0.00					43.80	23.00		0.00	0.00	43.80
2004	15.00	0.00	20.00	0.00	19.00	34.00	39.00	24.00	28.00	1.50			39.00
2005	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	12.00	40.00	20.00	11.00	0.00	0.00		40.00
2006	17.00	0.00	0.00	0.00	28.00	13.00	40.00	25.00	37.00	0.00		0.00	40.00
2007								0.00	30.00	10.00	5.00	0.00	
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	54.00	38.00	0.00	0.00	0.00	54.00
2009	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	40.00	25.00	32.00	23.00	0.00	3.00	40.00
2010	16.00		0.00	0.00	13.00					0.00	0.00	0.00	
2011	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	35.00	13.00	24.00	40.00	37.00	0.00	0.00	40.00
2012	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	6.50	58.00	43.00	14.30	16.00	5.00	0.00	58.00
2013	10.00	0.00	0.00	0.00	19.00	37.00	28.00	32.00	60.00	23.00	0.00	42.00	60.00
2014	14.00	0.00	0.00	0.00	37.00	22.00	58.00	24.00	24.50	12.50	0.00	16.00	58.00
2015	8.50	5.50	35.00	22.50	64.00	32.50	35.50	7.50	57.50	16.00	0.00	6.00	64.00
2016	4.00	13.00	23.50	0.00	10.00	28.50	34.00	58.00	8.50	9.00	13.00	0.00	58.00
2017													
2018	13.50	10.00	0.00	0.00	37.00	47.50	25.00	46.00	36.00	26.00	33.00	0.00	47.50
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	19.50	30.00	25.00	34.00	17.00	10.00	34.00
Media	7.10	3.86	3.88	3.32	12.05	20.78	26.84	26.03	26.16	12.86	5.94	5.74	42.63
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	20.00
Máx.	40.00	23.00	35.00	22.50	64.00	49.50	67.10	58.00	79.50	37.00	33.00	42.00	79.50
Desv. Est.	9.92	5.52	8.25	6.44	14.53	12.58	16.18	14.80	16.17	10.79	8.52	9.90	13.32
Asimetría	1.84	1.56	2.42	2.04	1.61	0.46	0.45	0.27	1.18	0.44	1.40	2.53	0.63

5.3.5. Datos de precipitación de la estación 14054 El Puesto

Tabla 34 Registros de precipitación máxima de la estación 14054 El Puesto

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	0.00	0.00	0.00	2.30	57.00	9.00	28.20	35.00	19.60	40.00	5.20	0.30	57.00
1978	0.00	4.00	0.00	0.00	22.00	20.00	40.80	40.70	17.60	10.70	11.10	0.00	40.80
1979	6.00	13.10	0.00	0.00	0.00	18.00	25.00	27.40	23.70	0.00	0.00	20.00	27.40
1980	24.70	24.00	0.00	17.60	7.90	18.00	15.50	21.80	46.80	8.40	19.60	13.90	46.80
1981	24.00	13.40	2.60	12.00	16.70	35.60	36.00	16.90	13.10	16.20	0.00	8.70	36.00
1982	0.00	7.30	0.00	9.60	6.10	14.10	63.00	47.10	25.50	28.00	44.40	15.30	63.00
1983	7.50	0.00	0.20	0.00		28.50	31.60	19.30	16.00	11.00	17.70	0.00	31.60
1984	10.50	8.30	0.00	0.00	18.00	24.60	41.20	14.50	17.20	20.50	8.30	9.40	41.20
1985	4.00	0.80	0.00	16.70	3.70	25.50	25.80	23.50	22.00	17.60	4.30	4.90	25.80
1986	0.00	2.40	0.60	0.00	12.80	31.70	16.00	17.20	28.70	34.70	4.90	0.00	34.70
1987	6.90	7.00	0.00		18.00	24.00	33.20	32.20	39.00	0.00	0.00	0.00	39.00
1988	22.50	0.00	5.20	0.00	0.00	28.70	41.20	41.10	21.30	4.50	1.30	0.00	41.20
1989	0.30	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	34.50	140.50	22.00	7.50	12.50	20.00	140.50
1990	1.90	16.30	2.00										
1991		8.00		0.00	0.00	36.50	84.50	13.30					84.50
1992	36.50	4.00	3.50	4.00	9.60	61.30	41.80	25.70	28.80	37.20	19.60		61.30
1993	13.80	0.00	0.20	10.00		19.00	15.80	28.00	21.50	6.00	22.50	0.00	28.00
1994	24.30	0.00	0.00	5.50	7.00	33.00	22.60	20.00	37.70	10.80	0.00	0.00	37.70
1995	0.00	7.00	0.00	0.00	9.00	18.60	18.00	34.50	32.00	0.00	0.00	31.00	34.50
1996	0.00	0.00	0.00	1.20	3.40	11.70	27.80	16.60	48.00	45.90	0.30	0.00	48.00
1997	24.00	0.00	16.60	13.00	14.00	35.80	40.00	20.00	12.50	19.00	6.70	0.00	40.00
1998	0.00	2.60	0.00	0.00	0.00	55.30	28.40	35.70	63.80	13.70	7.50	0.00	63.80
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	14.00	22.00	37.50	14.00	14.30	0.00		1.50	37.50
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	25.10	25.30	31.20	24.30	32.30	35.20	1.50	10.50	35.20
2001	0.00	1.80	17.30	32.40	10.00	40.00	55.20	17.50	27.70	6.20	4.80	0.00	55.20
2002	10.90	13.80	0.00	0.00	12.10		67.50	49.10	31.60	24.00	2.60	1.20	67.50
2003	2.80	0.00	0.00	0.00	0.60	46.20	51.90	29.00	41.70	21.60	10.20	0.00	51.90
2004	4.50	5.60	29.20	0.40	24.20	30.00	19.00	17.70	113.70	3.00	0.00	5.70	113.70
2005	0.00	32.20	7.10	0.00	0.00	17.70	29.60	25.40	14.00	7.90	0.00	0.60	32.20
2006	1.00	1.00	0.00	0.00	27.90	4.70	26.00	71.00	45.60	33.50	15.10	8.30	71.00
2007	10.50	13.40	0.00	0.00	4.20	33.00	100.00	14.70	19.40	7.00	5.60	0.00	100.00
2008	0.00	0.00	0.00	16.80	1.30	12.50	60.00	54.70	60.00	2.80	0.00	0.00	60.00
2009	3.20	0.00	0.00	9.00	5.00	32.30	51.00	21.70	106.40	38.40	3.60	16.00	106.40
2010	20.00	47.40	0.00	0.00	5.20	12.10	40.20	22.00		0.00	0.00		47.40
2011	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	16.30	19.50	41.50	37.50	20.60		0.00	41.50
2012	11.30	30.50	0.00	0.00	0.00	31.50	28.50	24.20	15.50	10.70	4.30	10.50	31.50
2013	31.30	0.00	2.40	0.00	2.00	29.50	37.40	13.40	62.50	9.40	12.40	33.50	62.50
2014	0.00	0.00	3.30	0.00	38.50	51.50	33.80	29.50	13.50	38.50	14.40	7.40	51.50
2015	0.00	3.40	36.50	28.40	23.40	46.40	48.00	17.40	30.40	10.40			48.00
2016		9.50	17.80		9.40	24.20	17.60	49.40	30.30	7.40	20.10	4.40	49.40
2017	0.00	0.00	1.30	0.00	0.01	9.40	30.50	18.50	25.40	0.00	0.00	0.01	30.50
2018	2.40	5.00	0.00	6.70	17.00	37.00	18.00	80.00	84.70	34.50	36.50	0.00	84.70
2019	5.40	0.00	0.00	0.00	0.00	29.50	32.30	51.30	25.30	16.00	18.70	12.30	51.30
2020	4.80	24.00	8.00	0.00	10.20	24.00	65.10	20.50	41.30	0.00	0.00	4.30	65.10
2021	0.00	0.00	0.00	2.30	3.00	36.00	18.00	20.50	27.00	33.00	1.40	1.50	36.00
2022	0.30	0.01	0.00	8.50	0.01	13.20	17.00	35.00	31.50	27.50	1.30	0.00	35.00
2023	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	2.50	18.70						
Media	7.01	6.51	3.34	4.46	10.07	26.16	36.18	31.85	34.61	16.35	8.25	5.88	53.06
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.50	15.50	13.30	12.50	0.00	0.00	0.00	25.80
Máx.	36.50	47.40	36.50	32.40	57.00	61.30	100.00	140.50	113.70	45.90	44.40	33.50	140.50
Desv. Est.	9.86	10.27	7.81	7.79	11.76	13.54	18.49	22.39	22.91	13.64	10.20	8.53	24.70
Asimetría	1.48	2.21	2.96	2.09	1.94	0.44	1.46	3.02	2.01	0.56	1.77	1.75	1.70

5.3.6. Datos de precipitación de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE)

Tabla 35 Registros de precipitación máxima de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	4.00	0.00	0.00	3.00	3.00	32.50	20.00	36.50	29.50	15.00	11.00	8.00	36.50
1978	0.00	5.50	0.00	0.01	23.00	22.50	21.50	45.00	36.00	26.00	18.50	0.01	45.00
1979	0.00	8.50	0.01	0.01	0.01	46.00	11.00	33.00	26.00	0.00	7.50	28.50	46.00
1980			0.00	5.00	26.00	6.50	31.00	30.00	19.00	7.00	13.50	6.50	31.00
1981	17.50	8.50	4.00	16.50	14.50	23.50	20.00	30.00	37.00	29.00	0.00	11.50	37.00
1982	0.00	8.00	0.00	7.00	24.50	4.00	58.00	11.50	17.50	15.50	43.50	33.00	58.00
1983	11.00	0.00	0.50	0.00	19.00	23.00	33.20	72.30	20.00	24.90	16.70	0.00	72.30
1984	8.30	4.00	0.00	0.00	25.80	40.00	59.70	22.20	23.30	30.00	0.70	0.90	59.70
1985	1.00	0.40	1.20	15.00	14.40	34.70	43.50	32.60	41.50	33.80	1.40	9.90	43.50
1986	0.00	4.00	0.00	0.00	3.40	34.00	20.00	41.70	37.50	18.90	14.20	0.00	41.70
1987	12.00	7.70	1.00	17.60	16.20	12.30	43.10	20.80	48.40	0.00	1.50	0.30	48.40
1988	5.50	0.00	24.60	3.20	4.50	27.50	48.30	52.50	15.30	5.00	0.20	0.30	52.50
1989	0.00	0.60	0.00	2.50	0.00	6.60	28.50	44.70	44.00	12.40	3.60	19.80	44.70
1990	5.10	9.50	3.80	1.80	14.80	37.80	26.00	61.70	21.40	21.10	0.00	0.00	61.70
1991	1.50	1.40	0.00	0.00	0.00	29.80	49.10	19.80	17.60	1.20	1.80	10.20	49.10
1992	34.60	5.60	1.00	12.40	21.10	24.10	34.40	26.90	27.30	26.80	25.40	10.00	34.60
1993	7.10	0.00	0.01	3.60	1.10	44.60	26.50	9.10	28.10	11.30	26.00	0.00	44.60
1994	3.50	0.00	0.00	32.50	11.10	43.30	19.10	16.70	24.30	28.40	0.00	0.00	43.30
1995	1.90	0.00	0.00	0.50	40.00	16.20	65.10	28.50	34.20	0.00	0.50	18.20	65.10
1996	0.60	0.00	0.00	5.50	6.70	19.80	53.10	28.30	19.90	24.50	0.90		53.10
1997		8.20	10.30	21.50	15.90	21.30	26.50	27.10	5.30	18.70	8.40	0.01	27.10
1998	0.00	6.00	0.00	0.00	0.00	45.50	25.80	41.20	28.50	29.00	0.00	0.00	45.50
1999	0.00	0.00	4.80	2.60	6.20	41.00	34.20	55.80	15.50	1.90	0.00	0.80	55.80
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	34.70	27.30	9.70	17.00	15.40	5.50	2.70	7.00	34.70
2001	0.00	7.40	4.20	19.80	3.70	12.50	16.30	53.40	27.00	12.20	0.00	9.70	53.40
2002	28.70	8.00	0.30	8.10	5.60	29.00	36.90	61.50	22.30	27.00	25.00	0.70	61.50
2003	2.50	1.60	0.00	0.30	6.40	51.00	30.00	16.80	37.50	16.50	0.20	0.00	51.00
2004	11.20			0.20	23.00	43.10	18.70	17.30	29.80	13.50	2.10	7.80	43.10
2005	0.20		63.50	0.00	0.80	8.70	28.80	41.00	17.50	8.20	8.00		63.50
2006	5.90		1.60	6.00	27.50	3.40	69.80	27.50	40.50	23.50	17.50	7.00	69.80
2007	6.80	3.80	1.30	1.00	6.70	48.00	42.50	21.80	23.40	17.00	5.00	3.00	48.00
2008	0.50	2.40		20.00	1.60	16.00	51.50	46.40	24.30	20.80	0.00	0.00	51.50
2009	2.60	0.00		4.60	19.30	30.00	15.30	30.40	62.80	24.70	2.00	9.40	62.80
2010	17.50	68.50		0.80	3.80	12.00	55.80	19.50	20.00	0.00	0.00	0.00	68.50
2011	0.20	0.00		0.00	0.30	9.00	22.00	24.00	40.70	8.30	0.20	0.00	40.70
2012	2.30		0.00	0.30	5.00	20.00		6.90	15.60	5.40	8.00	14.60	20.00
2013	12.50		0.70	0.00	3.70	21.70	41.80	21.70	54.50	11.00	9.00	37.30	54.50
2014	14.00	0.00	1.60	1.00	25.00	25.50	30.00	14.50	45.10	38.00	16.50	4.50	45.10
2015	0.20	8.20	40.00	8.00	34.00	116.00	27.00	38.50	28.00	41.00		26.00	116.00
2016	3.80	12.00	18.00	4.00	3.40	23.80	24.00	55.00	30.00	19.00	16.00	6.00	55.00
2017	1.00	0.01	0.01	9.00	9.00	33.00	28.50	33.70	20.20	4.00	6.00	0.01	33.70
2018	2.20	10.00	0.40	5.00	20.00	26.80	38.00	41.00	29.00	46.00	41.00	0.50	46.00
2019	22.40	0.50	0.00	0.40	3.40	26.00	31.00	20.20	19.00	32.00	13.70	4.30	32.00
2020	3.20	14.50	5.00	4.50	0.50	20.00	14.70	37.50	26.00	0.30	0.00	8.70	37.50
2021	0.80	0.00	0.00	5.50	42.00	21.00	28.00	53.00	34.00	9.00	0.00	3.80	53.00
2022	0.30	1.00	0.00	2.00	5.00	8.00	19.00	60.00	8.50	11.00	5.00	0.00	60.00
2023	0.00	0.00	0.00	1.00	5.00	1.70	16.40	17.50	26.00	57.50	44.00		57.50
2024						24.00	46.50	27.00	23.00		0.00		
Media	5.61	5.26	4.47	5.36	12.35	26.96	32.76	33.15	27.86	17.70	8.88	7.01	50.11
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.70	9.70	6.90	5.30	0.00	0.00	0.00	20.00
Máx.	34.60	68.50	63.50	32.50	42.00	116.00	69.80	72.30	62.80	57.50	44.00	37.30	116.00
Desv. Est.	7.98	10.93	12.03	7.29	11.66	18.42	14.80	15.68	11.53	13.26	11.76	9.41	15.23
Asimetría	2.01	5.07	3.81	1.88	0.89	2.39	0.70	0.54	0.81	0.72	1.69	1.75	1.61

5.3.7. Datos de precipitación de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE)

Tabla 36 Registros de precipitación máxima de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	8.60	0.00	0.00	4.00	3.20	23.00	26.50	25.00	21.00	14.50	3.50	7.50	26.50
1978	0.00	12.00	12.50	14.70	22.30	45.70	22.00	50.00	74.00	19.00	12.60	0.00	74.00
1979	2.00	21.00	0.00	0.00	0.00	16.00	23.00	12.50	21.00	0.00	1.50	1.30	23.00
1980	19.80	20.40	0.00	12.50	0.00	30.00	33.00	21.00	4.00	10.50	30.00	10.00	33.00
1981	19.50	13.00	0.00	18.50	13.00	3.00	26.00	11.50	15.00	17.50	0.00	7.50	26.00
1982	0.00	0.00	0.00	10.70	15.50	20.00	25.10	0.00	9.20	2.00	12.00	8.50	25.10
1983	5.50	0.00	0.00	0.00	14.50	6.00	104.50	23.00	21.00	10.00	17.50	0.00	104.50
1984	14.00	5.00	0.00	0.00	20.00	23.00	44.00	13.00	4.50	20.00	8.00	3.50	44.00
1985	0.00	0.00	0.00	10.50	16.00	21.50	23.50	50.50	26.00	11.00			50.50
1986	0.00				4.50	17.00	30.50						
1987					4.50	17.00	30.50	40.50	47.00	7.40	2.00		
1988	10.00	1.00	9.00	17.90	1.00	33.50	47.50	69.00	0.00	1.00	2.00	0.00	69.00
1989					5.00	30.00		45.00	5.00	5.00	15.00	19.50	
1990													
1991				0.00	3.00	31.00	39.00	40.00	40.00	8.50	5.00	60.00	60.00
1992	95.00	15.00	60.00	0.00	55.00							1.50	95.00
1993	17.00	0.00	1.50	3.00	3.00	17.00	7.00	14.00	12.30	0.00	4.00	0.00	17.00
1994	10.40	0.00	0.00	30.00	20.00	40.00	7.00	65.00	39.00	35.00	0.00	2.00	65.00
1995	5.00	10.00	0.00	0.00	12.00	12.00	48.00	98.00	90.00	4.00	2.00	30.00	98.00
1996	4.00	0.00	0.00	2.00	4.00	69.00	58.00	88.00	40.00	38.00	0.00	0.00	88.00
1997	8.00	18.00	10.00	12.00	10.00	12.00	14.00	18.00	18.00	20.00	1.00	0.00	20.00
1998	0.00	4.00	4.00	0.00	4.00	32.00	23.00	38.00	30.00	39.00	0.00	0.00	39.00
1999	0.00	0.00	4.00	6.00	6.00	46.00	25.00	20.00	32.00	8.00	0.00	4.00	46.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	25.00	15.00	22.00	20.00	8.00	4.00		25.00
2001	4.00	0.00	8.00	8.00	25.00	50.00	44.00	25.00	30.00	10.00	8.00	10.00	50.00
2002	54.00	9.00	0.00	3.00	18.00	41.00	20.00	13.50	160.00	40.00	27.00	5.00	160.00
2003	10.00	1.00	0.00	0.00	16.00	60.00	90.00	80.00	60.00	90.00	0.00	0.00	90.00
2004	8.00	4.00	8.00	0.00	5.00	38.00	50.00	44.00	53.00	15.00	3.00	7.00	53.00
2005	1.00	38.00	15.00	2.00	21.00	16.00	21.00	21.00	20.00	7.00	0.00	0.00	38.00
2006	2.00	0.00	1.00	7.00	21.00	8.00	37.00	56.00	35.00	15.00	16.00		56.00
2007	16.00	14.00	0.00	0.00	11.00	50.00	27.00	7.00	65.00	35.00	3.00	0.00	65.00
2008	0.00	5.00	0.00	5.00	3.00	27.00	42.00	62.00	30.00	0.00	0.00	0.00	62.00
2009	0.00	0.00	5.00	1.00	22.00	61.00	17.50	25.00	85.00	24.00	5.00	5.00	85.00
2010	20.00	47.00	0.00	1.00	16.00	10.00	56.00	55.00	28.00	0.01	0.00	0.00	56.00
2011	5.00	0.00	0.00	8.00	2.50	23.00	70.00	45.00	50.00	40.00	0.00	0.00	70.00
2012	5.00	32.00	0.00	4.00	2.00	18.00	38.00	25.00	36.00	2.00	3.00	6.00	38.00
2013	16.00	0.00	3.00	0.00	25.00	34.00	41.00	21.00	38.00	19.00	20.50	41.00	41.00
2014	2.00	0.00	1.00	9.00	35.00	36.00	36.00	21.00	23.00	21.00	18.00	2.00	36.00
2015	8.00	32.00	56.00		35.00		21.00	19.50	27.00	40.00		8.00	56.00
2016	8.00					16.50	22.50	41.00	10.00	3.00	23.00	0.50	
2017	0.00	0.00	7.00	1.50	17.00	65.00	42.00	45.00	22.50	16.00	0.00	0.50	65.00
2018	5.00	18.00	3.00	19.00	78.00	19.50	3.00	30.00	38.00	40.00	42.00	0.50	78.00
2019	10.00	0.00	0.00	1.00	1.00	37.00	30.00	21.00	63.00	20.00	31.50	21.00	63.00
2020	17.50	23.00	8.00	33.00	8.00	18.00	30.00	62.00	22.00	0.00	0.00	3.00	62.00
2021	10.00	0.00	0.00	0.50	19.00	58.00	30.00	30.00	50.00	20.00	59.00	2.00	59.00
2022	0.00	3.00											
Media	10.01	8.64	5.54	6.28	14.63	29.90	34.29	36.02	36.06	17.51	9.48	6.84	57.79
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00
Máx.	95.00	47.00	60.00	33.00	78.00	69.00	104.50	98.00	160.00	90.00	59.00	60.00	160.00
Desv. Est.	16.55	12.15	13.00	8.27	14.97	16.94	20.09	22.64	28.90	17.39	13.30	12.37	28.15
Asimetría	3.89	1.55	3.63	1.72	2.33	0.67	1.55	0.90	2.19	1.97	1.97	2.96	1.25

5.3.8. Datos de precipitación de la estación 14392 Paso del Cuarenta II

Tabla 37 Registros de precipitación máxima de la estación 14392 Paso del Cuarenta II

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual

1977	0.80	0.00	0.00	2.40	4.40	38.70	29.70	21.70	22.40	33.00	10.80	7.40	38.70
1978	1.40	1.80	0.30	1.80	34.50	24.10	37.00	68.70	17.10	9.20	9.00	5.50	68.70
1979	0.00	14.30	0.00	0.90	11.70	23.30	24.90	34.50	24.10	0.00	7.70	28.70	34.50
1980	23.60	19.90	0.00	8.50	5.00	18.50	68.80	40.50	11.10	5.50	19.90	6.00	68.80
1981	28.80	5.30	5.40	8.90	12.30	27.60	26.00	28.20	12.80	38.20	0.00	8.70	38.20
1982	0.00	2.20	0.00	10.70	11.20	5.90	40.30	6.70	7.20	29.90	28.80	11.70	40.30
1983	11.00	0.00	0.00	0.00	9.00	19.80	41.10	15.70	20.40	20.00	15.50	0.00	41.10
1984	10.40	9.00	0.00	0.00	17.90	29.10	57.20	34.40	8.80	28.10	10.50	5.60	57.20
1985	1.30	0.00	4.00	4.00	19.60	33.00	38.70	26.20	9.20	28.00	4.00	2.30	38.70
1986	0.00	8.20	0.00	1.20	24.50	42.50	23.50	11.70	26.40	31.40	22.30	0.00	42.50
1987	7.80	6.00	0.00	17.20	17.80		30.80	32.20	33.60	0.00	3.50	0.30	33.60
1988	9.60	0.50	22.60	4.50	3.60	33.00	70.30	51.00	11.50	1.50	0.60	5.50	70.30
1989	0.00	4.50	0.00	3.10	1.40	10.90	16.50						
1990					25.00	14.00	25.00	24.00	9.50	32.00	0.00	0.00	
1991	1.00	4.50	0.00	0.00	0.50	14.00	51.00	14.00		4.80	1.50	14.40	51.00
1992	32.00	10.20	0.80	10.90	12.10	20.30	25.20	21.50	15.80	14.70	22.90	9.50	32.00
1993	11.80	0.00	0.50	0.80	3.00	36.40	33.00	26.20	23.10	7.80	13.50	0.00	36.40
1994	5.40	0.00	0.00	6.80	6.50	91.20	11.40	20.00	30.20	13.50	1.00	1.60	91.20
1995	1.20	5.20	0.00	3.10	10.80	25.60	39.00	27.30	71.30	0.00	0.00	4.20	71.30
1996	0.00	0.00	0.00	6.40	3.20	15.60	35.20	23.40	30.10	26.80	1.00	0.00	35.20
1997	8.50	3.70	12.30	21.30	11.60	37.40	23.80	26.60	8.40	11.00	7.40	0.00	37.40
1998	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	24.70	10.50	23.40	22.30	38.20	0.00		38.20
1999	0.00	0.00	2.50	0.00	3.20	16.20	30.90	16.90	21.40	2.30	0.00	0.00	30.90
2000	0.00	0.00	0.00	0.20	40.40	23.20	13.50	17.00	35.80	5.10	0.60		40.40
2001	0.00	2.10	8.00	7.80	20.00	16.00	23.10	123.30	15.40	11.90	0.00	5.10	123.30
2002	40.20	9.90	0.00	3.30		17.90	44.40	45.20	21.30	26.10	27.10	1.40	45.20
2003	7.70	3.50	0.00	0.00	13.40	34.00	50.50	32.10	62.70	34.20	0.00	0.00	62.70
2004	12.10	5.40	18.10	0.40	14.00	45.00	24.50	23.50	38.40		9.20	6.80	45.00
2005	0.00	28.50	10.70	0.00	4.70	0.70	90.30	37.50	21.20	0.00	4.20	0.00	90.30
2006	7.80	0.00	0.00	54.00		7.80	54.30	68.30	18.80	13.50	12.50	4.90	68.30
2007		8.30	0.00	15.70		33.00	36.50	10.00	20.20	11.00	4.30	0.00	36.50
2008	0.00	0.00	0.00	5.20		29.80	38.50	37.40	37.20	1.20	0.00	0.00	38.50
2009	0.00	0.00	8.60	9.30		60.00	34.20	19.00	42.30	34.50	2.00	2.60	60.00
2010	19.40		0.00	0.01	22.90		42.50	24.00	26.80	0.00	0.00		42.50
2011	10.10	0.00	0.00	0.00	0.00	23.10	31.30	9.30	49.30	6.30	0.00		49.30
2012		29.70	0.20	1.00	9.20	29.70	27.00	10.00	55.20		2.40	9.20	55.20
2013	20.20	6.00	0.40	0.01	6.20	15.80	49.80	28.70	41.70	18.30	19.80		49.80
2014		0.00	1.00	0.01	26.10	31.30	40.20		37.00	34.10	14.00	8.40	40.20
2015	3.20	3.80		54.40	23.00	49.30	27.00	35.40		9.10	0.01		54.40
2016					9.80	27.50	50.20	43.80	72.50	12.70	18.50	0.70	72.50
2017	0.50	1.60	4.10	4.00	7.20	31.40	27.70	33.80		0.01	0.01	0.01	33.80
2018	10.50	13.40	0.01	3.60	11.70	46.50	20.50	7.40	79.10	22.40	49.30	0.01	79.10
2019	21.70	0.01	0.00	0.00	1.50	7.00	40.20	25.30	8.30	24.30	6.00		40.20
2020	0.01	8.50	12.30	4.30	0.01	21.50	33.50	35.00	12.50	0.00	0.00	7.30	35.00
2021													
2022													
2023													
2024						22.00	60.00						60.00
Media	7.90	5.39	2.73	6.56	11.77	27.31	36.66	30.02	28.31	15.62	8.14	4.38	51.59
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	10.50	6.70	7.20	0.00	0.00	0.00	30.90
Máx.	40.20	29.70	22.60	54.40	40.40	91.20	90.30	123.30	79.10	38.20	49.30	28.70	123.30
Desv. Est.	10.22	7.16	5.38	11.93	9.78	15.86	16.09	20.32	18.81	12.95	10.57	5.77	19.53
Asimetría	1.52	2.06	2.29	3.27	1.02	1.66	1.07	2.66	1.22	0.31	1.84	2.36	1.60

5.4. Estimación de datos faltantes en los registros de precipitación de las estaciones principales

Debido a que las estaciones principales tienen datos faltantes, aplicando el criterio del Inverso de la Distancia Euclidiana, se efectuó la estimación de datos faltantes a nivel diario.

5.4.1. Método del U.S. Weather Service (IDW)

Este método también es conocido como el método del inverso de la distancia al cuadrado y se basa en una metodología fundamentada teórica y empíricamente la cual se ha posicionado como una de las mejores y más comunes para el completado de series de precipitación.

$$Dato\ faltanate = \sum_{i=1}^{n} (W_i * P_i)$$

Donde:

$$W_i = \frac{(\text{Inverso de la distancia euclidiana i})^2}{\sum_i^n (\text{Inverso de la distancia euclidiana i})^2}$$

W_i *Peso de la estación i*

P_i *Precipitación en la estación i*

Mediante este procedimiento se logró reducir la cantidad de datos faltantes al mínimo en las estaciones a utilizar.

5.4.2. Llenado de la estación 11045 Media Luna

Debido a que la estación 11045 Media Luna tienen un porcentaje de vacíos de 12.89% en el periodo 1977-2024, es decir, 2259 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 41 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11045

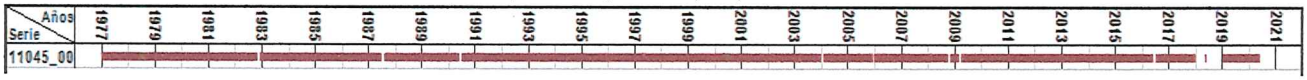


Tabla 38 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11045

Estación	Distancia euclidiana (km)
11040	5.08
11025	6.87
11020	8.90
14033	12.93
11049	22.28
11162	24.96
14320	25.40
14392	30.75
11131	42.96
11024	45.66
11065	51.87

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 39 Registro de precipitación máxima de la estación 11045, con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	2.00	0.00	0.00	12.00	5.00	41.00	33.00	78.00	28.00	25.00	18.00	7.00	78.00
1978	1.00	12.00	2.00	9.00	36.00	25.00	29.00	16.00	21.00	41.00	6.00	1.00	41.00

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1979	0.00	13.00	1.00	0.00	5.00	21.00	22.00	32.00	12.00	0.00	6.00	22.00	32.00
1980	20.00	10.00	0.10	8.00	7.00	27.00	29.00	36.00	26.00	20.00	17.00	5.00	36.00
1981	25.00	12.00	5.00	13.00	2.00	40.00	34.00	25.00	13.00	61.00	0.10	10.00	61.00
1982	0.10	14.00	0.10	20.00	20.00	16.00	46.00	18.00	19.00	34.00	26.63	0.00	46.00
1983	13.00	3.00	0.00	0.00	13.00	38.00	23.00	13.00	37.00	10.00	19.00	4.00	38.00
1984	7.00	8.00	0.00	0.00	6.00	20.80	38.00	45.00	20.00	6.90	0.00	4.00	45.00
1985	6.00	7.00	0.00	4.00	9.30	33.50	28.30	31.70	18.50	16.00	7.00	4.90	33.50
1986	0.00	0.00	0.00	8.00	12.00	43.30	33.50	18.40	34.00	17.40	22.00	0.00	43.30
1987	10.00	9.20	0.00	14.00	12.50	27.00	30.79	18.00	60.00	0.00	10.00	0.00	60.00
1988	5.00	0.41	25.10	0.00	3.00	24.30	50.30	44.70	18.80	9.30	0.00	0.00	50.30
1989	0.00	0.00	0.00	11.00	7.00	29.00	20.50	45.00	20.00	0.00	5.00	7.30	45.00
1990	4.20	9.00	0.00	0.00	3.20	30.69	46.50	31.00	50.60	42.50	0.00	0.00	50.60
1991	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.60	20.40	20.30	45.10	18.00	0.00	6.00	45.10
1992	28.00	8.00	0.01	0.01	41.00	4.00	36.00	8.00	9.00	20.00	16.00	0.00	41.00
1993	4.00	0.00	0.00	14.00	25.00	29.00	13.00	41.00	38.00	4.00	0.00	0.00	41.00
1994	2.00	0.00	0.01	7.00	9.00	33.00	45.00	33.00	12.00	15.00	2.00	6.00	45.00
1995	4.00	0.01	0.00	0.01	16.00	24.00	43.00	25.00	38.00	2.00	3.00	9.00	43.00
1996	0.00	0.00	0.01	0.01	8.00	24.00	20.00	18.00	42.00	20.00	0.00	0.00	42.00
1997	0.00	0.00	10.00	28.00	8.00	20.00	43.00	38.00	22.00	40.00	10.00	0.00	43.00
1998	0.00	2.00	0.00	0.00	3.00	42.00	23.00	78.00	45.00	76.00	0.00	0.00	78.00
1999	0.00	0.00	5.00	2.00	18.00	42.00	36.00	16.00	22.00	0.01	0.00	0.01	42.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.01	15.00	20.00	42.00	30.00	20.00	0.01	4.00	2.00	42.00
2001	0.00	2.00	4.00	10.00	15.00	20.00	34.00	65.00	62.00	15.00	16.00	0.01	65.00
2002	20.00	16.00	0.00	0.00	20.00	30.00	42.00	75.00	23.00	12.00	28.00	3.00	75.00
2003	10.00	3.00	0.00	9.00	15.00	15.00	43.00	43.00	43.00	43.00	3.00	0.00	43.00
2004	15.48	0.00	15.00	0.00	20.00	53.00	45.00	38.00	20.00	8.00	0.00	12.00	53.00
2005	0.00	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00	25.00	0.00	0.01	25.00
2006	0.00	0.00	3.00	15.00	20.00	0.00	60.00	37.00	40.00	27.00	0.00	14.00	60.00
2007	15.00	6.00	60.00	20.00	10.00	42.00	50.00	45.00	0.00	0.00	0.00	0.00	60.00
2008	5.00	0.00	0.00	5.00	50.00	85.00	40.00	44.00	38.00	10.15	0.00	0.00	85.00
2009	0.00	0.00	6.15	4.00	12.00	25.00	11.00	50.00	60.00	63.00	14.00	20.00	63.00
2010	11.00	70.00	0.00	0.00	5.00	90.00	60.00	26.00	100.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2011	30.00	0.00	0.00	0.00	2.00	20.00	50.00	26.00	58.00	60.00	0.00	1.00	60.00
2012	2.00	10.00	0.00	20.00	60.00	20.00	100.00	60.00	40.00	20.00	0.00	0.00	100.00
2013	10.00	0.00	0.00	0.00	70.00	17.00	45.00	20.00	40.00	31.00	40.00	50.00	70.00
2014	30.00	0.00	0.00	3.00	23.00	45.00	30.00	26.00	35.00	35.00	5.00	8.00	45.00
2015	0.00	2.60	32.60	25.00	25.00	45.00	26.30	16.00	90.00	40.00	20.00	15.00	90.00
2016	0.00	9.00	14.00	3.00	12.40	14.49	32.30	90.00	23.00	10.30	12.50	0.80	90.00
2017	0.01	0.00	2.90	0.90	9.80	29.50	32.50	19.70	15.50	43.00	1.90	15.00	43.00
2018	4.62	14.20	0.01	17.88	9.80	49.43	26.35	36.43	58.07	10.44	37.63	0.15	58.07
2019	1.40	0.00	0.00	0.00	2.50	76.80	33.70	55.00	20.50	27.00	14.50	4.00	76.80
2020	0.00	15.50	7.00	6.00	23.50	25.94	31.92	40.13	23.23	4.29	0.24	2.62	40.13
2021	11.44	0.00	0.00	0.61	16.56	17.23	20.23	25.82	33.76	19.00	0.02	6.40	33.76
2022	0.00	0.06	0.00	6.42	0.62	10.42	41.66	64.85	12.30	15.85	4.42	1.58	64.85
2023	0.01	0.00	0.13	0.24	3.02	16.99	13.38	38.72	7.99	19.39	29.47	12.58	38.72
2024	1.72	2.90	0.81	0.33	1.13	13.73	29.41	51.87	22.33	1.30	1.47	0.34	51.87
Media	6.23	5.89	4.04	6.18	14.80	29.93	35.06	36.51	32.53	21.20	8.33	5.31	54.44
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.00
Máx.	30.00	70.00	60.00	28.00	70.00	90.00	100.00	90.00	100.00	76.00	40.00	50.00	100.00
Desv. Est.	8.70	11.17	10.52	7.64	14.98	18.63	15.66	19.63	20.10	18.82	10.73	8.71	18.38
Asimetría	1.54	4.28	3.97	1.19	2.02	1.43	1.29	0.79	1.33	1.04	1.37	3.27	0.94

5.4.3. Llenado de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno

Debido a que la estación 11049 tienen un porcentaje de vacíos de 11.83% en el periodo 1977-2024, es decir, 2074 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 42 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno

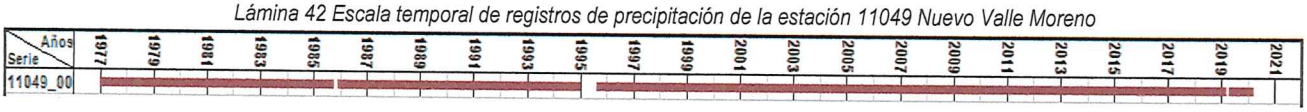


Tabla 40 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno

Estación	Distancia euclidiana (km)
11020	28.43
11024	27.36
11040	25.17
11065	37.10
11131	38.13
11135	12.61
11141	19.58
11150	23.77
14033	32.50
14320	46.49
14392	45.81

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 41 Registro de precipitación máxima de la estación 11049 Nuevo Valle Moreno, con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	6.60	0.00	0.50	8.50	20.30	23.40	24.60	43.60	24.90	24.70	4.00	4.20	43.60
1978	3.00	11.50	0.50	2.50	40.00	25.50	28.00	25.20	41.00	36.00	8.50	0.20	41.00
1979	1.30	17.50	1.10	0.70	7.60	25.60	28.30	11.00	28.00	0.00	13.70	27.00	28.30
1980	38.00	21.00	0.10	3.00	4.50	20.00	27.00	35.20	16.50	44.20	9.50	6.50	44.20
1981	28.50	18.20	4.50	17.00	7.50	60.00	40.00	29.50	23.00	33.50	0.10	8.00	60.00
1982	0.30	13.00	2.00	12.50	27.00	13.00	25.40	12.00	30.00	13.00	25.60	10.00	30.00
1983	12.00	4.00	4.00	0.00	40.00	26.00	47.70	40.20	20.00	33.00	10.00	0.10	47.70
1984	8.00	7.00	0.00	0.20	9.00	36.70	54.00	22.00	11.00	18.00	0.00	20.00	54.00
1985	2.00	9.20	0.00	7.00	20.80	48.70	27.70	34.00	31.00	10.31	2.93	0.30	48.70
1986	0.00	18.00	0.00	20.00	11.00	46.00	35.50	15.00	32.00	16.50	13.00	0.00	46.00
1987	11.80	12.00	1.50	14.80	7.20	64.30	36.20	23.90	25.50	0.20	9.70	0.80	64.30
1988	6.80	0.20	38.00	10.30	7.80	13.00	45.00	43.50	9.00	20.00	2.20	10.00	45.00
1989	1.00	0.00	0.00	4.50	2.00	31.00	19.00	54.20	12.30	9.00	2.00	14.80	54.20
1990	6.80	7.40	0.80	7.00	17.20	14.30	59.30	35.50	18.50	47.80	0.00	0.00	59.30
1991	0.00	11.50	0.00	0.00	5.00	52.00	64.00	20.00	20.00	13.00	3.60	13.00	64.00
1992	47.80	18.00	7.50	9.50	28.50	26.00	31.50	12.00	62.80	24.50	7.70	23.00	62.80
1993	13.00	0.00	0.30	0.00	8.00	34.00	78.00	17.00	23.50	20.00	3.00	0.00	78.00
1994	0.20	0.00	35.60	10.50	17.00	14.00	59.30	35.50	18.50	42.80	0.00	0.00	59.30
1995	1.95	2.92	1.46	0.00	8.12	17.67	14.31	37.00	42.00	0.50	9.70	13.50	42.00
1996	0.00	0.00	0.10	4.00	1.30	13.30	39.50	27.00	35.10	19.80	0.00	0.00	39.50
1997	4.50	4.60	20.50	30.60	8.40	15.00	20.20	20.20	19.00	52.00	8.00	1.20	52.00
1998	0.00	7.10	0.00	0.00	1.50	47.00	22.20	48.70	43.30	25.80	4.90	0.00	48.70
1999	0.01	0.00	3.40	1.00	15.00	27.50	20.00	19.50	27.30	5.70	0.01	3.50	27.50
2000	0.10	0.01	0.01	3.30	25.80	30.00	22.20	20.00	35.50	8.00	0.40	9.30	35.50
2001	0.50	7.40	7.40	60.00	15.00	15.50	18.00	40.20	20.00	24.00	2.20	0.80	60.00
2002	45.00	20.00	1.80	6.80	27.20	30.80	34.00	29.80	27.00	37.20	22.50	0.90	45.00
2003	9.40	0.01	0.00	7.00	9.00	45.50	24.00	24.00	89.10	23.20	0.00	0.01	89.10
2004	27.80	1.60	22.00	2.00	31.20	50.20	24.50	20.00	36.00	8.90	0.01	14.00	50.20
2005	8.50	28.00	27.60	1.80	3.60	4.20	25.00	26.50	32.80	22.50	0.01	0.01	32.80
2006	37.80	0.01	8.00	21.00	15.00	8.00	11.70	57.60	29.00	15.80	6.20	14.80	57.60
2007	13.50	16.30	0.60	9.80	49.50	53.20	75.50	52.00	21.30	10.00	16.20	0.10	75.50
2008	3.20	3.20	0.01	1.50	12.20	47.10	48.40	57.00	27.30	3.60	0.00	0.01	57.00
2009	5.00	0.00	10.10	6.40	18.00	28.00	22.00	21.00	15.80	31.00	1.80	7.70	31.00
2010	11.50	89.10	0.80	5.30	7.00	25.40	33.00	37.50	44.80	0.00	0.00	0.00	89.10
2011	3.70	0.01	0.01	22.50	3.10	11.00	41.50	13.80	21.20	17.00	0.50	0.01	41.50
2012	5.00	57.00	0.90	2.10	8.70	17.80	54.00	42.00	12.90	5.60	22.00	9.30	57.00

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2013	12.50	0.00	0.01	0.01	5.10	43.50	25.00	32.80	30.30	12.60	18.80	51.10	51.10
2014	3.10	0.00	4.20	7.20	27.00	43.30	29.00	22.90	49.30	29.70	6.50	4.00	49.30
2015	1.10	9.50	46.50	0.00	32.00	32.70	36.50	25.00	26.50	29.50	0.30	29.50	46.50
2016	14.40	7.90	13.20	6.70	28.20	23.50	57.30	32.20	25.30	5.60	12.00	1.10	57.30
2017	0.00	1.50	6.30	11.10	26.50	36.50	41.60	36.50	45.20	5.80	0.00	0.30	45.20
2018	9.60	9.80	0.01	14.80	41.00	50.20	49.50	77.00	13.00	20.00	43.00	5.00	77.00
2019	6.00	0.50	1.13	0.00	0.00	50.10	40.70	20.40	23.00	28.00	8.00	5.00	50.10
2020	0.00	0.00	0.23	0.08	13.38	14.08	27.34	37.04	34.62	3.68	5.87	1.72	37.04
2021	6.41	0.00	0.00	0.40	20.84	17.00	25.41	28.74	40.73	18.53	0.86	4.77	40.73
2022	0.29	2.43	0.29	5.06	0.83	24.77	22.47	53.92	23.91	17.07	4.41	1.57	53.92
2023	0.44	0.00	4.67	4.52	5.28	19.56	17.45	34.35	11.95	8.77	21.10	10.18	34.35
2024	1.14	0.57	5.28	0.43	1.45	18.46	25.42	21.94	25.99	1.30	0.81	0.40	25.99
Media	8.74	9.12	5.89	7.57	15.45	29.88	34.96	31.79	28.68	18.70	6.91	6.83	50.62
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.20	11.70	11.00	9.00	0.00	0.00	0.00	25.99
Máx.	47.80	89.10	46.50	60.00	49.50	64.30	78.00	77.00	89.10	52.00	43.00	51.10	89.10
Desv. Est.	12.11	15.68	10.81	10.41	12.38	15.16	15.72	14.03	14.25	13.36	8.79	9.96	14.76
Asimetría	2.01	3.56	2.45	3.13	0.89	0.45	0.99	0.91	1.90	0.59	2.00	2.44	0.71

5.4.4. Llenado de la estación 11050 Ocampo

Debido a que la estación 11050 tienen un porcentaje de vacíos de 5.84% en el periodo 1977-2024, es decir, 961 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 43 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11050 Ocampo

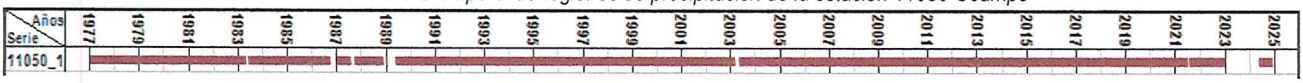


Tabla 42 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11050 Ocampo

Estación	Distancia euclidiana (km)
1015	58.64
11065	32.95
11131	12.81
11160	0.77
14033	43.35
14054	50.48
14106	32.22
14320	50.34
24078	33.08
24100	30.79
32127	52.48

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 43 Registro de precipitación máxima de la estación 11050 Ocampo, con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	2.00	0.00	0.00	2.00	4.00	24.00	38.00	45.00	28.00	12.00	10.00	6.50	45.00
1978	0.00	5.00	10.00	1.00	0.00	4.00	28.20	25.20	25.60	10.00	0.00	0.00	28.20
1979	0.00	2.50	0.00	0.00	2.30	14.20	27.00	12.90	33.30	0.00	0.00	34.00	34.00
1980	17.80	13.00	0.00	4.80	10.00	10.00	30.00	23.00	15.00	11.50	20.00	11.50	30.00
1981	21.00	14.40	8.30	27.00	20.00	29.00	47.00	37.40	4.00	17.30	0.00	7.00	47.00
1982	0.00	12.40	0.10	9.00	13.00	0.00	24.00	32.50	6.20	28.50	10.00	16.00	32.50
1983	6.00	1.50	0.00	0.00	7.00	9.00	1.00	11.50	23.50	10.50	5.00	0.00	23.50
1984	3.40	4.00	1.00	0.00	20.50	4.50	25.00	18.40	14.60	7.40	0.00	8.00	25.00
1985	1.50	0.70	0.00	10.60	49.40	30.50	29.50	38.80	10.00	6.90	5.10	2.40	49.40

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1986	0.00	0.20	0.00	1.00	5.90	28.30	8.50	35.00	38.00	16.15	10.56	0.00	38.00
1987	0.00	0.00	1.00	57.50	10.30	22.80	34.50	17.30	20.00	0.00	0.00	0.00	57.50
1988	0.00	0.00	17.30	10.00	5.00	13.00	31.00	46.00	11.50	9.00	0.00	0.70	46.00
1989	0.00	3.00	0.00	0.00	5.50	36.50	30.00	27.50	3.00	20.00	4.00	9.00	36.50
1990	3.50	6.00	2.00	0.00	11.50	29.50	38.00	56.50	26.00	28.00	4.00	0.00	56.50
1991	1.00	5.00	0.00	0.00	3.00	23.00	46.00	25.00	30.00	2.00	9.00	8.50	46.00
1992	33.00	7.00	2.80	9.00	47.50	45.00	41.00	4.00	36.00	22.00	20.00	6.00	47.50
1993	8.00	0.00	0.00	2.00	8.50	24.00	40.00	40.00	42.00	5.00	15.00	0.00	42.00
1994	9.00	0.00	0.00	12.00	11.00	30.00	8.00	16.00	15.50	12.00	0.00	0.00	30.00
1995	0.00	3.00	0.00	0.00	22.00	25.00	24.00	40.00	30.00	16.00	7.00	13.00	40.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	4.00	6.00	8.00	23.00	11.60	11.00	0.00	0.00	23.00
1997	0.00	9.00	32.00	18.00	11.00	18.00	20.00	8.00	17.00	29.00	0.00	0.00	32.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	27.00	18.00	50.00	23.00	27.10	3.00	0.00	50.00
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	2.00	12.50	1.60	2.20	0.60	0.00	5.00	12.50
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	21.00	39.00	41.00	8.00	2.00	0.00	9.00	41.00
2001	1.00	0.01	1.00	9.00	11.00	42.00	55.00	6.00	12.00	7.00	12.00	0.00	55.00
2002	42.00	17.00	0.00	2.00	0.00	24.00	37.00	20.00	34.00	15.00	21.00	0.00	42.00
2003	3.00	0.00	0.00	0.00	19.00	42.00	45.00	28.00	39.00	27.00	0.00	0.00	45.00
2004	8.00	5.00	22.00	0.00	0.00	30.00	51.00	31.00	35.00	9.00	0.00	9.00	51.00
2005	0.01	38.00	15.00	0.00	17.00	0.00	17.00	29.00	8.00	18.00	0.00	0.00	38.00
2006	17.00	0.00	0.00	20.00	22.00	11.00	27.00	26.00	22.00	14.00	25.00	9.00	27.00
2007	8.00	25.00	0.00	7.50	30.00	22.00	21.00	9.00	18.00	4.00	4.00	0.00	30.00
2008	1.00	1.50	0.00	3.00	12.00	48.00	41.00	42.00	18.00	0.00	0.00	5.00	48.00
2009	3.00	0.00	9.00	3.00	7.00	37.00	26.00	18.00	36.00	42.00	0.01	8.00	42.00
2010	11.00	70.00	0.00	0.00	20.00	3.00	37.00	7.00	20.00	2.00	0.00	0.00	70.00
2011	0.00	0.00	0.00	3.00	7.00	32.00	21.00	10.00	57.00	7.00	0.00	0.00	57.00
2012	0.00	44.00	0.00	0.00	3.00	24.00	47.00	15.00	35.00	2.00	4.00	6.00	47.00
2013	16.00	0.00	0.00	0.00	14.00	27.00	38.00	42.00	80.00	4.00	14.00	14.00	80.00
2014	6.00	0.00	2.00	15.00	44.00	27.00	40.00	20.00	32.00	17.00	19.00	6.00	44.00
2015	4.00	10.00	40.00	8.00	45.00	60.00	38.00	17.00	36.00	21.00	0.00	6.00	60.00
2016	8.00	0.00	25.00	8.00	11.00	31.00	33.00	52.00	20.00	31.00	13.00	0.00	52.00
2017	0.00	0.00	21.00	0.00	8.00	28.00	25.00	30.00	36.00	7.00	1.00	2.00	36.00
2018	10.00	10.00	0.00	20.00	46.00	49.00	4.00	29.00	53.00	33.00	44.00	2.00	53.00
2019	8.00	0.00	0.00	0.00	28.00	36.00	28.00	27.00	35.00	8.00	13.00	10.00	36.00
2020	1.00	20.00	4.00	4.00	4.00	23.00	37.00	6.00	20.00	0.00	0.00	4.00	37.00
2021	3.00	0.00	0.00	0.00	14.00	32.00	24.62	38.00	35.00	14.30	2.00	0.00	38.00
2022	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	17.00	10.00	22.00	17.00	16.00	10.00	2.00	22.00
2023	0.00	0.00	2.10	4.04	2.92	6.53	6.16	19.68	2.28	9.69	19.41	11.51	19.68
2024	0.00	13.11	3.08	0.00	2.10	43.00	62.00	5.00	32.00	26.00	0.00	0.29	62.00
Media	5.34	7.09	4.56	5.70	13.31	24.39	29.56	25.51	25.13	13.29	6.75	4.82	41.77
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.60	2.20	0.00	0.00	0.00	12.50
Máx.	42.00	70.00	40.00	57.50	49.40	60.00	62.00	56.50	80.00	42.00	44.00	34.00	80.00
Desv. Est.	8.70	13.34	9.23	10.02	13.67	14.00	13.90	14.04	15.28	10.25	9.14	6.31	13.39
Asimetría	2.56	3.08	2.38	3.39	1.44	0.13	-0.10	0.23	1.01	0.73	1.86	2.33	0.34

5.4.5. Llenado de la estación 11131 Las Trojes

Debido a que la estación 11131 tienen un porcentaje de vacíos de 19.56% en el periodo 1977-2024, es decir, 3780 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 44 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 11131 Las Trojes

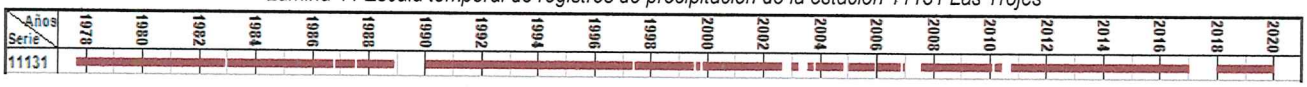


Tabla 44 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 11131 Las Trojes

Estaciones	Distancia euclidiana (km)
11045	38.13
11050	12.81
11065	21.49
11107	40.58
14033	40.54
14054	58.26
14084	57.25
14114	56.19
14392	36.36
24078	38.20
24100	39.77

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 45 Registro de precipitación máxima de la estación 11131 Las Trojes, con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	1.66	0.00	0.04	3.23	3.07	20.47	32.38	44.89	21.00	26.50	11.50	6.30	44.89
1978	0.00	5.10	3.50	0.50	3.60	12.00	40.00	22.80	44.10	21.00	5.40	0.00	44.10
1979	0.00	6.30	0.00	0.00	0.00	49.50	25.00	28.20	6.80	0.00	0.00	38.00	49.50
1980	21.50	14.20	0.00	1.00	18.30	6.50	10.30	27.30	9.30	17.40	19.60	9.00	27.30
1981	12.60	11.40	5.00	21.50	29.50	25.50	32.00	45.50	4.00	19.00	14.40	6.00	45.50
1982	0.00	10.20	1.70	8.30	27.00	0.00	17.00	21.00	11.40	18.30	12.40	12.29	27.00
1983	7.70	0.00	0.00	0.00	10.00	17.30	21.50	37.70	25.00	21.50	24.00	11.00	37.70
1984	9.50	6.70	0.00	0.00	9.00	6.50	67.10	22.00	8.80	7.70	0.00	9.00	67.10
1985	0.00	0.00	0.00	18.00	11.50	21.40	24.00	37.60	15.00	10.00	10.80	3.40	37.60
1986	0.00	2.80	0.00	2.30	10.40	38.50	16.00	11.70	33.40	18.10	14.50	0.00	38.50
1987	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	24.09	11.00	34.10	0.00	7.00	0.00	34.10
1988	10.00	0.00	17.70	6.30	0.00	9.50	36.00	54.00	5.00	5.00	0.00	2.70	54.00
1989	0.17	1.81	0.00	2.89	3.35	22.66	19.59	24.98	3.52	12.68	3.06	9.20	24.98
1990	9.50	10.80	0.00	0.80	13.70	16.80	21.00	31.00	24.00	20.00	0.00	0.00	31.00
1991	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	22.00	22.00	31.00	43.00	0.00	0.00	10.00	43.00
1992	38.00	7.00	0.00	15.00	22.00	36.00	25.00	10.00	17.00	17.00	13.00	5.00	38.00
1993	9.00	1.00	8.00	0.00	3.00	27.00	16.50	11.00	16.50	9.00	0.00	0.00	27.00
1994	0.00	0.00	0.00	5.00	9.00	15.00	0.00	0.00	79.50	8.50	0.00	0.00	79.50
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	15.00	20.00	15.00	16.50	0.00	0.00	0.00	20.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	2.00	20.00	15.00	10.00	0.00	0.00	20.00
1997	0.00	0.00	22.00	16.00	8.54	15.00	47.00	16.00	30.00	0.00	0.00	0.00	47.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	0.00	40.00	25.00	33.00	0.00	0.00	40.00
1999	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	8.40	10.12	0.00	34.00	1.79	0.00	0.00	34.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	23.00	0.00	15.00	12.00	19.00	0.00	15.00	32.00
2001	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	16.10	25.00	27.00	25.20	5.00	20.00	17.00	27.00
2002	40.00	10.00	0.00	5.00	7.00	16.50	19.00	24.00	19.54	8.86	17.78	0.26	40.00
2003	0.00	5.00	0.00	6.82	11.66	24.65	33.30	43.80	23.00	24.13	0.00	0.00	43.80
2004	15.00	0.00	20.00	0.00	19.00	34.00	39.00	24.00	28.00	1.50	0.86	8.73	39.00
2005	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	12.00	40.00	20.00	11.00	0.00	0.00	0.00	40.00
2006	17.00	0.00	0.00	0.00	28.00	13.00	40.00	25.00	37.00	0.00	15.53	0.00	40.00

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2007	6.39	19.30	3.17	4.78	18.29	17.22	20.23	0.00	30.00	10.00	5.00	0.00	30.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	54.00	38.00	0.00	0.00	0.00	54.00
2009	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	40.00	25.00	32.00	23.00	0.00	3.00	40.00
2010	16.00	51.44	0.00	0.00	13.00	7.98	32.98	9.76	19.74	0.00	0.00	0.00	51.44
2011	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	35.00	13.00	24.00	40.00	37.00	0.00	0.00	40.00
2012	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	6.50	58.00	43.00	14.30	16.00	5.00	0.00	58.00
2013	10.00	0.00	0.00	0.00	19.00	37.00	28.00	32.00	60.00	23.00	0.00	42.00	60.00
2014	14.00	0.00	0.00	0.00	37.00	22.00	58.00	24.00	24.50	12.50	0.00	16.00	58.00
2015	8.50	5.50	35.00	22.50	64.00	32.50	35.50	7.50	57.50	16.00	0.00	6.00	64.00
2016	4.00	13.00	23.50	0.00	10.00	28.50	34.00	58.00	8.50	9.00	13.00	0.00	58.00
2017	0.04	0.12	11.79	2.13	6.72	25.39	22.25	26.03	31.35	5.17	0.56	1.12	31.35
2018	13.50	10.00	0.00	0.00	37.00	47.50	25.00	46.00	36.00	26.00	33.00	0.00	47.50
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	19.50	30.00	25.00	34.00	17.00	10.00	34.00
2020	2.82	16.64	3.89	3.04	2.66	21.61	24.19	9.39	13.14	0.00	3.04	3.33	24.19
2021	5.36	0.00	0.00	0.00	10.60	31.78	32.60	36.93	24.74	17.00	1.67	1.51	36.93
2022	0.00	0.78	0.00	2.81	0.00	16.77	7.92	32.04	20.79	14.61	8.80	1.37	32.04
2023	0.00	0.00	4.45	8.54	5.86	14.08	8.47	21.39	4.02	7.50	25.69	7.44	25.69
2024	0.00	12.29	0.00	0.00	1.42	35.55	49.16	7.15	24.82	17.87	0.00	0.31	49.16
Media	6.11	5.18	3.64	3.34	10.79	20.98	26.18	25.58	24.63	12.58	6.30	5.31	41.00
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	0.00	0.00	0.00	20.00
Máx.	40.00	51.44	35.00	22.50	64.00	49.50	67.10	58.00	79.50	37.00	33.00	42.00	79.50
Desv. Est.	9.22	9.06	7.61	5.84	13.17	11.59	15.04	14.40	15.40	10.09	8.55	8.82	12.85
Asimetría	2.11	3.22	2.58	2.13	1.88	0.42	0.49	0.27	1.26	0.45	1.29	2.76	0.72

5.4.6. Llenado de la estación 14054 El Puesto

Debido a que la estación 14054 El Puesto tienen un porcentaje de vacíos de 8.01% en el periodo 1977-2024, es decir, 1404 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 45 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14054 El Puesto

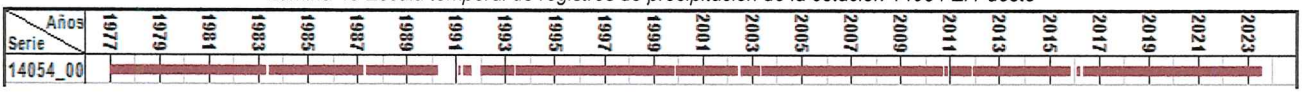


Tabla 46 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14054 El Puesto

Estación	Distancia euclidiana (km)
01015	32.23
01022	25.10
01024	22.15
11050	50.48
14058	8.58
14084	29.78
14122	44.02
14330	17.74
14363	16.75
14392	26.82

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 47 Registro de precipitación máxima de la estación 14054 El Puesto, con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	1.66	0.00	0.04	3.23	3.07	20.47	32.38	44.89	21.00	26.50	11.50	6.30	44.89
1978	0.00	5.10	3.50	0.50	3.60	12.00	40.00	22.80	44.10	21.00	5.40	0.00	44.10
1979	0.00	6.30	0.00	0.00	0.00	49.50	25.00	28.20	6.80	0.00	0.00	38.00	49.50
1980	21.50	14.20	0.00	1.00	18.30	6.50	10.30	27.30	9.30	17.40	19.60	9.00	27.30

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1981	12.60	11.40	5.00	21.50	29.50	25.50	32.00	45.50	4.00	19.00	14.40	6.00	45.50
1982	0.00	10.20	1.70	8.30	27.00	0.00	17.00	21.00	11.40	18.30	12.40	12.29	27.00
1983	7.70	0.00	0.00	0.00	10.00	17.30	21.50	37.70	25.00	21.50	24.00	11.00	37.70
1984	9.50	6.70	0.00	0.00	9.00	6.50	67.10	22.00	8.80	7.70	0.00	9.00	67.10
1985	0.00	0.00	0.00	18.00	11.50	21.40	24.00	37.60	15.00	10.00	10.80	3.40	37.60
1986	0.00	2.80	0.00	2.30	10.40	38.50	16.00	11.70	33.40	18.10	14.50	0.00	38.50
1987	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	24.09	11.00	34.10	0.00	7.00	0.00	34.10
1988	10.00	0.00	17.70	6.30	0.00	9.50	36.00	54.00	5.00	5.00	0.00	2.70	54.00
1989	0.17	1.81	0.00	2.89	3.35	22.66	19.59	24.98	3.52	12.68	3.06	9.20	24.98
1990	9.50	10.80	0.00	0.80	13.70	16.80	21.00	31.00	24.00	20.00	0.00	0.00	31.00
1991	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	22.00	22.00	31.00	43.00	0.00	0.00	10.00	43.00
1992	38.00	7.00	0.00	15.00	22.00	36.00	25.00	10.00	17.00	17.00	13.00	5.00	38.00
1993	9.00	1.00	8.00	0.00	3.00	27.00	16.50	11.00	16.50	9.00	0.00	0.00	27.00
1994	0.00	0.00	0.00	5.00	9.00	15.00	0.00	0.00	79.50	8.50	0.00	0.00	79.50
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	15.00	20.00	15.00	16.50	0.00	0.00	0.00	20.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	2.00	20.00	15.00	10.00	0.00	0.00	20.00
1997	0.00	0.00	22.00	16.00	8.54	15.00	47.00	16.00	30.00	0.00	0.00	0.00	47.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	0.00	40.00	25.00	33.00	0.00	0.00	40.00
1999	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	8.40	10.12	0.00	34.00	1.79	0.00	0.00	34.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	23.00	0.00	15.00	12.00	19.00	0.00	15.00	32.00
2001	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	16.10	25.00	27.00	25.20	5.00	20.00	17.00	27.00
2002	40.00	10.00	0.00	5.00	7.00	16.50	19.00	24.00	19.54	8.86	17.78	0.26	40.00
2003	0.00	5.00	0.00	6.82	11.66	24.65	33.30	43.80	23.00	24.13	0.00	0.00	43.80
2004	15.00	0.00	20.00	0.00	19.00	34.00	39.00	24.00	28.00	1.50	0.86	8.73	39.00
2005	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	12.00	40.00	20.00	11.00	0.00	0.00	0.00	40.00
2006	17.00	0.00	0.00	0.00	28.00	13.00	40.00	25.00	37.00	0.00	15.53	0.00	40.00
2007	6.39	19.30	3.17	4.78	18.29	17.22	20.23	0.00	30.00	10.00	5.00	0.00	30.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	54.00	38.00	0.00	0.00	0.00	54.00
2009	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	40.00	25.00	32.00	23.00	0.00	3.00	40.00
2010	16.00	51.44	0.00	0.00	13.00	7.98	32.98	9.76	19.74	0.00	0.00	0.00	51.44
2011	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	35.00	13.00	24.00	40.00	37.00	0.00	0.00	40.00
2012	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	6.50	58.00	43.00	14.30	16.00	5.00	0.00	58.00
2013	10.00	0.00	0.00	0.00	19.00	37.00	28.00	32.00	60.00	23.00	0.00	42.00	60.00
2014	14.00	0.00	0.00	0.00	37.00	22.00	58.00	24.00	24.50	12.50	0.00	16.00	58.00
2015	8.50	5.50	35.00	22.50	64.00	32.50	35.50	7.50	57.50	16.00	0.00	6.00	64.00
2016	4.00	13.00	23.50	0.00	10.00	28.50	34.00	58.00	8.50	9.00	13.00	0.00	58.00
2017	0.04	0.12	11.79	2.13	6.72	25.39	22.25	26.03	31.35	5.17	0.56	1.12	31.35
2018	13.50	10.00	0.00	0.00	37.00	47.50	25.00	46.00	36.00	26.00	33.00	0.00	47.50
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	19.50	30.00	25.00	34.00	17.00	10.00	34.00
2020	2.82	16.64	3.89	3.04	2.66	21.61	24.19	9.39	13.14	0.00	3.04	3.33	24.19
2021	5.36	0.00	0.00	0.00	10.60	31.78	32.60	36.93	24.74	17.00	1.67	1.51	36.93
2022	0.00	0.78	0.00	2.81	0.00	16.77	7.92	32.04	20.79	14.61	8.80	1.37	32.04
2023	0.00	0.00	4.45	8.54	5.86	14.08	8.47	21.39	4.02	7.50	25.69	7.44	25.69
2024	0.00	12.29	0.00	0.00	1.42	35.55	49.16	7.15	24.82	17.87	0.00	0.31	49.16
Media	6.11	5.18	3.64	3.34	10.79	20.98	26.18	25.58	24.63	12.58	6.30	5.31	41.00
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	0.00	0.00	0.00	20.00
Máx.	40.00	51.44	35.00	22.50	64.00	49.50	67.10	58.00	79.50	37.00	33.00	42.00	79.50
Desv. Est.	9.22	9.06	7.61	5.84	13.17	11.59	15.04	14.40	15.40	10.09	8.55	8.82	12.85
Asimetría	2.11	3.22	2.58	2.13	1.88	0.42	0.49	0.27	1.26	0.45	1.29	2.76	0.72

5.4.7. Llenado de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE)

Debido a que la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE) tienen un porcentaje de vacíos de 4.01% en el periodo 1977-2024, es decir, 703 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 46 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE)

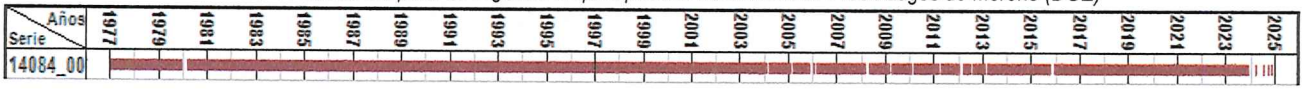


Tabla 48 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE)

Estación	Distancia euclidiana (km)
14083	2.56
14320	7.65
14367	27.82
14157	26.83
14114	18.32
14033	21.79
14392	22.50
14054	29.78

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 49 Registro de precipitación máxima de la estación 14084 Lagos de Moreno (DGE), con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	1.66	0.00	0.04	3.23	3.07	20.47	32.38	44.89	21.00	26.50	11.50	6.30	44.89
1978	0.00	5.10	3.50	0.50	3.60	12.00	40.00	22.80	44.10	21.00	5.40	0.00	44.10
1979	0.00	6.30	0.00	0.00	0.00	49.50	25.00	28.20	6.80	0.00	0.00	38.00	49.50
1980	21.50	14.20	0.00	1.00	18.30	6.50	10.30	27.30	9.30	17.40	19.60	9.00	27.30
1981	12.60	11.40	5.00	21.50	29.50	25.50	32.00	45.50	4.00	19.00	14.40	6.00	45.50
1982	0.00	10.20	1.70	8.30	27.00	0.00	17.00	21.00	11.40	18.30	12.40	12.29	27.00
1983	7.70	0.00	0.00	0.00	10.00	17.30	21.50	37.70	25.00	21.50	24.00	11.00	37.70
1984	9.50	6.70	0.00	0.00	9.00	6.50	67.10	22.00	8.80	7.70	0.00	9.00	67.10
1985	0.00	0.00	0.00	18.00	11.50	21.40	24.00	37.60	15.00	10.00	10.80	3.40	37.60
1986	0.00	2.80	0.00	2.30	10.40	38.50	16.00	11.70	33.40	18.10	14.50	0.00	38.50
1987	16.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.50	24.09	11.00	34.10	0.00	7.00	0.00	34.10
1988	10.00	0.00	17.70	6.30	0.00	9.50	36.00	54.00	5.00	5.00	0.00	2.70	54.00
1989	0.17	1.81	0.00	2.89	3.35	22.66	19.59	24.98	3.52	12.68	3.06	9.20	24.98
1990	9.50	10.80	0.00	0.80	13.70	16.80	21.00	31.00	24.00	20.00	0.00	0.00	31.00
1991	0.00	4.50	0.00	0.00	0.00	22.00	22.00	31.00	43.00	0.00	0.00	10.00	43.00
1992	38.00	7.00	0.00	15.00	22.00	36.00	25.00	10.00	17.00	17.00	13.00	5.00	38.00
1993	9.00	1.00	8.00	0.00	3.00	27.00	16.50	11.00	16.50	9.00	0.00	0.00	27.00
1994	0.00	0.00	0.00	5.00	9.00	15.00	0.00	0.00	79.50	8.50	0.00	0.00	79.50
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	12.70	15.00	20.00	15.00	16.50	0.00	0.00	0.00	20.00
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	2.00	20.00	15.00	10.00	0.00	0.00	20.00
1997	0.00	0.00	22.00	16.00	8.54	15.00	47.00	16.00	30.00	0.00	0.00	0.00	47.00
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	35.00	0.00	40.00	25.00	33.00	0.00	0.00	40.00
1999	0.00	0.00	2.00	0.00	0.00	8.40	10.12	0.00	34.00	1.79	0.00	0.00	34.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	32.00	23.00	0.00	15.00	12.00	19.00	0.00	15.00	32.00
2001	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	16.10	25.00	27.00	25.20	5.00	20.00	17.00	27.00
2002	40.00	10.00	0.00	5.00	7.00	16.50	19.00	24.00	19.54	8.86	17.78	0.26	40.00
2003	0.00	5.00	0.00	6.82	11.66	24.65	33.30	43.80	23.00	24.13	0.00	0.00	43.80
2004	15.00	0.00	20.00	0.00	19.00	34.00	39.00	24.00	28.00	1.50	0.86	8.73	39.00
2005	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	12.00	40.00	20.00	11.00	0.00	0.00	0.00	40.00
2006	17.00	0.00	0.00	0.00	28.00	13.00	40.00	25.00	37.00	0.00	15.53	0.00	40.00
2007	6.39	19.30	3.17	4.78	18.29	17.22	20.23	0.00	30.00	10.00	5.00	0.00	30.00
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	23.00	54.00	38.00	0.00	0.00	0.00	54.00
2009	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.00	40.00	25.00	32.00	23.00	0.00	3.00	40.00
2010	16.00	51.44	0.00	0.00	13.00	7.98	32.98	9.76	19.74	0.00	0.00	0.00	51.44
2011	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	35.00	13.00	24.00	40.00	37.00	0.00	0.00	40.00
2012	0.00	23.00	0.00	0.00	0.00	6.50	58.00	43.00	14.30	16.00	5.00	0.00	58.00
2013	10.00	0.00	0.00	0.00	19.00	37.00	28.00	32.00	60.00	23.00	0.00	42.00	60.00
2014	14.00	0.00	0.00	0.00	37.00	22.00	58.00	24.00	24.50	12.50	0.00	16.00	58.00

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2015	8.50	5.50	35.00	22.50	64.00	32.50	35.50	7.50	57.50	16.00	0.00	6.00	64.00
2016	4.00	13.00	23.50	0.00	10.00	28.50	34.00	58.00	8.50	9.00	13.00	0.00	58.00
2017	0.04	0.12	11.79	2.13	6.72	25.39	22.25	26.03	31.35	5.17	0.56	1.12	31.35
2018	13.50	10.00	0.00	0.00	37.00	47.50	25.00	46.00	36.00	26.00	33.00	0.00	47.50
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	20.00	19.50	30.00	25.00	34.00	17.00	10.00	34.00
2020	2.82	16.64	3.89	3.04	2.66	21.61	24.19	9.39	13.14	0.00	3.04	3.33	24.19
2021	5.36	0.00	0.00	0.00	10.60	31.78	32.60	36.93	24.74	17.00	1.67	1.51	36.93
2022	0.00	0.78	0.00	2.81	0.00	16.77	7.92	32.04	20.79	14.61	8.80	1.37	32.04
2023	0.00	0.00	4.45	8.54	5.86	14.08	8.47	21.39	4.02	7.50	25.69	7.44	25.69
2024	0.00	12.29	0.00	0.00	1.42	35.55	49.16	7.15	24.82	17.87	0.00	0.31	49.16
Media	6.11	5.18	3.64	3.34	10.79	20.98	26.18	25.58	24.63	12.58	6.30	5.31	41.00
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.52	0.00	0.00	0.00	20.00
Máx.	40.00	51.44	35.00	22.50	64.00	49.50	67.10	58.00	79.50	37.00	33.00	42.00	79.50
Desv. Est.	9.22	9.06	7.61	5.84	13.17	11.59	15.04	14.40	15.40	10.09	8.55	8.82	12.85
Asimetría	2.11	3.22	2.58	2.13	1.88	0.42	0.49	0.27	1.26	0.45	1.29	2.76	0.72

5.4.8. Llenado de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE)

Debido a que la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE) tienen un porcentaje de vacíos de 14.33% en el periodo 1977-2024, es decir, 2512 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 47 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE)

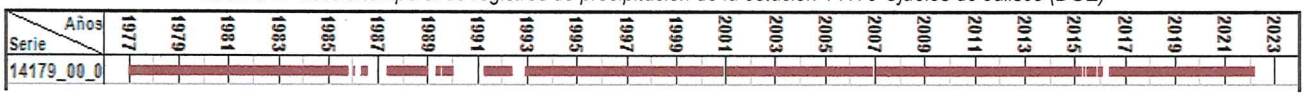


Tabla 50 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE)

Estación	Distancia euclidiana (km)
01015	39.32
01081	45.84
11050	26.66
11065	57.63
14054	46.94
14058	48.84
24078	33.64
24100	22.19
32118	31.87
32127	34.33
32188	33.87

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 51 Registro de precipitación máxima de la estación 14179 Ojuelos de Jalisco (DGE), con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	8.60	0.00	0.00	4.00	3.20	23.00	26.50	25.00	21.00	14.50	3.50	7.50	26.50
1978	0.00	12.00	12.50	14.70	22.30	45.70	22.00	50.00	74.00	19.00	12.60	0.00	74.00
1979	2.00	21.00	0.00	0.00	0.00	16.00	23.00	12.50	21.00	0.00	1.50	1.30	23.00
1980	19.80	20.40	0.00	12.50	0.00	30.00	33.00	21.00	4.00	10.50	30.00	10.00	33.00
1981	19.50	13.00	0.00	18.50	13.00	3.00	26.00	11.50	15.00	17.50	0.00	7.50	26.00
1982	0.00	0.00	0.00	10.70	15.50	20.00	25.10	0.00	9.20	2.00	12.00	8.50	25.10
1983	5.50	0.00	0.00	0.00	14.50	6.00	104.50	23.00	21.00	10.00	17.50	0.00	104.50
1984	14.00	5.00	0.00	0.00	20.00	23.00	44.00	13.00	4.50	20.00	8.00	3.50	44.00
1985	0.00	0.00	0.00	10.50	16.00	21.50	23.50	50.50	26.00	11.00	1.37	3.12	50.50
1986	0.00	0.98	0.04	4.25	4.50	17.00	30.50	9.50	11.06	13.19	8.16	0.00	30.50
1987	5.25	4.14	0.18	21.95	4.50	17.00	30.50	40.50	47.00	7.40	2.00	0.00	47.00
1988	10.00	1.00	9.00	17.90	1.00	33.50	47.50	69.00	0.00	1.00	2.00	0.00	69.00

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1989	0.02	0.75	0.00	0.65	5.00	30.00	10.89	45.00	5.00	5.00	15.00	19.50	45.00
1990	5.40	7.03	3.89	5.21	16.72	20.18	14.06	30.48	22.08	18.87	2.67	0.00	30.48
1991	0.24	3.41	0.00	0.00	3.00	31.00	39.00	40.00	40.00	8.50	5.00	60.00	60.00
1992	95.00	15.00	60.00	0.00	55.00	19.69	14.51	8.06	13.92	31.41	8.99	1.50	95.00
1993	17.00	0.00	1.50	3.00	3.00	17.00	7.00	14.00	12.30	0.00	4.00	0.00	17.00
1994	10.40	0.00	0.00	30.00	20.00	40.00	7.00	65.00	39.00	35.00	0.00	2.00	65.00
1995	5.00	10.00	0.00	0.00	12.00	12.00	48.00	98.00	90.00	4.00	2.00	30.00	98.00
1996	4.00	0.00	0.00	2.00	4.00	69.00	58.00	88.00	40.00	38.00	0.00	0.00	88.00
1997	8.00	18.00	10.00	12.00	10.00	12.00	14.00	18.00	18.00	20.00	1.00	0.00	20.00
1998	0.00	4.00	4.00	0.00	4.00	32.00	23.00	38.00	30.00	39.00	0.00	0.00	39.00
1999	0.00	0.00	4.00	6.00	6.00	46.00	25.00	20.00	32.00	8.00	0.00	4.00	46.00
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	25.00	15.00	22.00	20.00	8.00	4.00	11.94	25.00
2001	4.00	0.00	8.00	8.00	25.00	50.00	44.00	25.00	30.00	10.00	8.00	10.00	50.00
2002	54.00	9.00	0.00	3.00	18.00	41.00	20.00	13.50	160.00	40.00	27.00	5.00	160.00
2003	10.00	1.00	0.00	0.00	16.00	60.00	90.00	80.00	60.00	90.00	0.00	0.00	90.00
2004	8.00	4.00	8.00	0.00	5.00	38.00	50.00	44.00	53.00	15.00	3.00	7.00	53.00
2005	1.00	38.00	15.00	2.00	21.00	16.00	21.00	21.00	20.00	7.00	0.00	0.00	38.00
2006	2.00	0.00	1.00	7.00	21.00	8.00	37.00	56.00	35.00	15.00	16.00	7.01	56.00
2007	16.00	14.00	0.00	0.00	11.00	50.00	27.00	7.00	65.00	35.00	3.00	0.00	65.00
2008	0.00	5.00	0.00	5.00	3.00	27.00	42.00	62.00	30.00	0.00	0.00	0.00	62.00
2009	0.00	0.00	5.00	1.00	22.00	61.00	17.50	25.00	85.00	24.00	5.00	5.00	85.00
2010	20.00	47.00	0.00	1.00	16.00	10.00	56.00	55.00	28.00	0.01	0.00	0.00	56.00
2011	5.00	0.00	0.00	8.00	2.50	23.00	70.00	45.00	50.00	40.00	0.00	0.00	70.00
2012	5.00	32.00	0.00	4.00	2.00	18.00	38.00	25.00	36.00	2.00	3.00	6.00	38.00
2013	16.00	0.00	3.00	0.00	25.00	34.00	41.00	21.00	38.00	19.00	20.50	41.00	41.00
2014	2.00	0.00	1.00	9.00	35.00	36.00	36.00	21.00	23.00	21.00	18.00	2.00	36.00
2015	8.00	32.00	56.00	5.07	35.00	19.23	21.00	19.50	27.00	40.00	0.90	8.00	56.00
2016	8.00	3.64	18.02	2.69	2.98	16.50	22.50	41.00	10.00	3.00	23.00	0.50	41.00
2017	0.00	0.00	7.00	1.50	17.00	65.00	42.00	45.00	22.50	16.00	0.00	0.50	65.00
2018	5.00	18.00	3.00	19.00	78.00	19.50	3.00	30.00	38.00	40.00	42.00	0.50	78.00
2019	10.00	0.00	0.00	1.00	1.00	37.00	30.00	21.00	63.00	20.00	31.50	21.00	63.00
2020	17.50	23.00	8.00	33.00	8.00	18.00	30.00	62.00	22.00	0.00	0.00	3.00	62.00
2021	10.00	0.00	0.00	0.50	19.00	58.00	30.00	30.00	50.00	20.00	59.00	2.00	59.00
2022	0.00	3.00	0.00	4.77	0.18	6.19	10.36	23.29	28.64	13.39	4.87	0.39	28.64
2023	0.00	0.00	0.00	2.09	5.10	0.95	13.14	22.08	2.83	10.02	13.99	12.64	22.08
2024	0.00	13.02	0.00	0.00	1.09	32.53	50.90	7.73	30.01	14.16	0.00	0.38	50.90
Media	8.98	7.88	4.96	6.07	13.65	28.22	32.37	33.63	33.81	17.43	8.75	6.30	54.32
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.95	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	17.00
Máx.	95.00	47.00	60.00	33.00	78.00	69.00	104.50	98.00	160.00	90.00	59.00	60.00	160.00
Desv. Est.	15.72	11.32	12.01	7.93	14.58	16.85	20.11	22.32	27.87	16.43	12.37	11.39	27.12
Asimetría	4.12	1.76	3.85	1.79	2.39	0.71	1.51	1.01	2.30	2.05	2.17	3.16	1.42

5.4.9. Llenado de la estación 14392 Paso del Cuarenta II

Debido a que la estación 14392 Paso del Cuarenta II tienen un porcentaje de vacíos de 13.96% en el periodo 1977-2024, es decir, 2447 datos de precipitación diaria sin registrar. Para realizar la estimación de datos se utilizó el Método del U.S. Weather Service (conocido como Inverso de la Distancia al Cuadrado).

El reporte desglosado por datos se anexa de forma digital en el anexo D.

Lámina 48 Escala temporal de registros de precipitación de la estación 14392 Paso del Cuarenta II

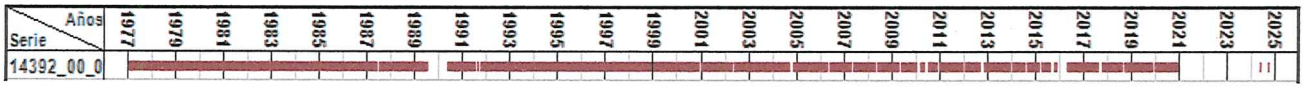


Tabla 52 Estaciones auxiliares utilizadas para el llenado de la estación 14392 Paso del Cuarenta II

Estación	Distancia euclidiana (km)

14054	26.82
14179	44.95
11050	33.45
14033	18.51
14084	22.50
11050	33.45
01015	52.41
01022	51.92
14157	47.47
11065	55.58
01022	51.92
14083	25.05
11020	35.51
14320	17.96

En las tablas siguientes se muestran las series resultantes del procedimiento de llenado diario.

Tabla 53 Registro de precipitación máxima de la estación 14392 Paso del Cuarenta II, con el proceso de llenado

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	0.80	0.00	0.00	2.40	4.40	38.70	29.70	21.70	22.40	33.00	10.80	7.40	38.70
1978	1.40	1.80	0.30	1.80	34.50	24.10	37.00	68.70	17.10	9.20	9.00	5.50	68.70
1979	0.00	14.30	0.00	0.90	11.70	23.30	24.90	34.50	24.10	0.00	7.70	28.70	34.50
1980	23.60	19.90	0.00	8.50	5.00	18.50	68.80	40.50	11.10	5.50	19.90	6.00	68.80
1981	28.80	5.30	5.40	8.90	12.30	27.60	26.00	28.20	12.80	38.20	0.00	8.70	38.20
1982	0.00	2.20	0.00	10.70	11.20	5.90	40.30	6.70	7.20	29.90	28.80	11.70	40.30
1983	11.00	0.00	0.00	0.00	9.00	19.80	41.10	15.70	20.40	20.00	15.50	0.00	41.10
1984	10.40	9.00	0.00	0.00	17.90	29.10	57.20	34.40	8.80	28.10	10.50	5.60	57.20
1985	1.30	0.00	4.00	4.00	19.60	33.00	38.70	26.20	9.20	28.00	4.00	2.30	38.70
1986	0.00	8.20	0.00	1.20	24.50	42.50	23.50	11.70	26.40	31.40	22.30	0.00	42.50
1987	7.80	6.00	0.00	17.20	17.80	13.90	30.80	32.20	33.60	0.00	3.50	0.30	33.60
1988	9.60	0.50	22.60	4.50	3.60	33.00	70.30	51.00	11.50	1.50	0.60	5.50	70.30
1989	0.00	4.50	0.00	3.10	1.40	10.90	16.50	29.19	24.51	7.00	7.66	14.81	29.19
1990	3.41	9.94	2.18	0.81	25.00	14.00	25.00	24.00	9.50	32.00	0.00	0.00	32.00
1991	1.00	4.50	0.00	0.00	0.50	14.00	51.00	14.00	17.32	4.80	1.50	14.40	51.00
1992	32.00	10.20	0.80	10.90	12.10	20.30	25.20	21.50	15.80	14.70	22.90	9.50	32.00
1993	11.80	0.00	0.50	0.80	3.00	36.40	33.00	26.20	23.10	7.80	13.50	0.00	36.40
1994	5.40	0.00	0.00	6.80	6.50	91.20	11.40	20.00	30.20	13.50	1.00	1.60	91.20
1995	1.20	5.20	0.00	3.10	10.80	25.60	39.00	27.30	71.30	0.00	0.00	4.20	71.30
1996	0.00	0.00	0.00	6.40	3.20	15.60	35.20	23.40	30.10	26.80	1.00	0.00	35.20
1997	8.50	3.70	12.30	21.30	11.60	37.40	23.80	26.60	8.40	11.00	7.40	0.00	37.40
1998	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	24.70	10.50	23.40	22.30	38.20	0.00	0.00	38.20
1999	0.00	0.00	2.50	0.00	3.20	16.20	30.90	16.90	21.40	2.30	0.00	0.00	30.90
2000	0.00	0.00	0.00	0.20	40.40	23.20	13.50	17.00	35.80	5.10	0.60	7.85	40.40
2001	0.00	2.10	8.00	7.80	20.00	16.00	23.10	123.30	15.40	11.90	0.00	5.10	123.30
2002	40.20	9.90	0.00	3.30	5.83	17.90	44.40	45.20	21.30	26.10	27.10	1.40	45.20
2003	7.70	3.50	0.00	0.00	13.40	34.00	50.50	32.10	62.70	34.20	0.00	0.00	62.70
2004	12.10	5.40	18.10	0.40	14.00	45.00	24.50	23.50	38.40	5.61	9.20	6.80	45.00
2005	0.00	28.50	10.70	0.00	4.70	0.70	90.30	37.50	21.20	0.00	4.20	0.00	90.30
2006	7.80	0.00	0.00	54.00	17.25	7.80	54.30	68.30	18.80	13.50	12.50	4.90	68.30
2007	7.56	8.30	0.00	15.70	7.31	33.00	36.50	10.00	20.20	11.00	4.30	0.00	36.50
2008	0.00	0.00	0.00	5.20	1.58	29.80	38.50	37.40	37.20	1.20	0.00	0.00	38.50
2009	0.00	0.00	8.60	9.30	8.64	60.00	34.20	19.00	42.30	34.50	2.00	2.60	60.00
2010	19.40	64.35	0.00	0.01	22.90	11.84	42.50	24.00	26.80	0.00	0.00	0.00	64.35
2011	10.10	0.00	0.00	0.00	0.00	23.10	31.30	9.30	49.30	6.30	0.00	0.00	49.30
2012	2.00	29.70	0.20	1.00	9.20	29.70	27.00	10.00	55.20	4.82	2.40	9.20	55.20
2013	20.20	6.00	0.40	0.01	6.20	15.80	49.80	28.70	41.70	18.30	19.80	34.29	49.80
2014	7.85	0.00	1.00	0.01	26.10	31.30	40.20	10.73	37.00	34.10	14.00	8.40	40.20
2015	3.20	3.80	37.12	54.40	23.00	49.30	27.00	35.40	33.93	9.10	0.01	18.04	54.40
2016	5.53	8.67	19.40	4.01	9.80	27.50	50.20	43.80	72.50	12.70	18.50	0.70	72.50
2017	0.50	1.60	4.10	4.00	7.20	31.40	27.70	33.80	26.00	0.01	0.01	0.01	33.80
2018	10.50	13.40	0.01	3.60	11.70	46.50	20.50	7.40	79.10	22.40	49.30	0.01	79.10

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2019	21.70	0.01	0.00	0.00	1.50	7.00	40.20	25.30	8.30	24.30	6.00	5.85	40.20
2020	0.01	8.50	12.30	4.30	0.01	21.50	33.50	35.00	12.50	0.00	0.00	7.30	35.00
2021	1.90	0.00	0.00	1.87	16.52	20.46	18.28	22.37	25.45	17.33	3.81	8.37	25.45
2022	0.08	0.27	0.00	8.13	1.38	11.37	12.34	37.63	15.96	17.08	5.69	2.03	37.63
2023	0.00	0.00	0.00	0.31	1.90	3.32	17.09	13.43	20.31	35.31	29.47	13.64	35.31
2024	0.62	4.50	0.00	0.00	12.50	29.77	60.00	14.38	25.64	13.21	0.01	1.77	60.00
Media	7.02	6.43	3.55	6.06	11.08	25.90	35.36	28.93	27.53	15.44	8.26	5.51	50.00
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.70	10.50	6.70	7.20	0.00	0.00	0.00	25.45
Máx.	40.20	64.35	37.12	54.40	40.40	91.20	90.30	123.30	79.10	38.20	49.30	34.29	123.30
Desv. Est.	9.46	10.91	7.46	11.27	9.27	15.80	16.39	19.50	17.36	12.54	10.56	7.26	19.57
Asimetría	1.78	3.69	2.79	3.49	1.10	1.63	1.05	2.74	1.40	0.39	1.78	2.18	1.55

5.5. Análisis de consistencia de las series de precipitación anual acumulada

5.5.1. Metodologías aplicadas

Una serie de datos meteorológicos se considera consistente siempre y cuando cumpla con las condiciones de: *aleatoriedad*, *homogeneidad*, *independencia* y *estacionalidad*. Estas condiciones se describen en la siguiente tabla junto con las pruebas correspondientes a cada una.

Tabla 54 Pruebas de consistencia aplicables a series temporales de precipitación anual

Condición	*Descripción*	*Pruebas*
Aleatoriedad	Significa que las fluctuaciones de la variable meteorológica a considerar se deben a causas naturales.	No se disponen de pruebas adecuadas para series hidrológicas
Homogeneidad	Se cumple si todos los valores que conforman la muestra provienen estadísticamente de una misma población.	Test de Helmert Test de Secuencias Test de t Student Test de Cramer
Independencia	Implica que la probabilidad de ocurrencia de uno cualquiera de ellos no depende de la ocurrencia del o de los valores precedentes.	Test de Anderson
Estacionalidad	Significa que, excluyendo las fluctuaciones aleatorias, la serie de datos es invariante con respecto al tiempo.	Test de Man Kendall Promedios Móviles de orden 5

Test de Helmert

Nos permite comprobar la homogeneidad de los datos mediante un procedimiento sencillo que consiste en ordenar la serie cronológicamente y analizar el signo de las desviaciones con respecto a la media de cada dato. Si una desviación de un cierto signo es seguida por otra del mismo signo, entonces se dice que se forma una secuencia (S), de lo contrario se considera un cambio ®.
Para comprobar que la serie es homogénea se aplica el siguiente criterio:

$$-\sqrt{n-1} \leq (S-C) \leq \sqrt{n-1}$$

Test de Secuencias

Esta prueba consiste en analizar el signo de las desviaciones con respecto a la mediana muestral para cada dato y comparar el número de cambios de signo con el número de cambios permitido en base al tamaño de la muestra. Si el número de cambios esta entre los valores establecidos la serie es homogénea.

Test de Mann-Kendall

Es una prueba no paramétrica, estadísticamente basada en el número de orden de las variables y puede ser utilizado para tendencias en series de tiempo de datos hidrológicos si una de esas variables es el tiempo y tiene la particularidad de presentar una mayor potencia estadística en la medida que la serie de datos presenta un mayor sesgo que la aleje de una distribución normal.

Test t de Student

Si se considera una serie de datos de tamaño *n* la cual de divide en dos partes $n_1 = n_2 = \frac{n}{2}$, entonces el estadístico para esta prueba se obtiene con la expresión:

$$t_d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\left[\frac{n_1 \cdot s_1^2 + n_2 \cdot s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \cdot \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)\right]^{0.5}}$$

Donde:

$\bar{x}_1, s_1$: son la media y la varianza de la primera parte del registro de tamaño n_1

$\bar{x}_2, s_2$: son la media y la varianza de la primera parte del registro de tamaño n_2

El valor absoluto de t_d se compara con el valor de la distribución t de Student de dos colas y con $v = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel de significancia: α= 0,05.

Si y solo si el valor absoluto de t_d es mayor que aquel de la distribución t de Student, se concluye que la diferencia entre las medias es evidencia de inconsistencia, y por ende la serie se considera no homogénea. En caso contrario la serie es homogénea.

Test de Cramer

La prueba compara el valor $\overline{Q^j}$ del registro total con cada una de las medias de los bloques elegidos. Para que se considere la serie analizada como estacionaria en la media (homogénea), se deberá cumplir que no existe una diferencia significativa entre las medias de los dos bloques.

Si se analiza solamente una muestra $j = 1$.

$$S_Q^j = \sqrt{\frac{1}{(n_j - 1)} \cdot \sum_{i=1}^{n_j} (Q_i^j - \overline{Q^j})^2}$$

$$\overline{Q_i^j} = \sum_{k=1}^{n=i} \frac{Q_k^j}{n_i} \qquad \tau_i^j = \frac{\overline{Q_i^j} - Q^j}{S_Q^j} \qquad t_w = \left\{\frac{n_w \cdot (n_j - 2)}{n_j - n_w \cdot \left[1 + (\tau_w^j)^2\right]}\right\}^{0.5} |\tau_w^j|$$

El estadístico t_w tiene distribución t de Student de dos colas con $v = n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad y para un nivel de significancia α = 0,05.

Test de Anderson

Para una serie independiente la población del correlograma es igual a cero para $K \neq 0$. Sin embargo, series temporales independientes, presentan variabilidad de la muestra, conteniendo fluctuaciones de alrededor de cero, pero estos no son necesariamente cero. En este caso lo que hacemos para determinar los límites de probabilidad de series independientes, utilizamos los límites de Anderson para un 95% de nivel de confianza.

$$r_{k(95\%)} = \frac{-1 \pm \sqrt{n_j - k - 1}}{n_j - k}$$

Si menos del 10% de los valores de auto correlación calculados superan los límites, se dice que la serie de datos es independiente.

Curva Masa Doble

La curva masa doble es la prueba más sencilla para la evaluación de la consistencia de los datos de una estación a nivel anual. Consiste en realizar una gráfica de la suma de los promedios anuales de la estación en estudio contra el promedio de la suma de las precipitaciones máximas de las estaciones auxiliares para la prueba en el mismo periodo.

Esta prueba puede detectar cambios en la tendencia de la serie lo cual se puede deber a la reubicación de la estación o al cambio del personal de medición. Sin embargo, el problema radica en que es totalmente visual quedando a criterio el resultado de la prueba.

5.5.2. Evaluación de la consistencia de las series de precipitación anual acumulada de las estaciones principales

Se evaluó la consistencia de las estaciones principales por distintas metodologías estadísticas y el resumen de resultados se muestran en la tabla 55.

Tabla 55 Evaluación de la consistencia de las estaciones principales del estudio

Serie	Helmert	Secuencias	Man Kendall	Anderson	t de Student	Cramer
11045	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	No homogéneo	Homogéneo
11049	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	Homogéneo	Homogéneo
11050	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	No homogéneo	Homogéneo
11131	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	No homogéneo	Homogéneo
14054	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Error de independencia	Homogéneo	Homogéneo
14084	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	Homogéneo	Homogéneo
14179	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	Homogéneo	No homogéneo
14392	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	No homogéneo	Homogéneo
24100	Homogéneo	Homogéneo	No existe error de tendencia	Independiente	Homogéneo	Homogéneo

5.6. Creación de la estación ficticia equivalente

Para obtener una serie de datos de precipitación máxima diaria y acumulada representativa de la climatología de la cuenca se utilizó la técnica de la estación ficticia equivalente; asignado el peso de cada estación en función al área de influencia de cada una obtenida por medio de los polígonos de Thiessen.

Lámina 49 Polígonos de Thiessen

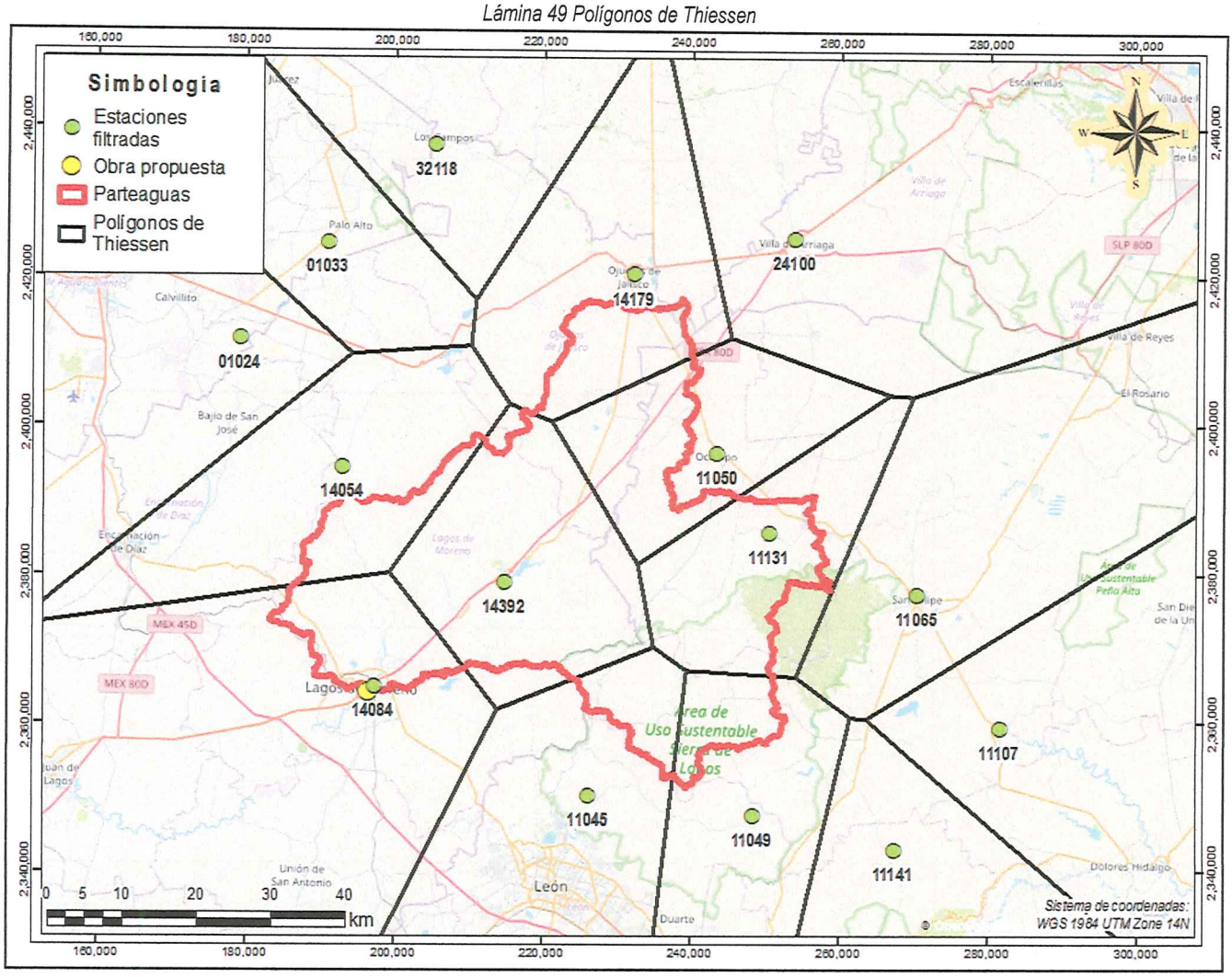


Tabla 56 Estaciones principales

Clave	Nombre	Situación	Primer registro	Último registro	Años con datos	Porcentaje de llenado	Distancia euclidiana al centroide (km)	Área de influencia (km²)	Porcentaje de influencia (%)
11045	Media Luna	Operando	01/05/1947	31/05/2020	73	95.98	33.46	141.61	5.88
11049	Nuevo Valle Moreno	Operando	01/06/1962	29/02/2020	59	96.57	43.31	139.11	5.78
11050	Ocampo	Operando	15/08/1924	30/11/2024	97	93.6	22.81	313.91	13.04
11131	Las Trojes	Operando	01/09/1977	31/12/2019	41	88.94	26.26	414.22	17.21
14054	El Puesto	Operando	02/09/1965	31/07/2023	57	89.02	33.19	168.04	6.98
14084	Lagos de Moreno (DGE)	Operando	01/01/1942	13/02/2025	84	96.28	33.04	249.94	10.38
14179	Ojuelos de Jalisco (DGE)	Operando	01/01/1986	28/02/2022	36	89.3	37.49	198.65	8.25
14392	Paso del Cuarenta II	Operando	01/05/1990	28/11/2024	32	83.29	10.69	781.85	32.48

Con la información de las estaciones climatológicas listadas en la tabla 56 se construirá una estación ficticia equivalente, de acuerdo con las áreas de influencia de cada una de ellas sobre la cuenca en estudio. La estación ficticia se creará con un periodo de datos de enero 1977 a diciembre 2024.

El reporte desglosado del cálculo de cada dato diario se encuentra en el anexo digital D. En las tablas siguientes se plasman los datos mensuales y anuales de precipitación que se obtuvieron como resultado del proceso.

Tabla 57 Datos de precipitación máxima de la estación ficticia

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
1977	2.43	0.00	0.04	3.60	8.50	28.88	29.77	36.04	23.79	25.29	9.87	6.46	36.04
1978	0.69	5.32	3.18	2.69	22.02	20.86	32.80	43.56	31.16	17.41	8.43	1.86	43.56
1979	0.66	11.36	0.12	0.33	4.83	28.00	23.62	26.63	21.75	0.00	4.55	27.61	28.00
1980	22.60	16.72	0.01	6.98	10.00	15.58	38.32	31.37	15.21	12.19	19.24	8.14	38.32
1981	22.48	10.21	4.85	15.94	15.97	28.13	31.13	30.28	13.45	29.04	2.49	8.24	31.13
1982	0.02	7.00	0.43	10.26	16.96	6.66	35.81	16.26	12.32	23.06	24.44	13.77	35.81
1983	9.26	0.60	0.30	0.00	12.97	19.19	35.56	26.92	22.25	18.24	15.92	2.13	35.56
1984	9.08	6.88	0.13	0.01	16.49	22.27	51.44	25.67	12.08	19.06	4.72	6.84	51.44
1985	1.47	1.13	1.42	10.01	19.61	30.32	32.07	33.06	17.74	18.90	4.96	3.58	33.06
1986	0.00	4.88	0.05	2.89	13.48	36.47	21.23	18.64	29.94	22.87	15.65	0.00	36.47
1987	8.72	4.81	0.34	18.88	11.58	19.13	31.86	24.80	36.02	0.62	3.81	0.17	36.02
1988	8.49	0.28	19.97	6.25	3.00	23.85	50.44	51.01	10.80	5.14	0.60	2.95	51.01
1989	0.11	2.29	0.00	2.72	2.69	18.96	21.21	41.30	17.36	9.81	6.43	13.91	41.30
1990	4.95	9.53	1.87	1.43	17.21	20.01	28.13	35.14	20.23	27.50	0.76	0.00	35.14
1991	0.67	4.54	0.00	0.00	1.09	23.75	45.46	21.79	27.06	5.43	2.52	15.09	45.46
1992	39.62	9.04	6.36	9.41	25.37	28.80	29.46	15.64	22.90	21.13	18.42	7.60	39.62
1993	10.51	0.17	1.70	2.66	5.16	30.63	28.48	23.07	24.84	7.72	11.11	0.00	30.63
1994	5.97	0.00	2.06	11.88	9.90	48.96	14.96	21.07	35.66	17.36	0.44	1.04	48.96
1995	1.35	3.82	0.08	1.06	15.74	20.56	34.57	33.72	47.78	2.56	1.87	10.90	47.78
1996	0.39	0.00	0.01	3.13	3.37	17.80	28.52	28.02	27.09	23.06	0.44	0.00	28.52
1997	6.07	4.98	16.78	19.56	11.08	24.82	28.82	21.53	15.41	17.63	4.88	0.07	28.82
1998	0.00	3.29	0.33	0.00	0.59	33.98	14.95	38.31	29.58	34.76	1.20	0.00	38.31
1999	0.00	0.00	2.47	0.94	5.12	20.61	24.91	16.18	21.21	2.32	0.00	1.37	24.91
2000	0.01	0.00	0.00	0.26	27.35	23.80	17.65	21.65	23.47	9.34	1.17	9.40	27.35
2001	0.49	2.12	6.56	12.74	12.82	23.73	31.19	60.45	22.92	10.43	7.07	6.46	60.45
2002	37.39	11.79	0.14	3.67	8.76	22.76	37.14	38.48	35.35	22.59	22.55	1.30	38.48
2003	5.30	2.42	0.00	2.14	12.27	37.74	46.08	35.90	48.84	33.30	0.91	0.00	48.84
2004	12.21	3.42	18.27	0.29	15.29	40.10	32.77	25.86	40.51	7.09	3.60	8.18	40.51
2005	0.60	24.68	16.73	0.27	5.77	5.99	46.66	28.70	17.63	7.10	2.20	0.05	46.66
2006	10.71	0.07	0.89	23.44	21.87	8.01	44.36	47.81	29.65	14.73	14.54	6.33	47.81
2007	9.02	13.06	4.24	8.75	14.78	33.51	39.00	13.94	24.45	11.53	4.87	0.32	39.00
2008	0.66	1.04	0.00	6.53	6.23	28.42	39.96	46.55	33.97	3.55	0.00	0.65	46.55
2009	2.03	0.00	5.44	5.21	9.63	42.97	29.89	23.71	49.34	33.36	2.45	6.53	49.34
2010	16.66	62.44	0.05	0.48	15.06	15.29	42.96	22.18	29.32	0.26	0.00	0.00	62.44
2011	5.69	0.00	0.25	3.04	1.68	23.48	29.90	19.88	45.93	19.44	0.05	0.06	45.93
2012	2.50	30.86	0.12	1.98	8.09	21.86	43.37	23.03	33.72	7.55	4.81	7.05	43.37
2013	16.48	2.05	0.62	0.00	14.11	25.65	40.37	28.30	51.56	16.34	15.19	35.68	51.56
2014	9.30	0.00	1.31	3.40	31.67	31.83	40.14	18.37	32.84	27.58	11.90	8.11	40.14
2015	3.77	7.92	39.22	27.29	35.72	50.83	31.38	24.21	39.69	20.79	1.27	14.24	50.83
2016	5.56	8.25	19.79	3.69	9.95	25.61	37.25	50.68	36.49	13.38	16.33	1.31	50.68
2017	0.27	0.63	7.30	3.42	8.98	31.51	28.95	31.14	27.78	6.40	0.96	1.40	31.51
2018	8.67	11.65	0.29	8.24	28.81	42.45	21.34	33.01	55.02	28.31	42.40	0.66	55.02
2019	12.05	0.08	0.07	0.12	4.72	25.63	32.35	28.72	23.03	24.08	13.21	8.49	32.35
2020	2.73	14.22	7.35	5.99	4.56	21.28	31.87	28.71	19.69	0.50	0.88	5.17	31.87
2021	3.88	0.00	0.00	1.44	17.33	27.76	24.05	31.16	30.97	17.50	6.80	4.29	31.16
2022	0.09	0.72	0.02	5.38	1.07	13.10	14.44	38.13	18.53	16.23	6.19	1.37	38.13
2023	0.03	0.00	1.32	2.65	3.53	6.91	13.70	19.41	12.69	23.69	26.37	13.03	26.37

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
2024	0.50	7.71	0.75	0.04	5.20	29.70	51.38	16.66	26.71	12.75	0.14		51.38
Media	6.71	6.50	4.03	5.44	12.04	25.59	32.53	29.51	28.04	15.60	7.68	5.78	40.70
Mín.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.59	5.99	13.70	13.94	10.80	0.00	0.00	0.00	24.91
Máx.	39.62	62.44	39.22	27.29	35.72	50.83	51.44	60.45	55.02	34.76	42.40	35.68	62.44
Desv. Est.	8.87	10.55	7.64	6.47	8.37	9.99	9.78	10.46	11.22	9.58	8.84	7.22	9.22
Asimetría	2.22	3.64	2.84	1.75	0.90	0.33	-0.01	0.89	0.63	0.09	1.78	2.23	0.29

6. Ajuste de funciones de distribución y obtención de precipitación máxima 24 horas

6.1. Aplicación de las funciones de distribución y evaluación de la bondad de ajuste

En este apartado se realizaron los cálculos con ayuda del programa *Ax+B*, que es un software desarrollado para analizar los datos históricos y ajustarlos a una distribución de probabilidad. El ajuste se realizó a los datos máximos anuales de la *estación ficticia*.

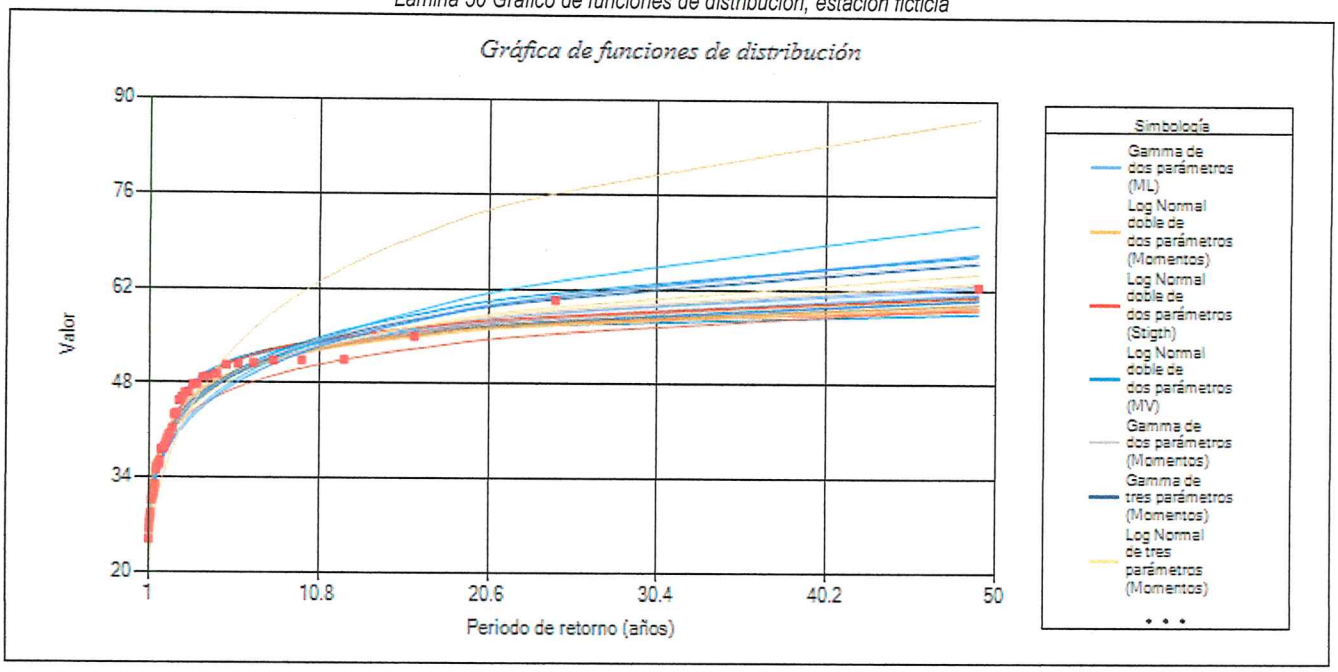
En la tabla 58 se presenta la caratula de resultados con la función de distribución de mejor ajuste y en la tabla 61 se muestran los parámetros de cálculo del mejor ajuste.

Para la bondad de ajuste se evaluó el E.E.A. (Error Estándar de Ajuste), encontrando que la función que presenta un mejor ajuste a los datos de la serie es Gamma de dos parámetros por momentos.

Tabla 58 Evaluación de la bondad de ajuste para las funciones de distribución aplicadas a la serie de datos máximos de la estación ficticia

Función	EEA
Gamma de dos parámetros (ML)	1.268
Log Normal doble de dos parámetros (Momentos)	1.290
Log Normal doble de dos parámetros (Stigth)	1.293
Log Normal doble de dos parámetros (MV)	1.307
Gamma de dos parámetros (Momentos)	1.337
Gamma de tres parámetros (Momentos)	1.348
Log Normal de tres parámetros (Momentos)	1.364
Gumbel doble (Momentos)	1.377
Gamma de dos parámetros (MV)	1.381
Log Normal de tres parámetros (MV)	1.413
Log Normal de dos parámetros (MV)	1.417
Gamma de tres parámetros (MV)	1.426
Log Normal de dos parámetros (Stigth)	1.454
Normal (ML)	1.456
Log Normal de dos parámetros (Momentos)	1.458
Frechet doble (Momentos)	1.488
Normal (Momentos/MV)	1.499
Gumbel doble (MC)	1.583
Gumbel (MV)	1.745
Gumbel (ME)	1.745
Gumbel (ML)	1.747
Gumbel (Momentos)	1.863
Frechet (Momentos)	2.810
Gumbel (MC)	3.069
Exponencial de dos parámetros (Momentos)	3.138
Exponencial de dos parámetros por (MV)	6.459

Lámina 50 Gráfico de funciones de distribución, estación ficticia



La función de distribución que mejor ajusta es *Gamma de dos parámetros por momentos,* con los valores mostrados en la tabla 59.

Lámina 51 Gráfica de la función con mejor ajuste (Gamma de dos parámetros por momentos) para la estación ficticia

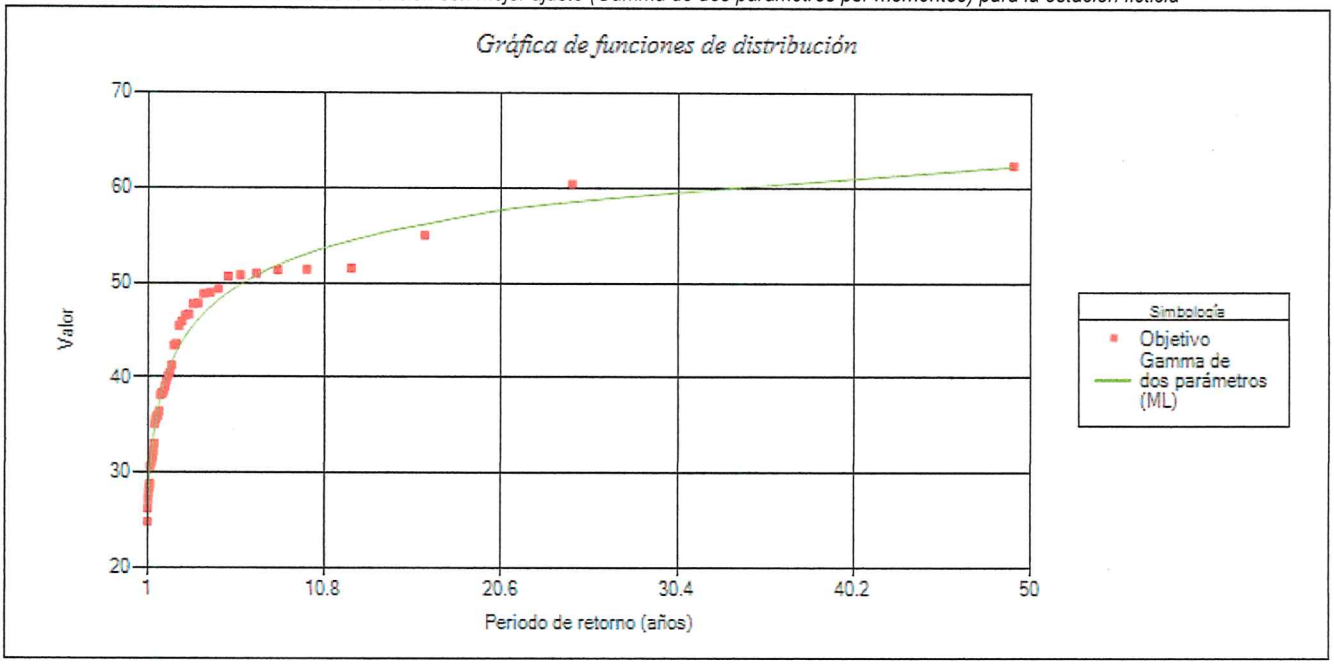


Tabla 59 Parámetros de la función de distribución Gamma de dos parámetros por momentos

Alfa 1	Beta 1
2.203758216	18.4684507

Tabla 60 Propiedades estadísticas de la serie de máximos anuales de la estación ficticia

Media	Desviación	Asimetría	Kurtosis
40.7000	9.2220	0.2869	2.5184

Tabla 61 Cálculo de la función Gamma de dos parámetros por momentos para la estación ficticia

Periodo de retorno (años)	Precipitación medida (mm)	Precipitación estimada (mm)	Error cuadrático	Probabilidad real	Probabilidad teórica
49.0000	62.4400	62.3346	0.0111	0.0204	0.0198
24.5000	60.4500	58.5762	3.5110	0.0408	0.0288
16.3333	55.0200	56.2268	1.4563	0.0612	0.0754
12.2500	51.5600	54.4733	8.4871	0.0816	0.1290
9.8000	51.4400	53.0534	2.6032	0.1020	0.1313
8.1667	51.3800	51.8480	0.2190	0.1224	0.1311
7.0000	51.0100	50.7922	0.0475	0.1429	0.1384
6.1250	50.8300	49.8467	0.9668	0.1633	0.1434
5.4444	50.6800	48.9861	2.8694	0.1837	0.1466
4.9000	49.3400	48.1924	1.3170	0.2041	0.1767
4.4545	48.9600	47.4529	2.2712	0.2245	0.1860
4.0833	48.8400	46.7581	4.3343	0.2449	0.1890
3.7692	47.8100	46.1005	2.9224	0.2653	0.2164
3.5000	47.7800	45.4743	5.3163	0.2857	0.2172
3.2667	46.6600	44.8749	3.1868	0.3061	0.2480
3.0625	46.5500	44.2983	5.0701	0.3265	0.2514
2.8824	45.9300	43.7415	4.7896	0.3469	0.2709
2.7222	45.4600	43.2017	5.1001	0.3673	0.2883
2.5789	43.5600	42.6765	0.7806	0.3878	0.3537
2.4500	43.3700	42.1640	1.4545	0.4082	0.3609
2.3333	41.3000	41.6623	0.1312	0.4286	0.4430
2.2273	40.5100	41.1698	0.4354	0.4490	0.4759
2.1304	40.1400	40.6852	0.2972	0.4694	0.4915
2.0417	39.6200	40.2070	0.3445	0.4898	0.5160
1.9600	39.0000	39.7336	0.5382	0.5102	0.5403
1.8846	38.4800	39.2629	0.6129	0.5306	0.5628
1.8148	38.3200	38.7934	0.2241	0.5510	0.5719
1.7500	38.3100	38.3238	0.0002	0.5714	0.5701
1.6897	38.1300	37.8532	0.0766	0.5918	0.5800
1.6333	36.4700	37.3801	0.8283	0.6122	0.6508
1.5806	36.0400	36.9033	0.7453	0.6327	0.6668
1.5312	36.0200	36.4215	0.1612	0.6531	0.6676
1.4848	35.8100	35.9329	0.0151	0.6735	0.6763
1.4412	35.5600	35.4359	0.0154	0.6939	0.6885
1.4000	35.1400	34.9285	0.0447	0.7143	0.7055
1.3611	33.0600	34.4083	1.8179	0.7347	0.7844
1.3243	32.3500	33.8726	2.3182	0.7551	0.8089
1.2895	31.8700	33.3179	2.0964	0.7755	0.8233
1.2564	31.5100	32.7401	1.5132	0.7959	0.8347
1.2250	31.1600	32.1339	0.9485	0.8163	0.8454
1.1951	31.1300	31.4922	0.1312	0.8367	0.8476
1.1667	30.6300	30.8055	0.0308	0.8571	0.8609
1.1395	28.8200	30.0603	1.5383	0.8776	0.9066
1.1136	28.5200	29.2362	0.5129	0.8980	0.9140
1.0889	28.0000	28.3004	0.0902	0.9184	0.9237
1.0652	27.3500	27.1939	0.0244	0.9388	0.9357
1.0426	26.3700	25.7908	0.3355	0.9592	0.9517
1.0208	24.9100	23.7187	1.4192	0.9796	0.9691

6.2. Precipitación máxima diaria asociada a diferentes periodos de retorno

Una vez identificado el mejor ajuste se extrapolaron los datos para obtener las láminas de lluvia diaria asociadas a cada periodo de retorno.

Tabla 62 Datos extrapolados para cada periodo de retorno, estación ficticia

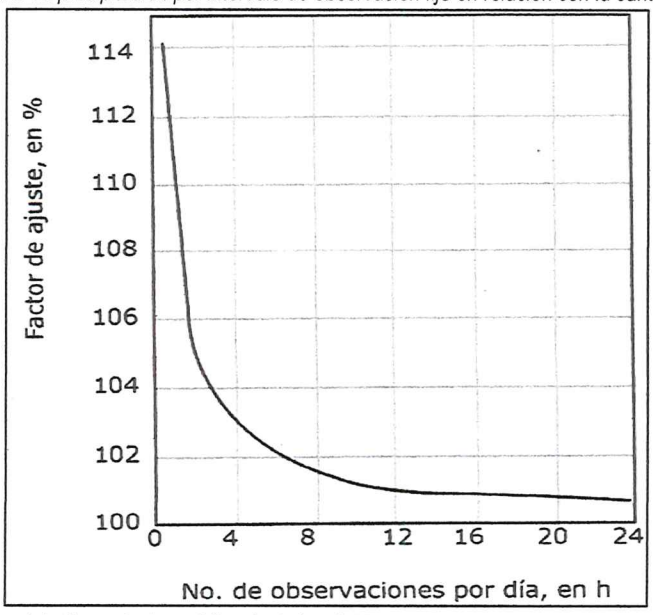
Periodo de retorno (años)	Precipitación máxima (mm)
5	48.35
10	53.18
20	57.42
25	58.69
50	62.44
100	65.95
250	70.30
500	73.43
1,000	76.45
2,000	79.38
5,000	83.13
10,000	85.89

6.3. Corrección por intervalo de observación fijo

Para transformar las precipitaciones máximas diarias, registradas por el pluviómetro, a precipitaciones máximas con duración de 24 horas, L. L. Weiss con base en un estudio de cientos de estaciones con varios años de registros de lluvia, encontró que los resultados de un análisis de frecuencias realizado con lluvias máximas anuales, tratadas en un único fijo intervalo de observación, para cualquier duración comprendida entre 1 y 24 horas, al ser multiplicado por 1.13 daban valores más aproximados a los obtenidos en los análisis basados en lluvias máximas verdaderas, por lo que para obtener una serie de lluvias con duración de 24 horas, se deben multiplicar las alturas de la serie de lluvias diarias por un factor de corrección igual a 1.13. A la lluvia corregida por este factor le denominaremos precipitación máxima en 24 horas.

En la tabla 63 se muestran las alturas de lluvia máxima asociadas a una duración de 24 horas para diferentes periodos de retorno.

Lámina 52 Ajuste de la magnitud de precipitación por intervalo de observación fijo en relación con la cantidad de observaciones por día



Fuente: Manual de diseño de obras civiles, Capítulo A.1.7 Tormentas de diseño, CFE, 2017. Extraído de SRH 1978.

Tabla 63 Resultados de la corrección por intervalo de observación

Periodo de retorno (años)	Precipitación máxima diaria (mm)	Precipitación máxima 24H (mm)
5	48.35	54.63
10	53.18	60.10
20	57.42	64.88
25	58.69	66.32
50	62.44	70.56
100	65.95	74.52
250	70.30	79.44
500	73.43	82.98
1,000	76.45	86.39
2,000	79.38	89.70
5,000	83.13	93.94
10,000	85.89	97.05

7. Cociente de precipitación máxima acumulada en 24 horas y la precipitación máxima acumulada en 1 hora

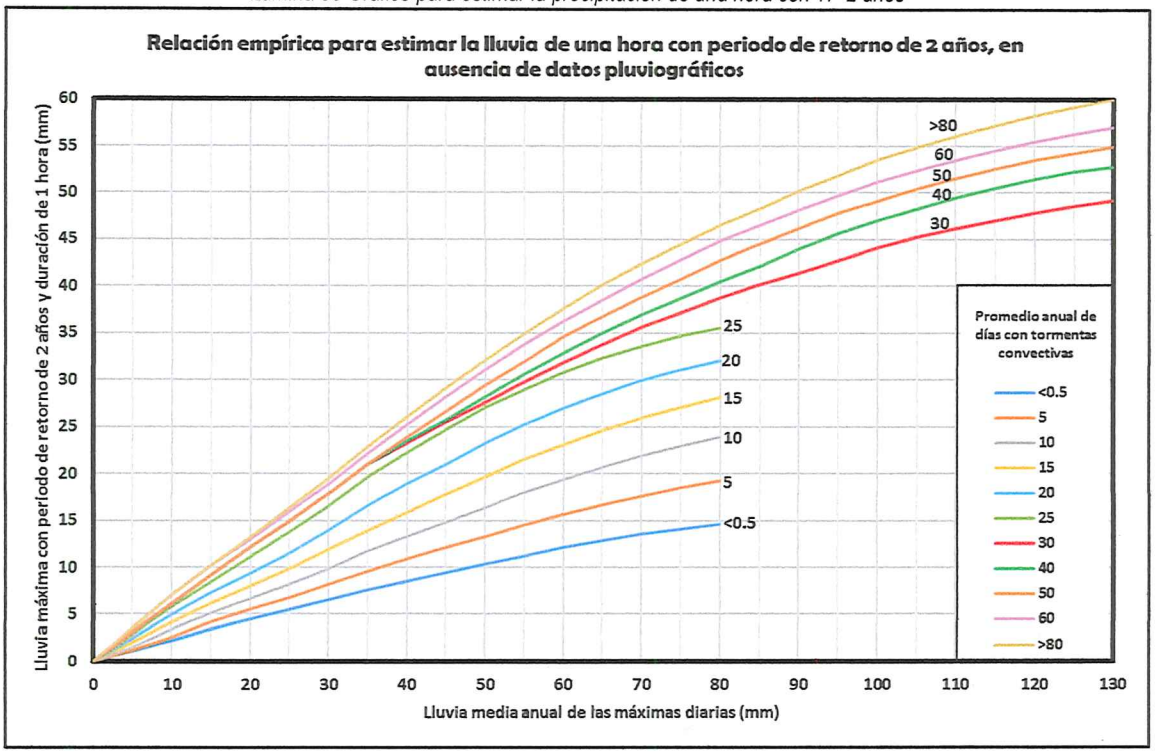
Para estimar los escurrimientos se requiere conocer la intensidad de la precipitación asociada a una duración de tormenta, por lo que se procedió a transformar la precipitación máxima con d=24 horas, en registros de corta duración. Para ello es necesario definir un cociente R para la cuenca, cociente que se define como la relación entre la precipitación de 1 hora y la precipitación 24 horas, ambas para el mismo periodo de retorno. Se desarrolla a continuación el procedimiento de determinación del cociente R, así como su uso para la determinación de la precipitación horaria.

1) Se determina para la estación ficticia, la precipitación para una duración de 1 hora y un periodo de retorno de 2 años, $P_{d=1hora}^{Tr=2años}$

Este valor es posible obtenerlo a partir de la gráfica de la lámina 53, en donde se ingresa con la lluvia media máxima anual registrada en la estación mencionada y el máximo número de días con lluvias mayores de 1 mm en dicha estación.

El número medio anual de días con precipitación mayor a 1 mm, para la estación ficticia, es de *52* y la precipitación media anual de las máximas diarias, para dicha estación, es de *40.70 mm.* Con ambos valores se ingresa a la gráfica y se obtiene la precipitación máxima para una duración de 1 hora y un periodo de retorno de dos años, la que resulta ser de *26.87 mm.*

Lámina 53 Gráfico para estimar la precipitación de una hora con Tr=2 años



2) A continuación, se calcula el cociente R para la cuenca, $R = \frac{P_{d=1hora}^{Tr=2años}}{P_{d=24horas}^{Tr=2años}}$ donde $P_{d=24horas}^{Tr=2años}$, es la precipitación de 24 horas para un periodo de retorno de dos años, determinado para la cuenca. La $P_{d=1hora}^{Tr=2años}$, es la precipitación de 1 hora para un periodo de retorno de dos años, determinado para la estación ficticia.

3) Finalmente se estima la precipitación para una duración d=1 hora, para los diferentes periodos de retorno propuestos.

Sustituyendo valores se obtiene R= 0.5950.

Con el fin de verificar la magnitud del coeficiente R en la República Mexicana, Daniel Campos Aranda, recabo información de 33 estaciones pluviométricas y a partir de los valores encontrados para R formuló las siguientes recomendaciones:

- Un valor promedio de R de 0.479, con valores entremos de 0.646 y 0.204
- En las regiones áridas y semiáridas R varía de 0.40 a 0.60 y en las zonas húmedas de 0.30 a 0.40
- A mayor altitud, R es más grande y viceversa.

Finalmente se estima la precipitación para una duración d=1 hora, para los diferentes periodos de retorno propuestos (tabla 64)

Tabla 64 Precipitaciones máximas con duración de 24 y 1 hora

Periodo de retorno (años)	Precipitación máxima diaria (mm)	Precipitación máxima 24 H (mm)	Precipitación máxima 1 H (mm)
5	48.35	54.63	32.51
10	53.18	60.10	35.76
20	57.42	64.88	38.60
25	58.69	66.32	39.46
50	62.44	70.56	41.98
100	65.95	74.52	44.34
250	70.30	79.44	47.27
500	73.43	82.98	49.37
1000	76.45	86.39	51.40
2000	79.38	89.70	53.37
5000	83.13	93.94	55.89
10000	85.89	97.05	57.75

8. Estimación de curvas Intensidad-Duración-Periodo de retorno (I-D-Tr)

Una vez conocida la precipitación diaria, el método más utilizado para la construcción del hietograma de precipitación, es el que se basa en las curvas intensidad–duración–periodo de retorno.

Se denominan curvas intensidad–duración–periodo de retorno (I-D-Tr), las que resultan de representar gráficamente, para un periodo de retorno determinado, los valores de la intensidad de lluvia para diferentes duraciones de la misma. A través de un procedimiento de correlación lineal múltiple se pueden representar por una función algebraica.

El modelo utilizado es el de Cheng, ajustado a partir de los datos mostrados en el apartado anterior

$$i_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10}\log\left(10^{2-F}Tr^{F-1}\right)}{(t+b)^c}$$

$$i_t^{Tr} = \frac{aP_1^{10}\log\left(10^{2-F}Tr^{F-1}\right)}{(t+b)^c}$$

$$R = \frac{P_1^{10}}{P_{24}^{10}} \qquad F = \frac{P_{24}^{100}}{P_{24}^{10}}$$

$$a = 21.03453 - 186.4683 * R + 825.4915 * R^2 - 1084.846 * R^3 + 524.06 * R^4$$

$$b = 3.487775 - 68.13976 * R + 389.4625 * R^2 - 612.4041 * R^3 + 315.8721 * R^4$$

$$c = 0.2677553 + 0.9481759 * R + 2.109415 * R^2 - 4.827012 * R^3 + 2.459584 * R^4$$

Lámina 54 Valores de los parámetros a, b y c en función del cociente lluvia-duración

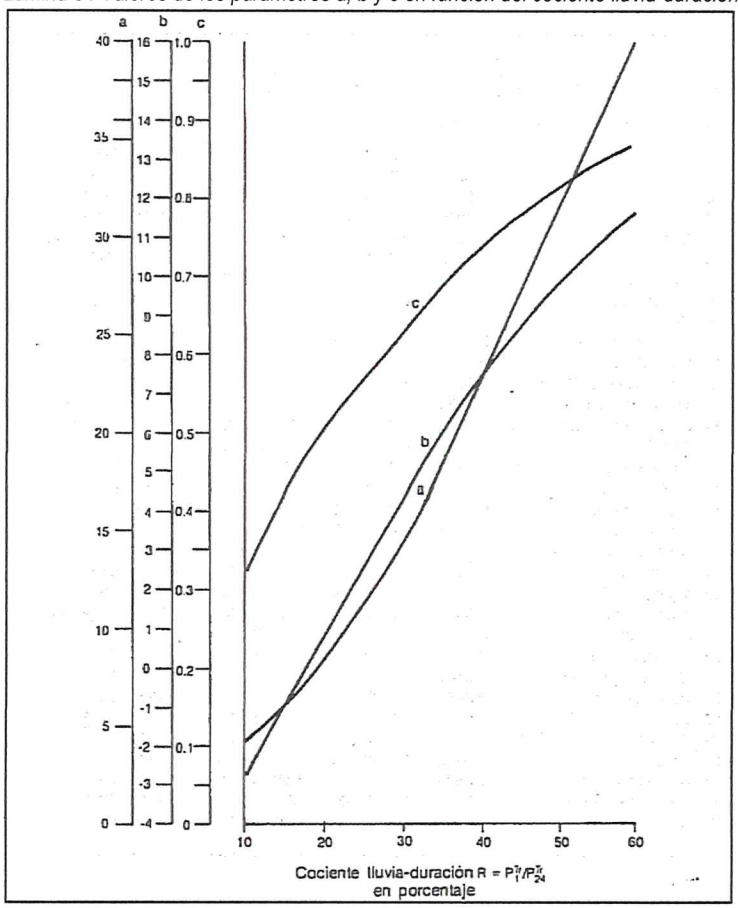


Tabla 65 Parámetros del modelo de curvas I-D-Tr

Parámetros del modelo de Cheng-Lung-Cheng					
a	*b*	*c*	*R*	*F*	$P_{1\text{-}10}$
39.49678355651	11.39514578565	0.87019211052	0.59501331148	1.23965714842	35.46

Lámina 55 Curvas I-D-Tr estimadas para la cuenca del río Lagos

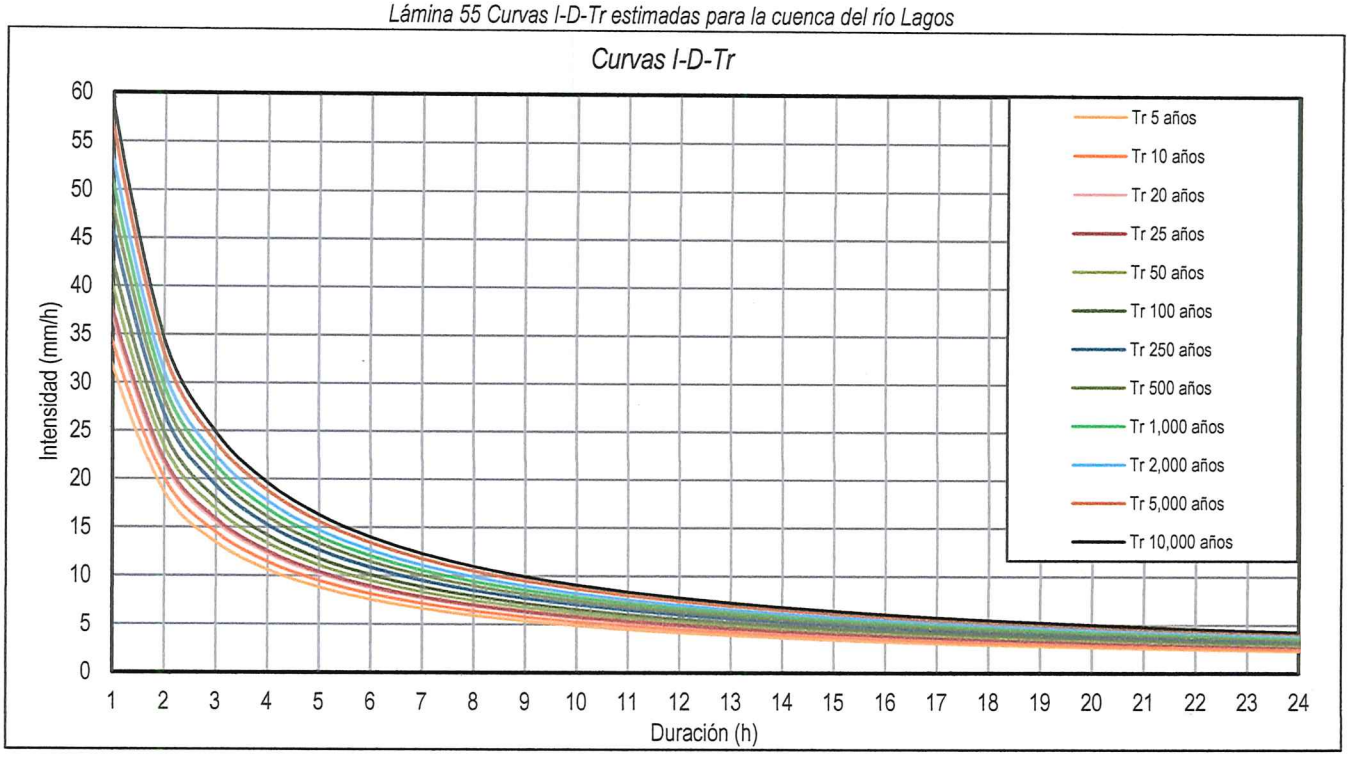


Lámina 56 Curvas I-D-Tr (mm/h)

Periodo de retorno (años)	Duración (minutos)						
	30	60	120	240	480	960	1440
5	50.90	31.68	18.63	10.59	5.91	3.27	2.30
10	54.86	34.14	20.08	11.42	6.37	3.52	2.48
20	58.82	36.60	21.53	12.24	6.83	3.78	2.66
25	60.09	37.39	21.99	12.50	6.98	3.86	2.72
50	64.05	39.86	23.44	13.33	7.44	4.11	2.90
100	68.00	42.32	24.89	14.15	7.90	4.37	3.08
250	73.24	45.58	26.80	15.24	8.51	4.70	3.31
500	77.19	48.04	28.25	16.06	8.97	4.95	3.49
1,000	81.15	50.50	29.70	16.89	9.43	5.21	3.67
2,000	85.11	52.96	31.15	17.71	9.88	5.46	3.85
5,000	90.34	56.22	33.07	18.80	10.49	5.80	4.09
10,000	94.30	58.68	34.51	19.62	10.95	6.05	4.27

9. Gasto máximo probable

9.1. Periodo de retorno de diseño

"El gasto teórico de diseño (QTDI), que hidrológicamente es el máximo que ha de esperarse durante la etapa de operación del puente por proyectar, se calculará para el periodo de retorno que se determine considerando el tipo, la vida útil y el costo de la estructura, el costo de sus posibles reparaciones y el riesgo que se puede aceptar de que la obra falle, así como las consecuencias de su colapso" (SCT, norma N·PRY·CAR·1·06·004/18).

La Comisión Nacional del Agua, a través de la Subdirección Técnica dio a conocer la norma para el proyecto de obras hidráulicas mediante el memorándum No. B00.7.-616 (CONAGUA, 2017), que define los periodos de diseño para las diferentes obras hidráulicas del país.

De esta manera que para el caso de Puentes carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el SIATL en caminos que comunican a poblados de entre 100,000 y 500,000 habitantes es de **50 a 100 años**, lo cual se muestra en la tabla 66.

Tabla 66 Periodos de retorno de diseño (GASIR, 2017)

Tipo de obra hidráulica		
2	**Estructuras de cruce en cauce o zona federal, se refiere a las crecientes de diseño**	**Periodo de retorno (años)**
2.1	Alcantarillas para el paso de corrientes no visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL)	
	En caminos locales que comunican poblados de menos de 100 000 habitantes	10-25
	En caminos regionales que comunican poblados de más de 100 000 habitantes y hasta 500 000 habitantes	25-50
	En caminos primarios que comunican poblados de más de 500 000 habitantes	50.100
2.2	*Puentes carreteros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas*	
	En caminos locales que comunican poblados de menos de 100 000 habitantes	25-50
	En caminos regionales que comunican poblados de más de 100 000 habitantes y hasta 500 000 habitantes	50-100
	En caminos primarios que comunican poblados de más de 500 000 habitantes	500-1 000
2.3	Puentes ferrocarrileros para el paso de corrientes visualizadas en el simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas (SIATL)	
	En vías locales aisladas (desvíos)	50-100
	En vías secundarias regionales	100-500
	En vías primarias del país	500-1 000
	Cualquier tipo de vía localizada en una llanura de inundación en altiplanos o depresiones	100-500
	Cualquier tipo de vía localizada en una llanura de inundación costera	500-1 000

En función al cuadro a la obra le corresponde un periodo de retorno de 50 años. Adicionalmente realizaran simulaciones para diferentes periodos de retorno, realizando predicciones de la avenida de diseño para periodos de retorno de 10, 20, 25, 100, 250, 1000, 2500, 5000 y 10 000 años, a los cuales les corresponden diferentes riesgos de falla, considerando la vida útil de la obra.

No obstante, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en la norma N·PRY·CAR·1·06·004/18 establece sus propios lineamientos para la elección del periodo de retorno de diseño en Puentes carreteros según el claro del puente y la clasificación de la vía de comunicación donde se ubique la estructura.

Lámina 57 Criterios de elección del periodo de retorno (SCT, norma N·PRY·CAR·1·06·004/18)

D.2.1. Para puentes con longitud hasta de cien (100) metros en carreteras tipos "C" y "D", según la clasificación del *Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal*, el periodo de retorno será de cincuenta (50) años.

D.2.2. Para puentes con longitud mayor de cien (100) metros o de cualquier longitud en autopistas y carreteras tipos "ET", "A" y "B", según la clasificación del *Reglamento sobre el Peso, Dimensiones y Capacidad de los Vehículos de Autotransporte que Transitan en los Caminos y Puentes de Jurisdicción Federal*, el periodo de retorno será de cien (100) años.

D.2.3. Si se trata de grandes ríos, que se hayan canalizado para no afectar poblaciones importantes o zonas industriales, el periodo de retorno será el que se haya utilizado en el diseño de la canalización.

D.2.4. Para puentes en zonas con presencia de tormentas tipo ciclónicas en cualquier tipo de carretera, el periodo de retorno será de mil (1 000) años.

En función de la descripción de la norma N·PRY·CAR·1·06·004/18 la elección del periodo de retorno en condiciones actuales (carretera tipo "C" y "D" con una longitud del puente menor a 100 metros) el periodo de retorno de diseño para la estructura es de **50 años** (coincidiendo con el rango recomendado por la Comisión Nacional del Agua).

Finalmente, al efectuar una comparativa entre los periodos de retorno de diseño indicados en el memorándum No. No. B00.7.-616 de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la norma N·PRY·CAR·1·06·004/18 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se definió que el gasto de diseño del puente deberá ser de **50 años** para cumplir con ambos criterios.

9.2. Envolventes de Creager, Lowry y Francou-Rodier

Existen varios autores, entre ellos Creager, Lowry y Francou, que realizaron estudios empíricos sobre la relación que existe entre el área de una cuenca y los gastos máximos presentados en la misma, obteniendo mediante estos estudios una envolvente que relaciona los dos valores estudiados.

Estos estudios se han replicado para la República Mexicana, obtenido un coeficiente para cada zona de la región en estudio.

Fórmula de Creager: $Qmax = 1.303C_c(0.386\ A)^{0.936\ A^{-0.048}}$

Fórmula de Lowry: $Qmax = A * \frac{C_L}{(A+259)^{0.85}}$

Fórmula de Francou-Rodier $Q_{máx} = 10^6 \left[\frac{A}{10^8}\right]^{1-0.1*k}$

Campos et al. (2005) publicaron el texto "Actualización de las envolventes regionales de gastos máximos para la República Mexicana", donde se encuentran los valores de los coeficientes por región hidrológica (); que en el caso de la región 12 Lerma-Santiago-Pacífico dichos coeficientes son: $C_c = 30$ $C_L = 1500$ $k = 4.18$

Tabla 67 Coeficientes de Lowry, Creager y Francou-Rodier

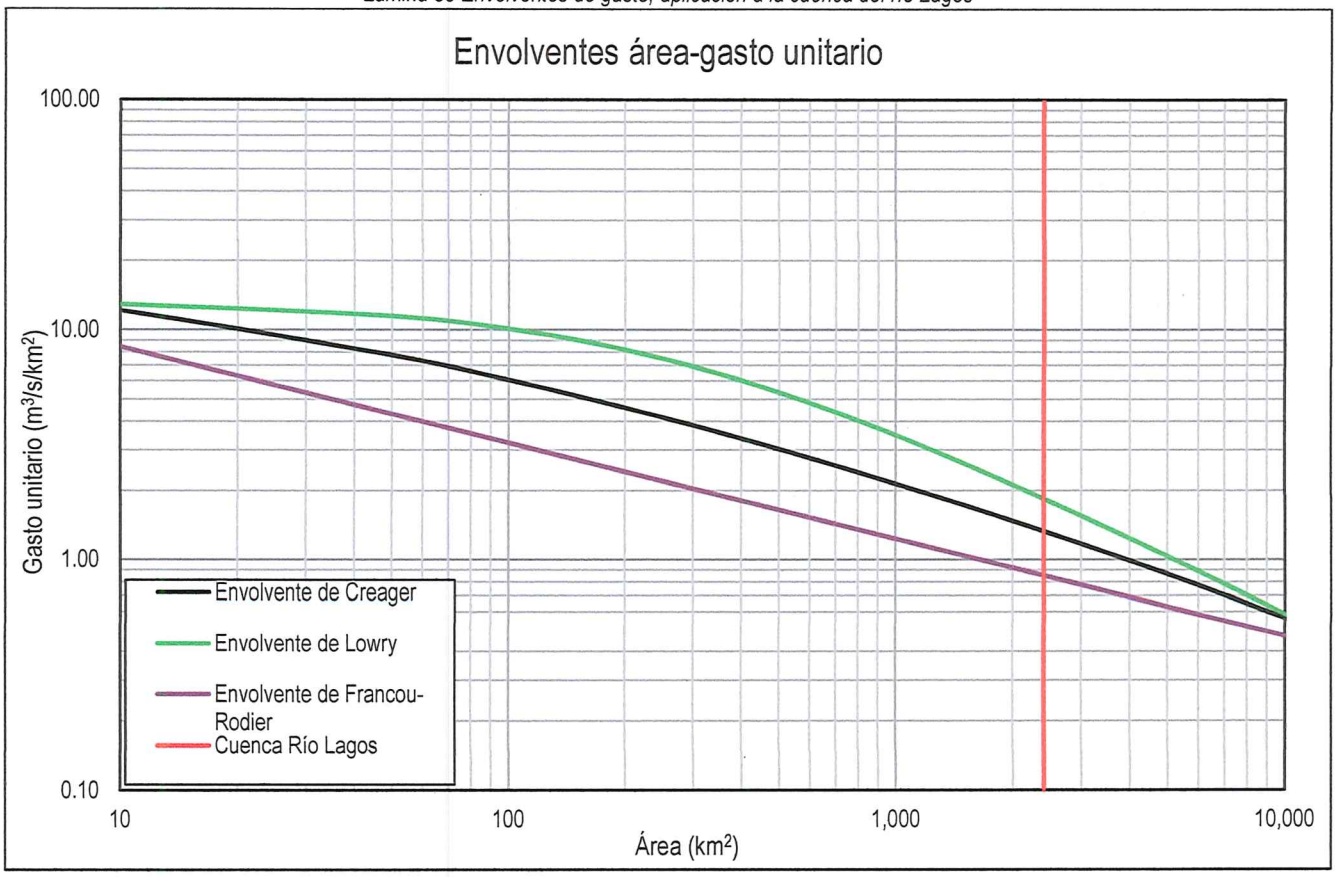
Región hidrológica	Parámetros de las envolventes							
	Matthai		Creager	Lowry	Crippen			Francou-Rodier
	a	β	C_c	C_L	K_1	K_2	K_3	K
1	22	-0.45	15	500	450	1.1	-1.85	3.86
2 a 7	Datos insuficientes							
8	4	−0.24	18	700	400	1.50	−2.60	3.86
9	16	−0.30	35	1,800	220	1.10	−1.43	4.50
10	85	−0.32	130	4,700	728.51	1.39	−1.89	5.93
11	85	−0.38	115	4,500	250	1.30	−1.58	5.82
12	17.5	−0.30	30	1,500	133	1.28	−1.72	4.18
13 a 15	70	−0.41	60	2,300	300	1.16	−1.50	5.52
16	50	−0.32	120	5,300	800	1.42	−2.10	5.76
17	Datos insuficientes							
18	35	−0.32	70	2,400	692.71	1.52	−2.40	5.07
19	140	−0.35	180	5,600	550	1.18	−1.39	6.21
20	45	−0.34	60	2,200	152.52	1.40	−1.77	5.27
21 a 23	50	−0.27	85	2,456	658.92	1.36	−1.98	5.41
24	19.33	−0.23	50	2,000	250	1.12	−1.45	4.86
25	60	−0.32	100	3,000	1,241.79	1.41	−2.22	5.45
26	52	−0.35	75	2,500	200	1.07	−1.10	5.19
27	60	−0.33	70	2,300	200	1.05	−1.10	5.95
28	57.52	−0.32	100	2,600	400	1.15	−1.45	5.38
29	62	−0.47	50	2,200	200	1.13	−1.45	4.73
30	145	−0.28	250	7,200	800	1.31	−1.65	5.59
31 a 35	Datos insuficientes							
36	1.369	−0.15	15	600	130	1.07	-1.45	3.65
37	Datos insuficientes							6.17

Fuente: Actualización de las envolventes regionales de gastos máximos para la república mexicana, Campos et al. (2005).

Tabla 68 Gastos máximos utilizando envolventes regionales

Envolvente de Creager		
Área	2407.32	km^2
C_c	30.00	Adimensional
Gasto unitario	1.33	$m^3/s/km^2$
Gasto máximo	3190.60	m^3/s
Envolvente de Lowry		
Área	2407.32	km^2
C_L	1500.00	Adimensional
Gasto unitario	1.84	$m^3/s/km^2$
Gasto máximo	4421.81	m^3/s
Envolvente de Francou-Rodier		
Área	2407.32	km^2
K	4.18	Adimensional
Gasto unitario	0.85	$m^3/s/km^2$
Gasto máximo	2051.41	m^3/s

Lámina 58 Envolventes de gasto, aplicación a la cuenca del río Lagos



9.3. Ajuste de funciones de distribución a datos hidrométricos de la estación 12454

En el río Lagos se encontraron 3 registros de estaciones hidrométricas en el río Lagos; mismas que se muestran la lámina y tabla siguiente.

Lámina 59 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio

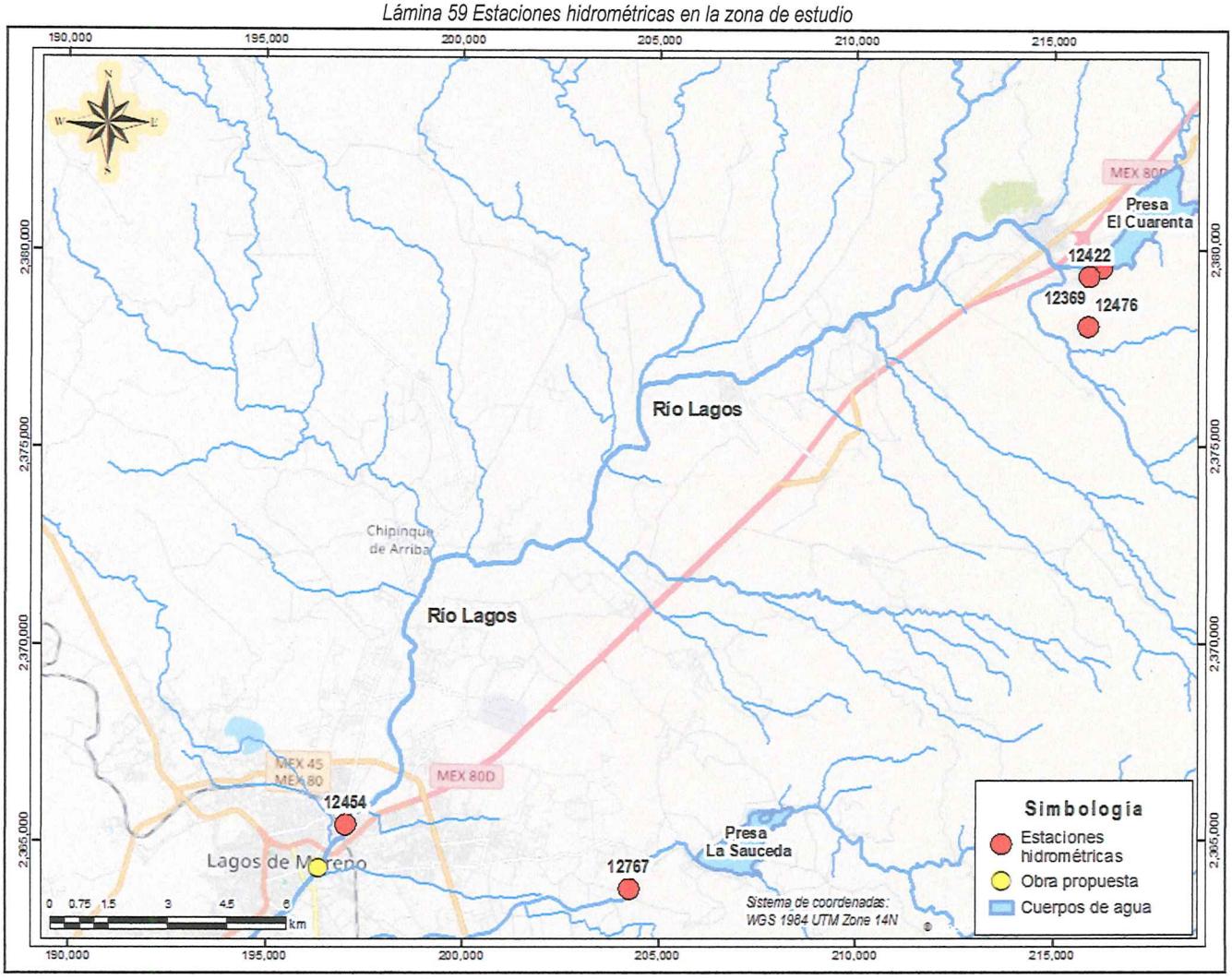
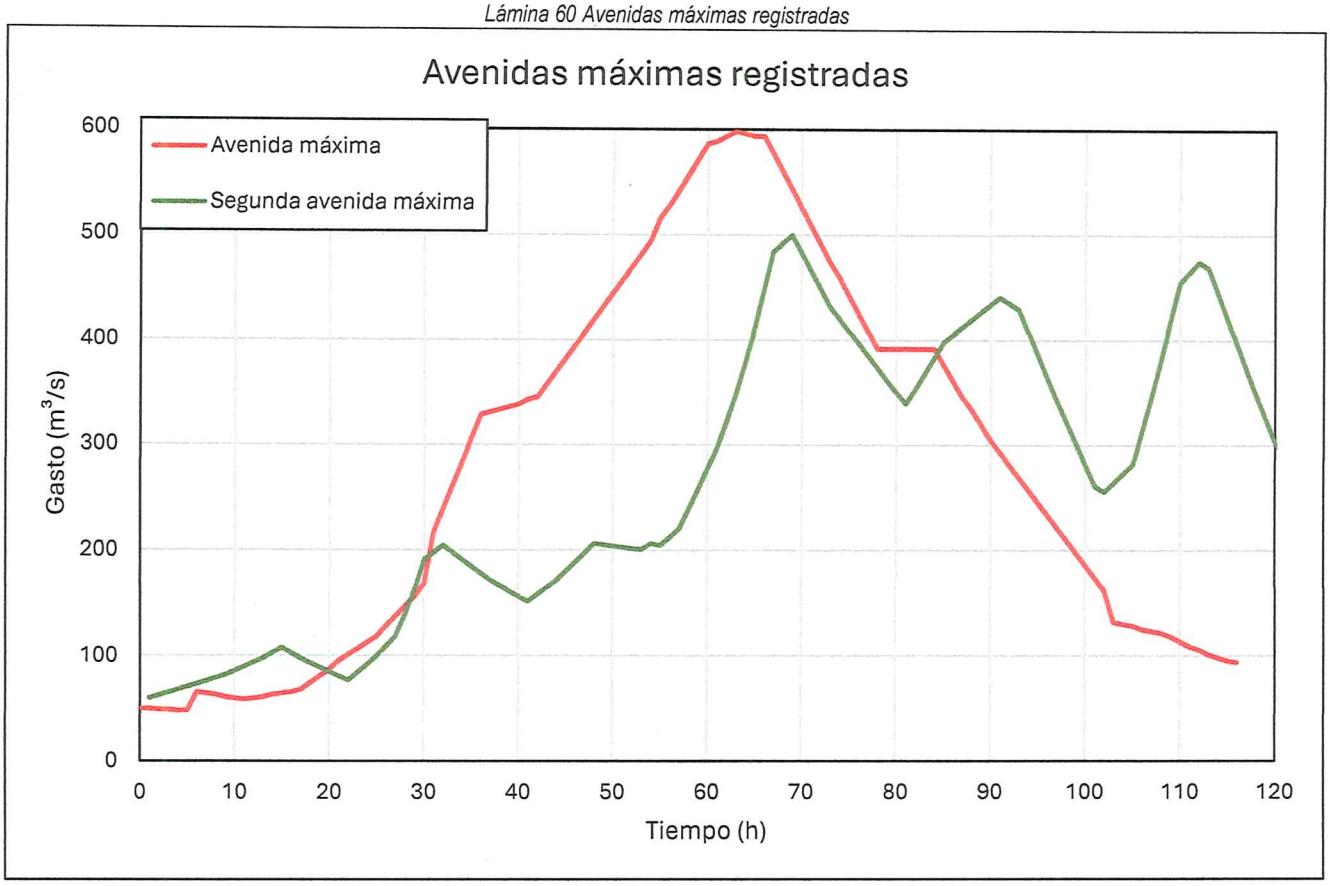


Tabla 69 Estaciones hidrométricas en la zona de estudio

Clave	Nombre	Longitud	Latitud	Área drenada (km²)	Descripción
12454	Lagos	-101.913889	21.362500	2397	Se localiza sobre el cauce del río Lagos, en el puente del ferrocarril México-Ciudad Juárez; a 1.4 km al noroeste de Lagos de Moreno, Jalisco.
12369	Cuarenta	-101.745833	21.484722	1652	Se localizaba sobre el cauce del río Lagos, a 600 m aguas abajo de la cortina de la presa Cuarenta.
12422	Cuarenta II	-101.752778	21.488890	1703	Se localiza sobre el cauce del río Lagos, a 1.6 km aguas abajo de la cortina de la presa Cuarenta; en el puente Guadalajara-San Luis Potosí (km 615+500).

La estación 12454 se localiza a 1 kilómetro del punto destinado para la construcción del puente, cubriendo un 99.5% del área de la cuenca en estudio. Cabe señalar que la estación 12454 se aforo el río Lagos en el periodo de 1950 a 2014, registrando un gasto máximo de 598.44 m³/s el día 28 de septiembre de 2004 a las 15 horas, como segundo registro máximo histórico se tiene un gasto de 500 m³/s en día 11 de julio de 1991 a las 16 horas. En la lámina siguiente se muestran los 2 hidrogramas de las avenidas máximas registradas.

Lámina 60 Avenidas máximas registradas



En el anexo Digital C se encuentra la información de la estación 12454.

Tabla 70 Serie anual de gastos máximos registrados en la estación 12454

Año	Gasto máximo (m³/s)
1950	6.85
1951	23.20
1952	12.20
1953	53.40
1954	8.50
1955	130.00
1956	28.43
1958	183.00
1959	24.00
1961	26.92
1962	33.36
1963	11.15
1964	80.80
1965	115.68
1966	114.38
1967	335.88
1968	10.43
1970	121.30
1971	450.00

Año	Gasto máximo (m³/s)
1972	40.27
1973	472.33
1974	44.56
1975	245.03
1976	424.80
1977	19.55
1978	54.33
1979	10.98
1980	38.84
1981	22.80
1982	27.08
1983	26.71
1984	77.20
1985	44.56
1986	139.20
1987	11.45
1988	327.60
1989	8.16
1990	156.50

Año	Gasto máximo (m³/s)
1991	500.00
1992	300.00
1993	33.35
1994	44.55
1995	49.59
1996	39.15
1998	412.40
2001	49.70
2002	432.83
2003	476.66
2004	598.44
2006	27.54
2007	108.96
2008	491.08
2009	80.23
2013	53.08
2014	58.51

En este apartado se realizaron los cálculos con ayuda del programa Ax+B, desarrollado por Merlos (2017), el cual es un software desarrollado para analizar los datos hidrométricos históricos y ajustarlos a una distribución de probabilidad. En la tabla 71 se muestran los parámetros estadísticos básicos de la serie.

Tabla 71 Parámetros de la serie de datos hidrométricos

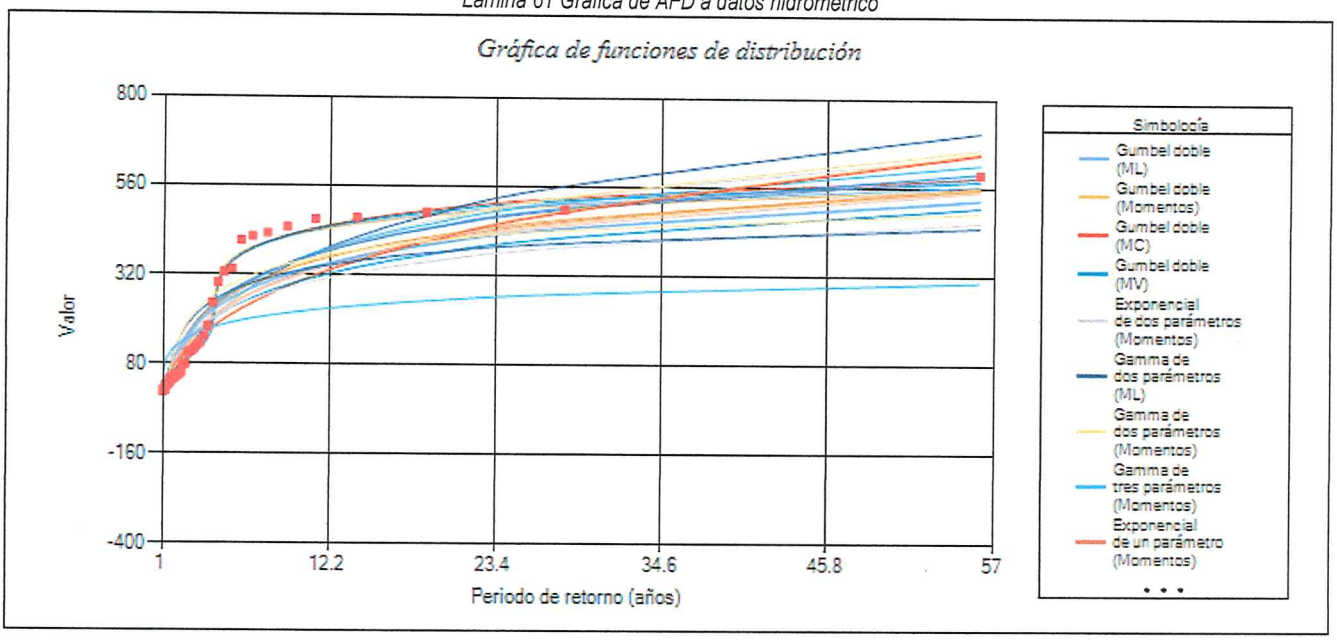
Media	Desviación	Asimetría	Curtosis
140.32	168.3172	1.3433	3.4949

Para la bondad de ajuste se evaluó el E.E.A (Error Estándar de Ajuste).

Tabla 72 Bondad de ajuste, aplicación de AFD a datos hidrométricos

Función	EEA
Gumbel doble (ML)	16.57
Gumbel doble (Momentos)	16.79
Gumbel doble (MC)	21.62
Gumbel doble (MV)	27.22
Exponencial de dos parámetros (Momentos)	48.33
Gamma de dos parámetros (ML)	49.58
Gamma de dos parámetros (Momentos)	50.71
Gamma de tres parámetros (Momentos)	52.89
Exponencial de un parámetro (Momentos)	58.90
Log Normal de tres parámetros (Momentos)	59.75
Gamma de dos parámetros (MV)	61.01
Gumbel (Momentos)	61.87
Exponencial de dos parámetros por (MV)	61.95
Gumbel (ML)	63.34
Gumbel (ME)	66.12
Log Normal de tres parámetros (MV)	66.49
Log Normal de dos parámetros (Stigth)	66.80
Log Normal de dos parámetros (Momentos)	67.23
Gamma de tres parámetros (MV)	70.96
Gumbel (MV)	75.68
Normal (ML)	85.01
Normal (Momentos/MV)	85.92
Gumbel (MC)	118.75

Lámina 61 Gráfica de AFD a datos hidrométrico



Como se observa en la tabla 72, la función *Gumbel doble por momentos L pre*senta el menor Error Estándar de Ajuste, con un cociente entre el número de no ciclónicas y el total de ρ=0.7819.

Lámina 62 AFD a datos hidrométricos, función Gumbel doble por momentos L

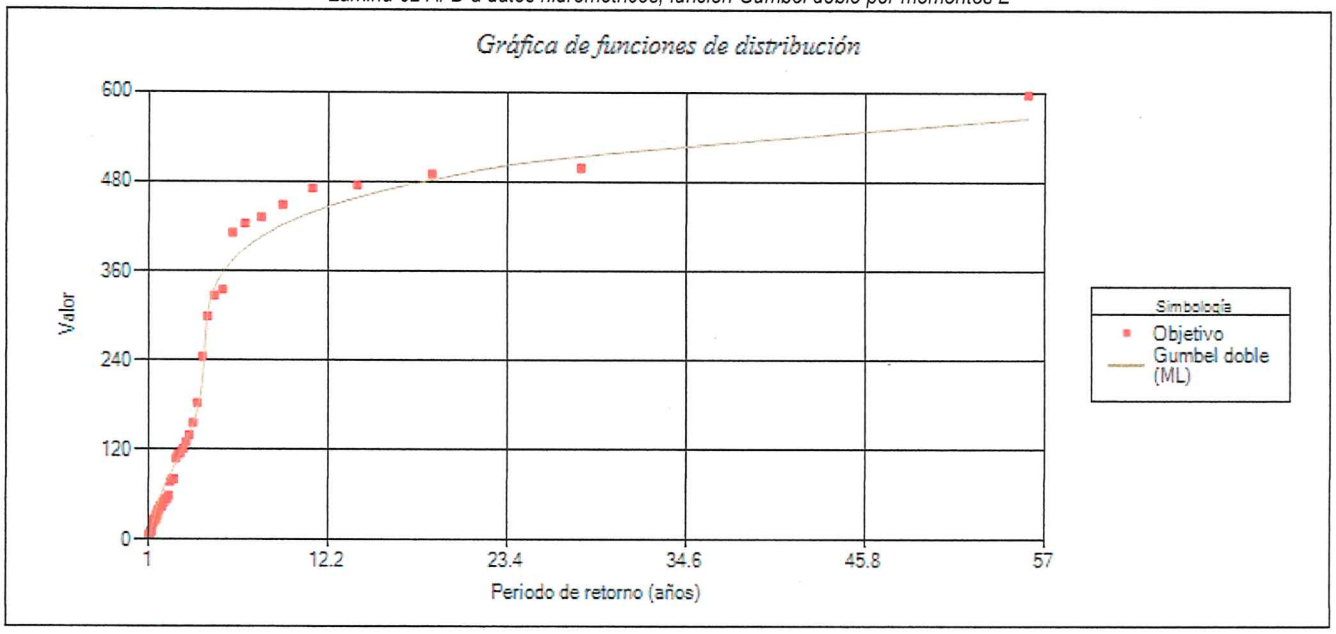


Tabla 73 Parámetros de la función Gumbel doble por momentos L

Alfa 1	Beta 1	Alfa 2	Beta 2	p
43.4805181	37.186682	69.9696165	394.780775	0.78181818

Tabla 74 Tabla de cálculo de la función Gumbel doble por momentos L

Periodo de retorno (años)	Gasto registrado (m^3/s)	Gasto calculado (m^3/s)	Error cuadrático	Probabilidad real	Probabilidad teórica
56.0000	598.4400	566.8733	996.4535	0.0179	0.0116
28.0000	500.0000	515.2754	233.3369	0.0357	0.0435
18.6667	491.0800	483.4498	58.2205	0.0536	0.0487
14.0000	476.6600	459.5371	293.1951	0.0714	0.0582

Periodo de retorno (años)	Gasto registrado (m^3/s)	Gasto calculado (m^3/s)	Error cuadrático	Probabilidad real	Probabilidad teórica
11.2000	472.3300	439.7709	1060.0981	0.0893	0.0614
9.3333	450.0000	422.3621	763.8555	0.1071	0.0797
8.0000	432.8300	406.2287	707.6288	0.1250	0.0962
7.0000	424.8000	390.7061	1162.3913	0.1429	0.1045
6.2222	412.4000	374.9109	1405.4304	0.1607	0.1180
5.6000	335.8800	357.8984	484.8088	0.1786	0.1976
5.0909	327.6000	337.4240	96.5116	0.1964	0.2032
4.6667	300.0000	303.8709	14.9840	0.2143	0.2155
4.3077	245.0300	211.7474	1107.7286	0.2321	0.2247
4.0000	183.0000	175.4973	56.2900	0.2500	0.2450
3.7333	156.5000	155.6061	0.7991	0.2679	0.2669
3.5000	139.2000	141.7235	6.3678	0.2857	0.2896
3.2941	130.0000	130.9895	0.9791	0.3036	0.3054
3.1111	121.3000	122.1688	0.7548	0.3214	0.3234
2.9474	115.6800	114.6662	1.0278	0.3393	0.3367
2.8000	114.3800	108.1064	39.3574	0.3571	0.3400
2.6667	108.9600	102.2576	44.9224	0.3750	0.3547
2.5455	80.8000	96.9625	261.2278	0.3929	0.4582
2.4348	80.2300	92.1099	141.1323	0.4107	0.4608
2.3333	77.2000	87.6177	108.5280	0.4286	0.4751
2.2400	58.5100	83.4236	620.6893	0.4464	0.5762
2.1538	54.3300	79.4793	632.4889	0.4643	0.6016
2.0741	53.4000	75.7461	499.3490	0.4821	0.6074
2.0000	53.0800	72.1926	365.2907	0.5000	0.6094
1.9310	49.7000	68.7927	364.5328	0.5179	0.6307
1.8667	49.5900	65.5248	253.9188	0.5357	0.6314
1.8065	44.5600	62.3703	317.2070	0.5536	0.6638
1.7500	44.5600	59.3168	217.7619	0.5714	0.6638
1.6970	44.5500	56.3384	138.9668	0.5893	0.6639
1.6471	40.2700	53.4332	173.2698	0.6071	0.6920
1.6000	39.1500	50.5883	130.8358	0.6250	0.6994
1.5556	38.8400	47.7926	80.1487	0.6429	0.7015
1.5135	33.3600	45.0356	136.3191	0.6607	0.7377
1.4737	33.3500	42.3072	80.2316	0.6786	0.7377
1.4359	28.4300	39.5979	124.7227	0.6964	0.7699
1.4000	27.5400	36.8976	87.5650	0.7143	0.7756
1.3659	27.0800	34.1961	50.6390	0.7321	0.7786
1.3333	26.9200	31.4826	20.8169	0.7500	0.7796
1.3023	26.7100	28.7449	4.1410	0.7679	0.7810
1.2727	24.0000	25.9665	3.8670	0.7857	0.7982
1.2444	23.2000	23.1412	0.0035	0.8036	0.8032
1.2174	22.8000	20.2405	6.5511	0.8214	0.8057
1.1915	19.5500	17.2440	5.3178	0.8393	0.8256
1.1667	12.2000	14.1216	3.6927	0.8571	0.8677
1.1429	11.4500	10.8333	0.3803	0.8750	0.8717
1.1200	11.1500	7.3225	14.6496	0.8929	0.8733
1.0980	10.9800	3.5002	55.9469	0.9107	0.8742
1.0769	10.4300	0.0000	108.7849	0.9286	0.0000
1.0566	8.5000	0.0000	72.2500	0.9464	0.0000
1.0370	8.1600	0.0000	66.5856	0.9643	0.0000
1.0182	6.8500	0.0000	46.9225	0.9821	0.0000

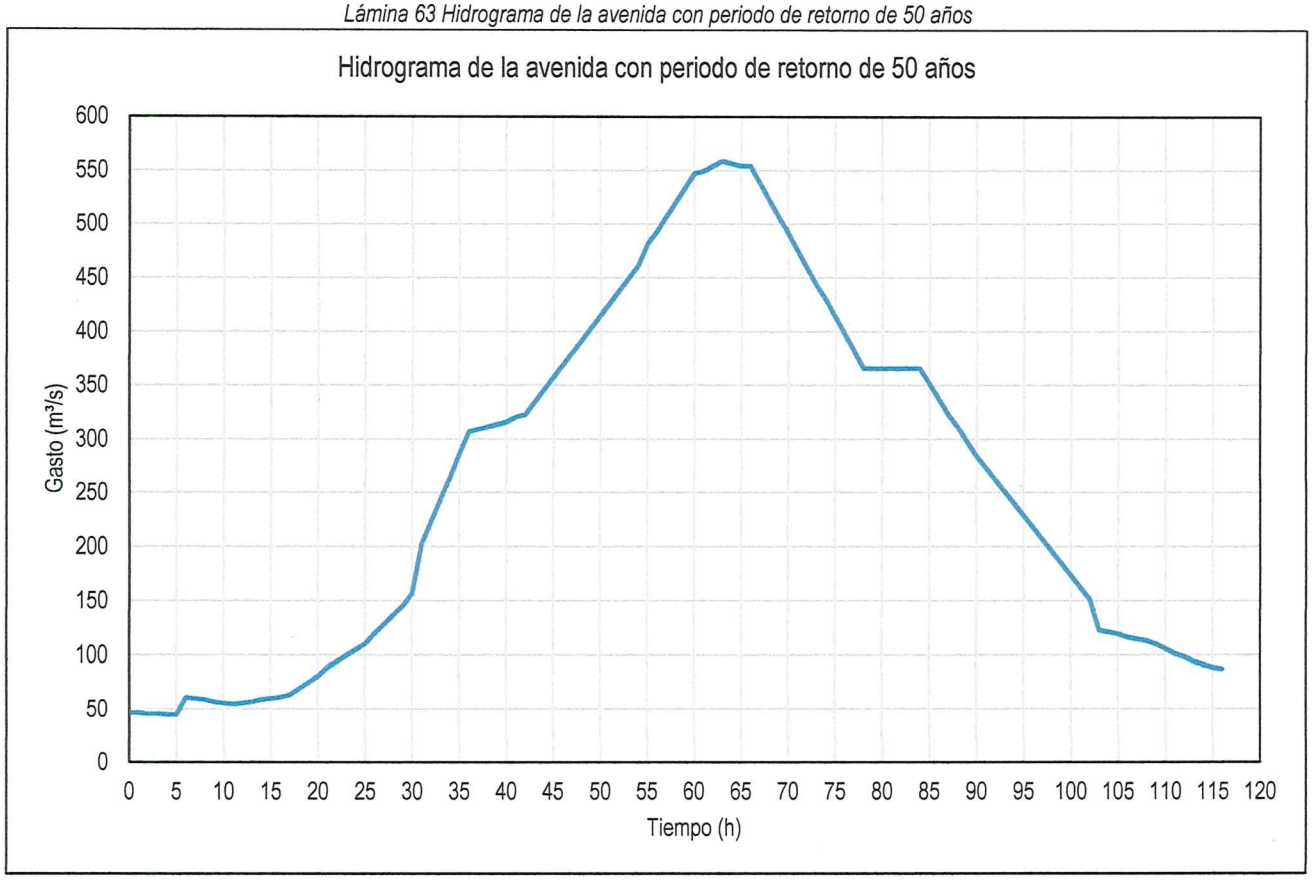
Una vez identificado el mejor ajuste se extrapolaron los datos para obtener los gastos máximos asociados a cada periodo de retorno.

Tabla 75 Extrapolación de gastos máximos probables, AFD

Periodo de retorno (años)	Gasto máximo (m^3/s)
5	332.44
10	429.10
20	488.99
25	506.55
50	**558.66**
100	608.86
250	673.86
500	722.73
1000	770.87
2000	819.94
5000	883.62
10000	931.25

Tomando como base el gasto máximo para el periodo de retorno de 50 años, 558.66 m^3/s y la forma de la avenida máxima registrada se obtuvo el hidrograma de la avenida de diseño mostrado en la lámina siguiente.

Lámina 63 Hidrograma de la avenida con periodo de retorno de 50 años



9.4. Método racional americano

La experiencia ha demostrado que el método racional solo debe de ser aplicado a cuencas menores de *13 km²*; por esta razón no es aplicable a la cuenca en estudio y se utilizará únicamente para fines comparativos.

Su expresión algebraica en el sistema métrico es igual a:

$$Q = 0.278CiA$$

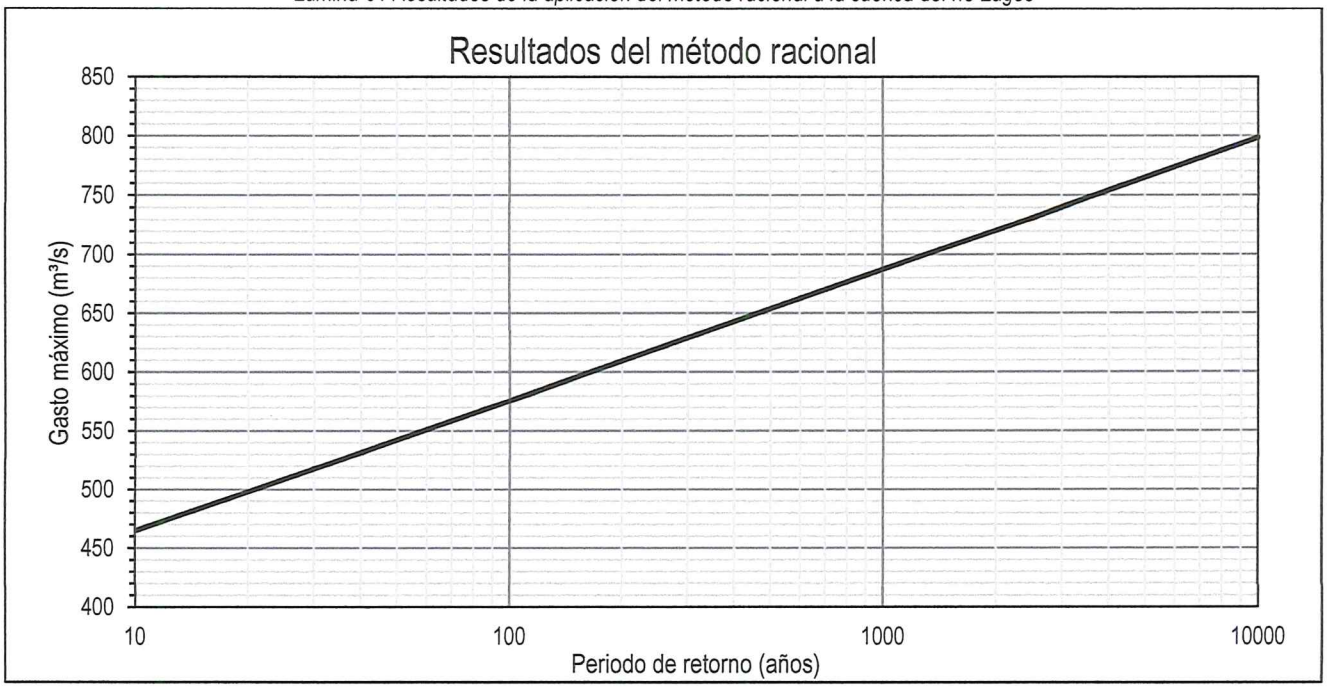
Estando el gasto en m³/s, i en mm/h y A en km².

La intensidad de la lluvia i corresponde al periodo de retorno de diseño y al tiempo de concentración de la cuenca.
En el apartado 3.4.2 se determinó el coeficiente de escurrimiento, Ce, con un valor de 0.273, utilizando este coeficiente y la intensidad asociada al tiempo de concentración de la cuenca, se obtuvieron los resultados que se anotan en la tabla 76 y lámina 64.

Tabla 76 Resultados de la aplicación del método racional a la cuenca del río Lagos

Método racional			
Periodo de retorno (años)	**Intensidad (mm/h)**	**Ce**	**Gasto máximo (m³/s)**
5	2.58	0.250	430.98
10	2.78	0.250	464.49
20	2.98	0.250	498.00
25	3.04	0.250	508.79
50	3.24	0.250	542.30
100	3.44	0.250	575.81
250	3.71	0.250	620.10
500	3.91	0.250	653.61
1000	4.11	0.250	687.12
2000	4.31	0.250	720.63
5000	4.57	0.250	764.93
10000	4.77	0.250	798.44

Lámina 64 Resultados de la aplicación del método racional a la cuenca del río Lagos



9.5. Método de I-Pai-Wu

Este método permite calcular el gasto máximo y la forma del hidrograma. Se basa en el modelo lineal propuesto por Nash (1959) para obtener el hidrograma unitario instantáneo. El gasto pico se calcula con la ecuación:

$$Q_p = 0.278\frac{A\,P_e}{t_p} f(n, t_p)$$

$$f(n, t_p) = \frac{[n-1]^n e^{1-n}}{\Gamma(n)} \qquad n = \frac{4t_p}{K}$$

$$t_p = 0.98\,A^{1.085} L^{-1.233} S^{-0.668} \qquad K = 0.73A^{0.937} L^{-1.474} S^{-1.473}$$

Donde:

Q_p Gasto máximo en m³/s
P_e Precipitación efectiva en mm
A Área de la cuenca en km²
T_p Tiempo pico en h
L Longitud del cauce principal en km
S Pendiente media del cauce en porcentaje
n, K Coeficientes determinados para la cuenca

Una vez determinado en gasto pico de la cuenca se aplica la siguiente ecuación para obtener el hidrograma de la avenida:

$$\frac{Q}{Q_p} = \left[\frac{t}{t_p}\right]^{n-1} \left[e^{-(n-1)}\right]^{\frac{t}{t_p}-1}$$

Mientras que la precipitación en exceso se calcula con la fórmula del Servicio de Conservación de Suelos.

$$Pe = \frac{\left[P - \frac{5080}{N} + 50.8\right]^2}{P + \frac{20320}{N} - 203.2}$$

Con $P_{mín} = \frac{5080}{N} - 50.8$

Donde:

P precipitación acumulada (mm)
N número de la curva de escurrimiento (adimensional)
$P_{mín}$ precipitación que no produce escurrimiento (mm)
P_e precipitación en exceso o lámina de escurrimiento directo (mm)

Aplicando esta teoría se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 78 y lámina 65.

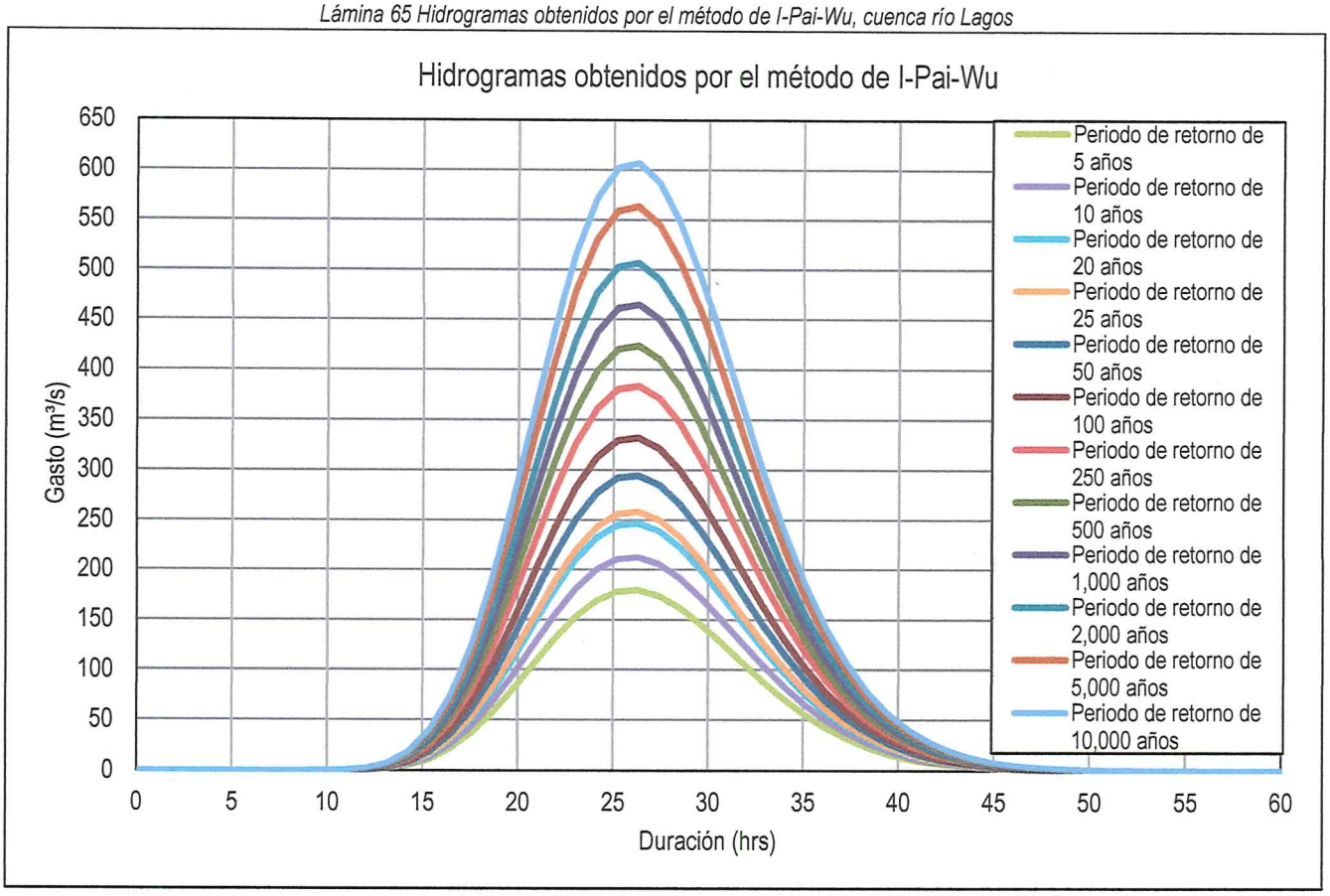
Tabla 77 Parámetros del método I-Pai-Wu

Parámetros de cálculo		
Área de la cuenca	2407.32	km²
Número de escurrimiento	77.15	
Pmin	15.05	mm
Longitud del cauce	110.65	km
Pendiente del cauce	0.39	%
tp	25.97	Horas
K	4.23	Adimensional
n	24.58	Adimensional
gamma n	1.60E+23	Adimensional
f(n,tp)	1.93	Adimensional

Tabla 78 Gasto máximo probable I Pai Wu

Periodo de retorno (años)	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Gasto máximo (m³/s)
5	54.31	13.47	179.82
10	58.54	15.93	212.73
20	62.76	18.52	247.25
25	64.12	19.37	258.68
50	68.34	22.10	295.09
100	72.57	24.92	332.77
250	78.15	28.79	384.34
500	82.37	31.80	424.54
1000	86.60	34.88	465.68
2000	90.82	38.02	507.66
5000	96.40	42.27	564.36
10000	100.62	45.54	608.07

Lámina 65 Hidrogramas obtenidos por el método de I-Pai-Wu, cuenca río Lagos



9.6. Método de Chow

Este método es aplicable en cuencas menores a *24.30* km², está basado en las teorías del hidrograma unitario y la curva S. La fórmula propuesta es:

$$Q = \frac{0.2778\ A\ Z\ Pe}{d}$$

Donde:

A	Superficie de la cuenca, en km²
P_e	Precipitación en exceso, en mm
d	Duración en exceso o efectiva de la tormenta, en h
Z	Factor de reducción del pico, adimensional, se obtiene gráficamente en función de la duración y del tiempo de retraso.
Q_p	Gasto máximo probable, en m³/s

El tiempo de retraso se calcula, según Chow como

$$T_L = 0.00505\left[\frac{L}{\sqrt{S}}\right]^{0.64}$$

Válida para Tr < 5 h

Donde:

T_L Tiempo de retraso en horas

L Longitud del cauce principal en m

S Pendiente promedio del cauce principal en porcentaje

Chow encontró experimentalmente que para cuencas pequeñas una relación para el factor Z y el cociente de la duración de la lluvia y el tiempo de retraso de la cuenca (d/T_L), la cual se puede expresar por medio de la siguiente función obtenida a través de un ajuste por mínimos cuadrados:

$$Z = Z_1 + 0.08334881\left[\frac{d}{T_L}\right]^4$$

Donde:

$$Z_1 = 9.046411x10^{-4} + 0.7623037\left[\frac{d}{T_L}\right] + 0.09239033 + \left[\frac{d}{T_L}\right]^2 - 0.2785835\left[\frac{d}{T_L}\right]^3$$

Además, $Z_1 = 1$ para $\frac{d}{t_p} \geq 2$

Como la duración d que produce el gasto máximo no se conoce, a priori, se procede por tanteos, proponiendo diez duraciones de 0.25, 0.50,..., 2.25 y 2.5 veces el T_L para obtener los correspondientes gastos uno de los cuales será el mayor y corresponde al valor buscado.

Mientas que la precipitación en exceso se calcula mediante la fórmula del Servicio de Conservación de los Suelos dependiente del Departamento de Agricultura de EUA (USDA), propuesta en 1972, que combina las pérdidas iniciales con la infiltración. Esta es:

$$Pe = \frac{\left[P - \frac{5080}{N} + 50.8\right]^2}{P + \frac{20320}{N} - 203.2}$$

Con $P_{mín} = \frac{5080}{N} - 50.8$

Donde

P precipitación acumulada (mm)

N número de la curva de escurrimiento (adimensional)

$P_{mín}$ precipitación que no produce escurrimiento (mm)

P_e precipitación en exceso o lámina de escurrimiento directo (mm)

Los gastos calculados por este método se muestran en la tabla 79 y lámina 66.

Tabla 79 Gastos máximos probables (método de Chow), cuenca río Lagos

Periodo de retorno (años)	Duración (h)	Precipitación (mm)	Precipitación efectiva (mm)	Gasto máximo (m³/s)
5	23.17	55.02	13.87	400.41
10	23.17	59.30	16.39	473.13
20	23.17	63.58	19.03	549.36
25	23.17	64.95	19.90	574.59
50	11.17	62.50	18.36	708.63
100	11.00	66.22	20.72	803.45
250	10.67	70.99	23.86	933.88
500	10.67	74.83	26.47	1036.05
1,000	10.50	78.49	29.03	1140.96
2,000	10.33	82.12	31.62	1248.38
5,000	10.17	86.97	35.15	1393.93
10,000	10.17	90.78	37.99	1506.51

Lámina 66 Gastos máximos probables (método de Chow), cuenca río Lagos

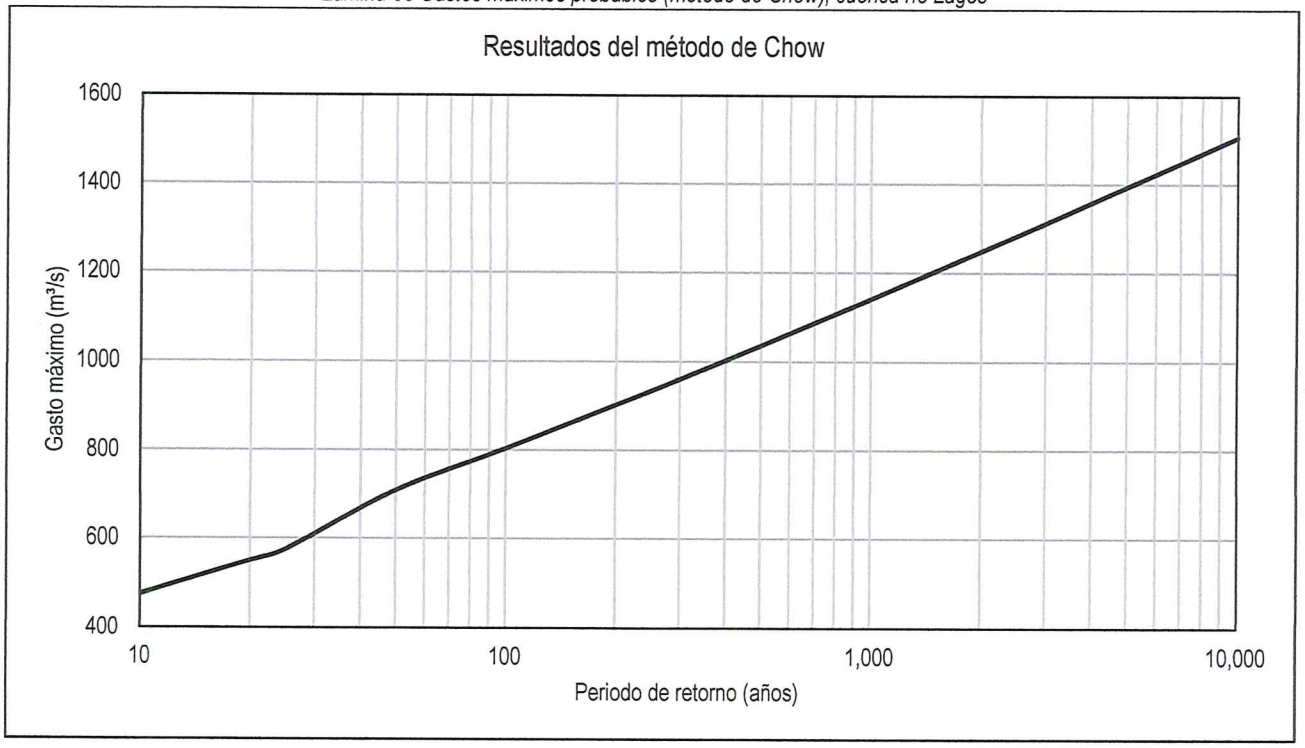


Tabla 80 Cálculo del gasto máximo para el periodo de retorno de 50 años, por el método de Chow

Tr=50 años						
Duración (h)	d/tl	Z1	Z	Hp (mm)	Hpe (mm)	Gasto (m³/s)
9.00	0.78	0.52	0.55	60.56	17.16	700.25
9.17	0.79	0.52	0.56	60.73	17.26	701.59
9.33	0.81	0.53	0.57	60.89	17.36	702.80
9.50	0.82	0.53	0.57	61.05	17.45	703.88
9.67	0.84	0.54	0.58	61.20	17.55	704.85
9.83	0.85	0.54	0.59	61.36	17.65	705.69
10.00	0.86	0.55	0.60	61.51	17.74	706.42
10.17	0.88	0.55	0.60	61.65	17.83	707.04
10.33	0.89	0.56	0.61	61.80	17.92	707.56

Tr=50 años						
Duración (h)	d/tl	Z1	Z	Hp (mm)	Hpe (mm)	Gasto (m³/s)
10.50	0.91	0.56	0.62	61.94	18.01	707.96
10.67	0.92	0.56	0.62	62.09	18.10	708.27
10.83	0.94	0.57	0.63	62.23	18.18	708.48
11.00	0.95	0.57	0.64	62.36	18.27	708.60
11.17	0.97	0.57	0.64	62.50	18.36	708.63
11.33	0.98	0.57	0.65	62.63	18.44	708.56
11.50	0.99	0.58	0.66	62.77	18.52	708.42
11.67	1.01	0.58	0.66	62.90	18.60	708.19
11.83	1.02	0.58	0.67	63.02	18.68	707.88
12.00	1.04	0.58	0.68	63.15	18.76	707.50
12.17	1.05	0.58	0.68	63.27	18.84	707.04
12.33	1.07	0.58	0.69	63.40	18.92	706.52
12.50	1.08	0.58	0.69	63.52	19.00	705.93
12.67	1.09	0.58	0.70	63.64	19.07	705.27
12.83	1.11	0.58	0.71	63.76	19.15	704.56
13.00	1.12	0.58	0.71	63.88	19.22	703.78
13.17	1.14	0.58	0.72	63.99	19.29	702.95
13.33	1.15	0.58	0.72	64.11	19.37	702.07
13.50	1.17	0.57	0.73	64.22	19.44	701.14
13.67	1.18	0.57	0.73	64.33	19.51	700.16

9.7. Método del Hidrograma Unitario Triangular (HUT)

Es un método que ha alcanzado gran aceptación por su fundamentación teórica y su persistente consistencia. Se recomienda su aplicación en cuencas no mayores a 1300 km². [3]

Fue propuesto por el *Soil Conservation Service* (SCS) *de los Estados Unidos de Norteamérica (USA)*, con base en una metodología desarrollada por Mockus (1957), y consiste en crear hidrogramas unitarios sintético de forma triangular. En nuestro país se difundió desde 1966, como consecuencia de la traducción que se hizo del libro Design of Small Dams (1960), del USBR de los Estados Unidos de Norteamérica.

Esta metodología mezcla los parámetros básicos de entrada (precipitación efectiva, área de la cuenca y tiempo de concentración) para finalmente obtener como resultado las diferentes partes de un hidrograma que definen su forma; esto es, gasto pico (Qp), tiempo base (t_b) y el tiempo pico (t_p).

Para su aplicación en primer lugar se obtienen para la tormenta de diseño las precipitaciones en exceso (P_e), teniendo en cuenta la pérdida máxima por infiltración según el grupo hidrológico de suelos de la cuenca; entonces, si la pérdida no se cumple se corrige la precipitación en exceso estimada.

A continuación, se aplican tres HUT, uno para los incrementos horarios de la tormenta de diseño y los otros dos para sus incrementos finales. La forma geométrica de los HUT está definida en función de la duración unitaria (D) de la lluvia en exceso (Pe), según las expresiones siguientes:

Tiempo al pico $$T_p = \frac{D}{2} + T_L = \frac{D}{2} + 0.60\,T_c$$

Tiempo base $$T_b = T_p + T_r = T_p + 1.67T_p = 2.67T_p$$

Gasto pico $$Qp = \frac{0.208 * A * Pe}{T_p}$$

Donde:

T_L tiempo de retaso (h)
Tr tiempo de recesión (h)
Tc tiempo de concentración (h)
A área de la cuenca (km²)
D duración de la lluvia en exceso (h)
Pe precipitación en exceso (mm)

En el método HUT se comienza por establecer una tormenta de diseño con seis incrementos horarios (duración D1), uno séptimo con seis veces la duración de los iniciales (D2) y otro final con una duración de doce veces los iniciales (D3). Por ello se realizan estimaciones de la precipitación con cada duración.

Se obtienen los incrementos horarios de precipitación y éstos se acomodan con el siguiente orden para formar una tormenta de diseño balanceada: 6, 4, 3, 1, 2 y 5, además de los dos últimos incrementos.
La variable D es función de la magnitud del tiempo de concentración (T_c) y su valor se selecciona de la tabla 81.

[3] Introducción a la Hidrología Urbana, Campos, 2010.

Tabla 81 Intervalos de cálculo para el método del hidrograma unitario triangular

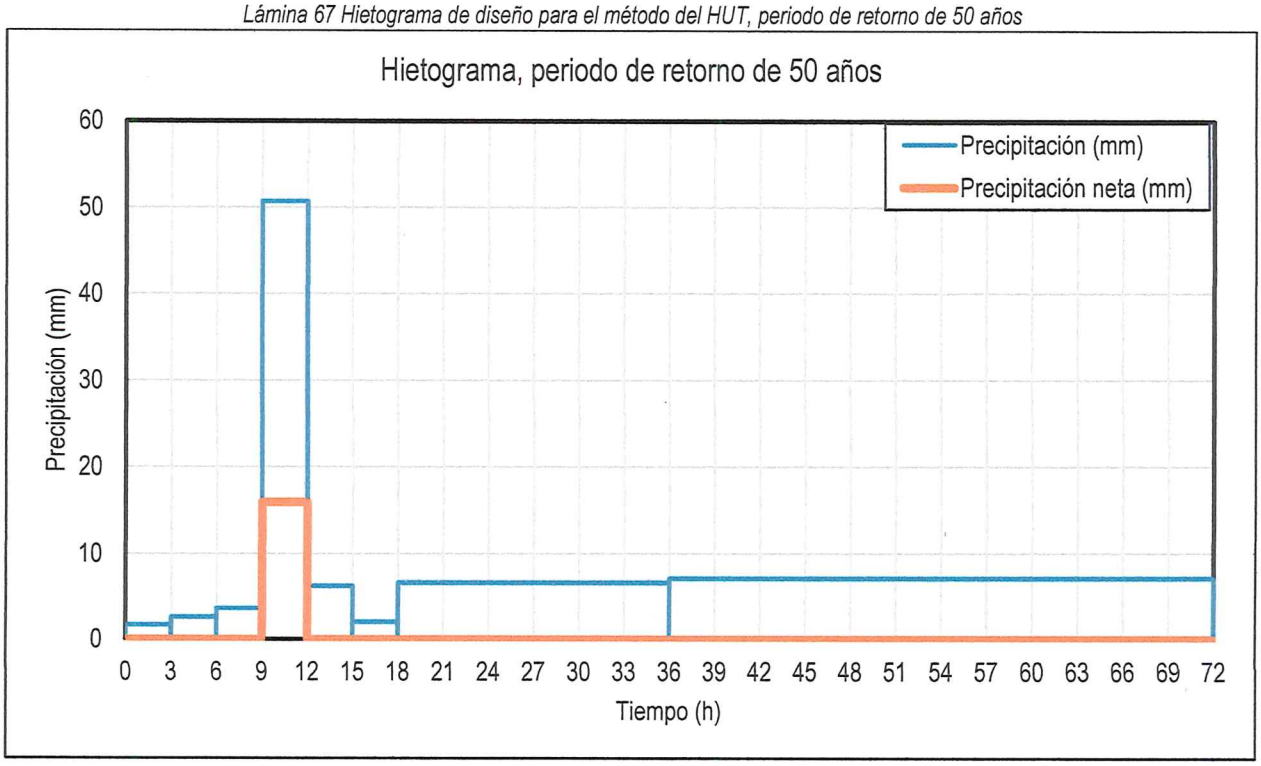
T_c(h)	Primeros seis HUT	Segundo HUT	Tercer HUT
< 3	0.5	3.0	6.0
3 a 10	1.0	6.0	12.0
10 a 15	2.0	12.0	24.0
15 a 30	**3.0**	**18.0**	**36.0**

Tabla 82 Hietogramas de diseño, método HUT

Tiempo	Precipitación (mm)					
	Periodo de retorno 5 años	Periodo de retorno 10 años	Periodo de retorno 20 años	Periodo de retorno 25 años	Periodo de retorno 50 años	Periodo de retorno 100 años
0.00-3.00	1.34	1.44	1.54	1.58	1.68	1.79
3.00-6.00	2.06	2.22	2.38	2.43	2.59	2.75
6.00-9.00	2.87	3.10	3.32	3.39	3.62	3.84
9.00-12.00	40.29	43.42	46.55	47.56	50.69	53.83
12.00-15.00	4.97	5.35	5.74	5.86	6.25	6.64
15.00-18.00	1.62	1.74	1.87	1.91	2.03	2.16
18.00-36.00	5.27	5.68	6.09	6.22	6.63	7.04
36.00-72.00	5.65	6.08	6.52	6.66	7.10	7.54

Tiempo	Precipitación (mm)					
	Periodo de retorno 250 años	Periodo de retorno 500 años	Periodo de retorno 1000 años	Periodo de retorno 2000 años	Periodo de retorno 5000 años	Periodo de retorno 10000 años
0.00-3.00	1.92	2.03	2.13	2.24	2.37	2.48
3.00-6.00	2.96	3.12	3.28	3.44	3.65	3.81
6.00-9.00	4.14	4.36	4.58	4.81	5.10	5.33
9.00-12.00	57.97	61.10	64.23	67.37	71.51	74.64
12.00-15.00	7.15	7.53	7.92	8.31	8.82	9.20
15.00-18.00	2.32	2.45	2.58	2.70	2.87	2.99
18.00-36.00	7.58	7.99	8.40	8.81	9.35	9.76
36.00-72.00	8.12	8.56	9.00	9.44	10.02	10.46

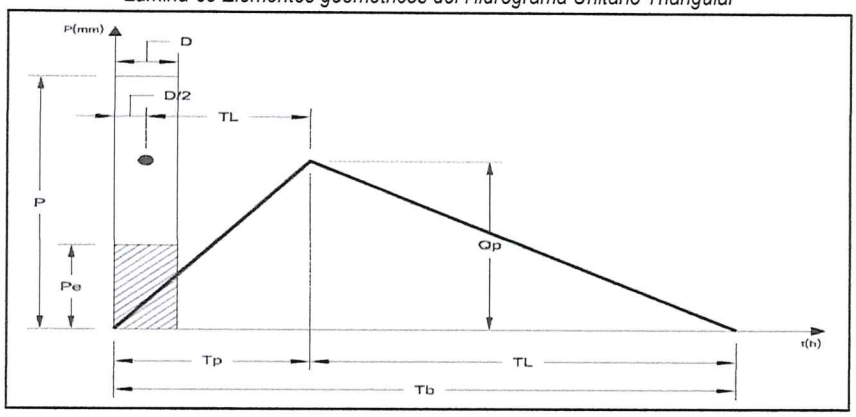
Lámina 67 Hietograma de diseño para el método del HUT, periodo de retorno de 50 años



Por último, se suman las ordenadas de los HUT parciales, para definir el hidrograma total.

En la lámina 68 se muestran los elementos geométricos del hidrograma unitario triangular.

Lámina 68 Elementos geométricos del Hidrograma Unitario Triangular



Este método considera una pérdida mínima por infiltración descrita en Campos (2010), misma que se basa en el tipo de suelo de la cuenca siendo esta la mostrada en la tabla 83.

Tabla 83 Estimación de la pérdida mínima por infiltración, cuenca río Lagos

Pérdida mínima por Infiltración			
Clasificación del suelo	**Pérdida mínima por infiltración (mm)**	**Área (km²)**	**P*A**
A	10.200	0.000	0.000
B	6.100	602.730	3676.653
C	3.000	1769.140	5307.420
D	1.000	35.450	35.450
	Total	2407.32	9019.52
	Pérdida mínima ponderada (mm)		*3.75*

Aplicando esta serie de fórmulas se obtuvieron los resultados de la tabla 84 y lámina 69.

Tabla 84 Resultados del método del HUT, cuenca río Lagos

Resultados del método del HUT			
Periodo de retorno (años)	**Tiempo pico (h)**	**Gasto máximo probable (m³/s)**	**Volumen de escurrimiento (1000 m³)**
5	23:10	329.46	22,393.67
10	23:10	396.08	26,921.34
20	23:10	466.60	31,714.94
25	23:10	490.08	33,310.59
50	23:10	565.23	38,418.54
100	23:10	643.52	43,739.83
250	23:10	751.37	51,070.65
500	23:10	835.95	56,819.84
1000	23:10	922.89	62,728.74
2000	23:10	1,011.99	68,784.80
5000	23:10	1,132.81	76,997.28
10000	23:10	1,226.32	83,353.38

Lámina 69 Hidrogramas resultantes de la aplicación del método del HUT en la cuenca del río Lagos

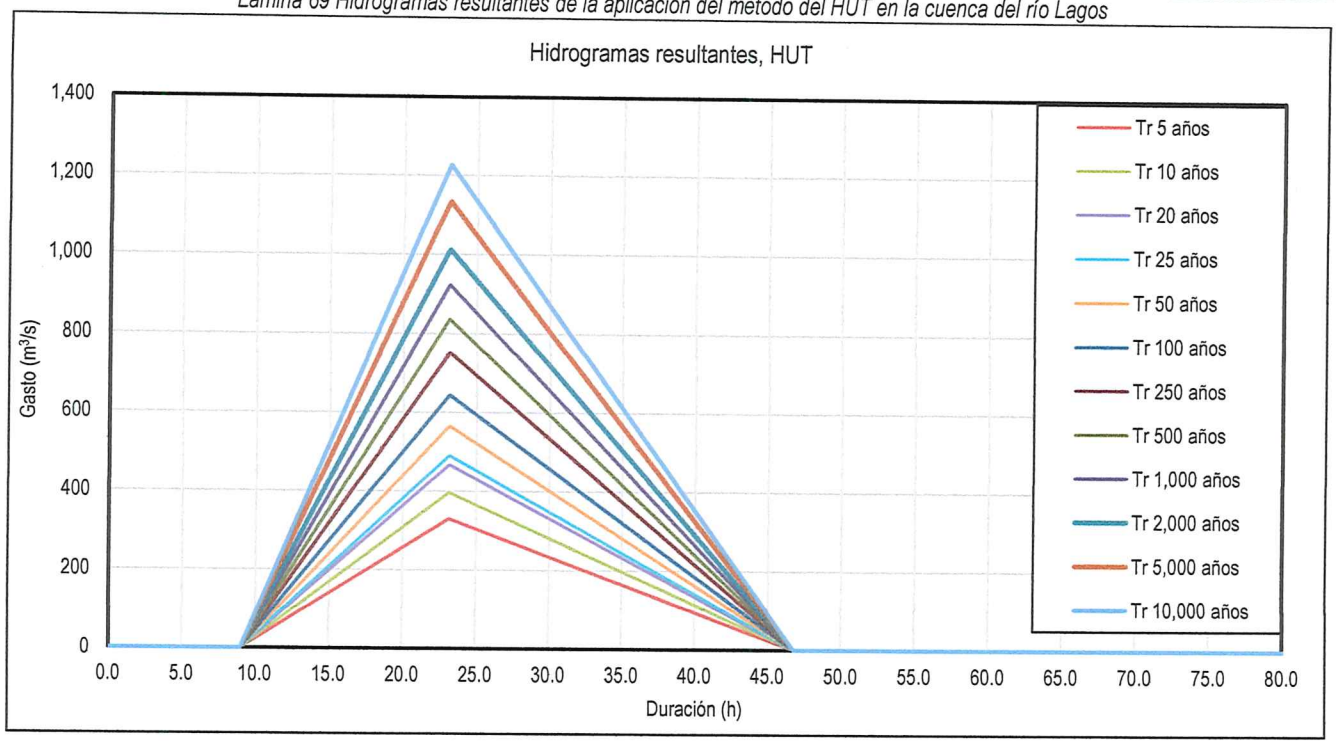


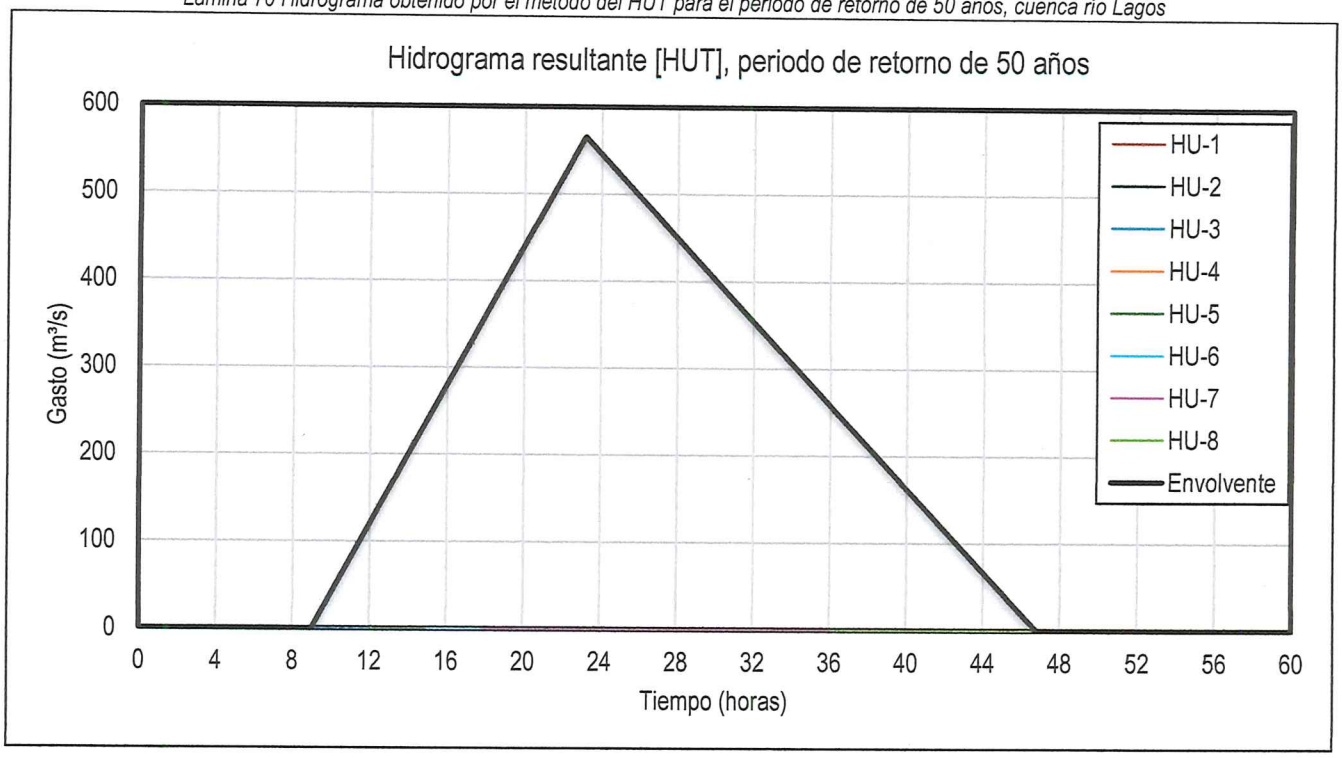
Tabla 85 Cálculo del gasto máximo por el método del Hidrograma Unitario Triangular para el periodo de retorno de 50 años

Hidrograma Unitario Triangular, periodo de retorno de 50 años												
Datos			Primeros 6 HU			Séptimo HU			Octavo HU			
Área	2407.3201	km²	Duración	3.00	h	Duración	18.00	h	Duración	36.00	h	
N	77.15		Tiempo pico	14.15	h	Tiempo pico	21.65	h	Tiempo pico	30.65	h	
Tc	21.09	h	Tiempo base	37.78	h	Tiempo base	57.81	h	Tiempo base	81.84	h	
Pmin	15.05	mm	Gasto unitario	35.44	m³/seg/mm	Gasto unitario	23.16	m³/seg/mm	Gasto unitario	16.36	m³/seg/mm	

Tiempo (h)		Lluvia total (mm)	Incremento de lluvia (mm)	Incremento de lluvia ordenado (mm)	Lluvia acumulada (mm)	Precipitación neta acumulada (mm)	Incremento de precipitación neta (mm)	Incremento de pérdida (mm)
0.00	3.00	50.69	50.69	1.68	1.68	0.00	0.00	1.68
3.00	6.00	56.94	6.25	2.59	4.27	0.00	0.00	2.59
6.00	9.00	60.56	3.62	3.62	7.89	0.00	0.00	3.62
9.00	12.00	63.15	2.59	50.69	58.58	15.96	15.96	34.74
12.00	15.00	65.18	2.03	6.25	64.83	19.83	3.87	2.38
15.00	18.00	66.87	1.68	2.03	66.87	21.14	1.31	0.72
18.00	36.00	73.49	6.63	6.63	73.49	25.56	4.42	2.21
36.00	72.00	80.60	7.10	7.10	80.60	30.52	4.97	2.14

Tiempo (h)		Pérdida mínima por infiltración (mm)	Precipitación neta corregida (mm)	Gasto máximo (m³/s)	Tiempo inicial (h)	Tiempo pico (h)	Tiempo final (h)
0.00	3.00	11.24	0.00	0.00	0.00	14.15	37.78
3.00	6.00	11.24	0.00	0.00	3.00	17.15	40.78
6.00	9.00	11.24	0.00	0.00	6.00	20.15	43.78
9.00	12.00	11.24	15.96	565.60	9.00	23.15	46.78
12.00	15.00	11.24	0.00	0.00	12.00	26.15	49.78
15.00	18.00	11.24	0.00	0.00	15.00	29.15	52.78
18.00	36.00	67.44	0.00	0.00	18.00	39.65	75.81
36.00	72.00	134.88	0.00	0.00	36.00	66.65	117.84

Lámina 70 Hidrograma obtenido por el método del HUT para el periodo de retorno de 50 años, cuenca río Lagos



9.8. Resumen de resultados

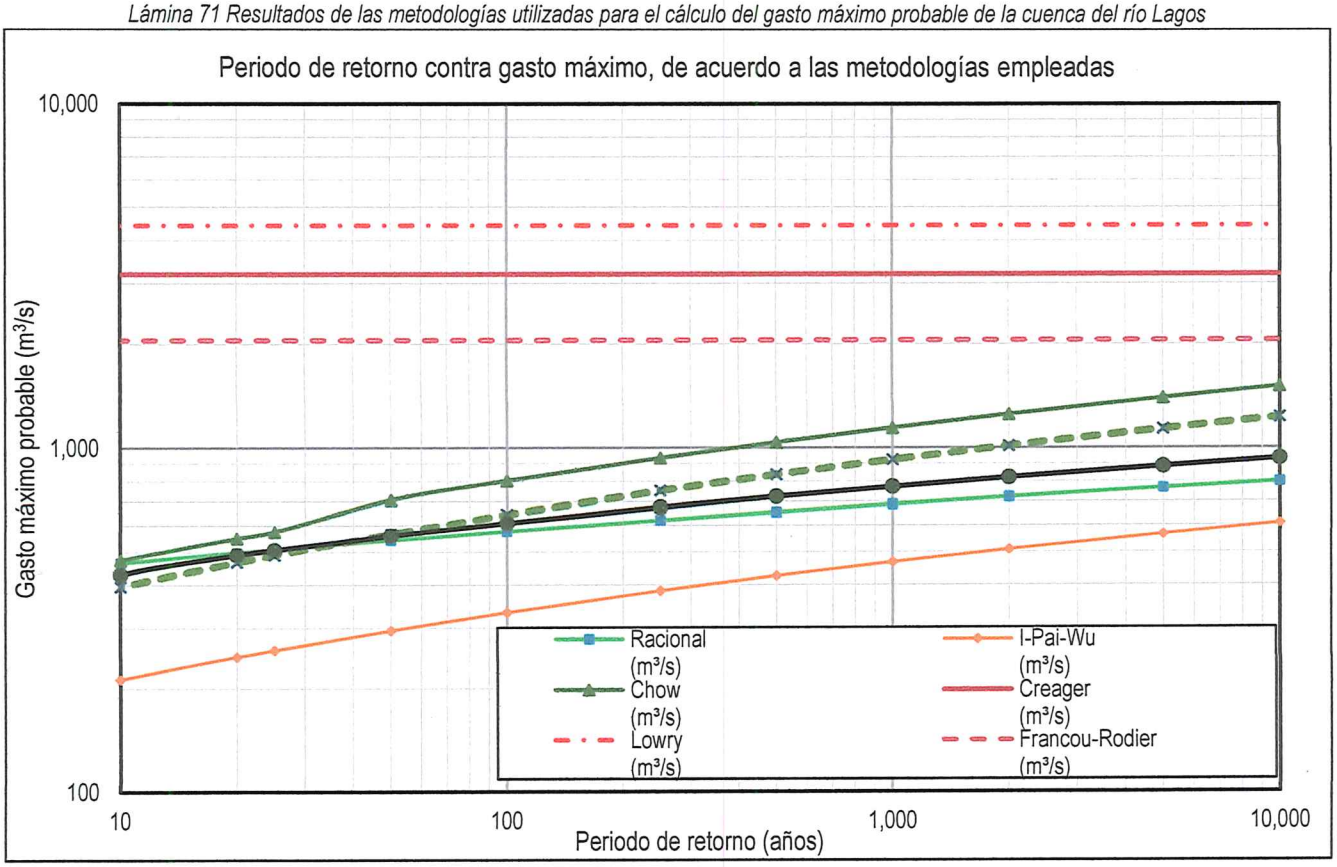
En la tabla 86 *se presenta un resumen de los resultados de los gastos máximos obtenidos por cada método empleado.*

Tabla 86 Resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo del gasto máximo probable de la cuenca del río Lagos

Periodo de retorno (años)	AFD hidrometría (m³/s)	Envolventes			Semiempíricos		Modelos lluvia-escurrimiento	
		Creager (m³/s)	Lowry (m³/s)	Francou-Rodier (m³/s)	Racional (m³/s)	I-Pai-Wu (m³/s)	Chow (m³/s)	H.U.T. (m³/s)
5	332.44	3190.60	4421.81	2051.41	430.98	179.82	400.41	329.46
10	429.10				464.49	212.73	473.13	396.08
20	488.99				498.00	247.25	549.36	466.60
25	506.55				508.79	258.68	574.59	490.08
50	**558.66**				**542.30**	**295.09**	**708.63**	**565.23**
100	608.86				575.81	332.77	803.45	643.52
250	673.86				620.10	384.34	933.88	751.37
500	722.73				653.61	424.54	1,036.05	835.95
1,000	770.87				687.12	465.68	1,140.96	922.89
2,000	819.94				720.63	507.66	1,248.38	1,011.99
5,000	883.62				764.93	564.36	1,393.93	1,132.81
10,000	931.25				798.44	608.07	1,506.51	1,226.32

En la lámina 71 se muestran de manera gráfica los resultados de la aplicación de las diferentes metodologías empleadas para la estimación del gasto máximo probable asociado a diferentes periodos de retorno.

Lámina 71 Resultados de las metodologías utilizadas para el cálculo del gasto máximo probable de la cuenca del río Lagos



Para la delimitación de la zona federal se utilizará el gasto obtenido con del ajuste de funciones de distribución a los datos hidrométricos para un periodo de retorno de 50 años, es decir, un gasto de 558.66 m³/s.

10. Referencias

C.F.E. (2008). *Manual de diseño de obras civiles.*

Campos Aranda, D. F. (1982). *Manual para la estimación de avenidas máximas en cuencas y presas pequeñas.* Dirección General de Obras Hidráulicas y de Ingeniería Agrícola para el Desarrollo Rural, S.A.R.H.

Campos Aranda, D. F. (2011). Estimación de envolventes de diseño por subregiones hidrológicas. *Tecnología y Ciencias del Agua, vol. II, núm. 4*, 175-194.

Campos Aranda, D. F. (2012). Relación y estimación de predicciones de lluvia horaria-diaria en dos zonas geográficas de México. *Tecnología y Ciencias del Agua, vol. III, núm. 2*, 141-152.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada.* McGraw-Hill.

Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, J. L. (1977). *Hidrología para Ingenieros.* McGraw-Hill.

Merlos Villegas, F. (2017). *Manual de usuario del programa de funciones de distribución Ax+B.* Morelia.

Ramírez León, J. M., & Aparicio Mijares, F. J. (2009). Estimación de producción de sedimentos en cuencas : Aplicación al río Apulco, México. *Revista Ingeniería hidráulica en México, vol. XXIV*.

Ramírez Orozco, A. I., Gómez Martínez, J. F., & Campos Aranda, D. F. (2005). Actualización de las envolventes regionales de gastos máximos para la república mexicana. *Ingeniería Hidráulica en México*, 99-108.

Reich, B. M. (1963). Short-duration rainfall-intensity estimates and other design aids for regions of sparse data. *Journal of Hydrology, Vol I*, 3-28.

Vega Roldan, O. (1983). *Presas de almacenamiento y derivación.* UNAM.

Villón Béjarano, M. (s.f.). *Hidrología estadistica.* Lima: Ediciones Villón.

11. Anexos

Anexo A) Equivalencia de tipo de suelo FAO-SCS

A). 1. Introducción

El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, a través del Servicio de Conservación de Suelos (SCS), ha desarrollado valores de NC que corresponden a usos de suelo y cubierta vegetal de aquel país. Teniendo en cuenta que las condiciones de uso y tipo de suelo de cada región o país no son las mismas, existe la necesidad de establecer un criterio que permita la aplicación del método bajo distintas condiciones; es decir, asignar los valores de número de escurrimiento calculados por el SCS a las características de otra región.

Determinar el valor del número de escurrimiento que corresponde a las condiciones de vegetación y al tipo de suelo de la República Mexicana dependerá, en gran medida, de la información disponible, por tanto, asignar el número de escurrimiento mediante el uso de SIG requiere de información específica y sustentada que permita su manejo mediante un equipo de cómputo y un software adecuado.

A). 2. Sistema de clasificación de suelos de la SCS [según sus características hidrológicas]

Las velocidades de infiltración varían ampliamente y son afectadas por la permeabilidad subsuperficial así como por las cantidades de infiltración superficial. Los suelos se clasifican en cuatro GHS (A, B, C y D) de acuerdo a su mínima tasa de infiltración, que se obtiene del suelo desnudo después de un mojado prolongado. En el cuadro siguiente se describen los GHS (Grupo hidrológico de suelos):

Grupo de suelos	*Descripción de las características del suelo*
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, Suelos que tienen altas tasas de infiltración, aún cuando estén completamente saturadas que consisten principalmente de arenas profundas o gravas. Estos suelos tienen una alta tasa de transmisión de agua.
B	Suelos con potencial de escurrimiento moderadamente bajo. Son suelos arenosos menos profundos y agregados que el grupo A. Este grupo tiene una infiltración moderada cuando está totalmente húmedo. Ejemplos: migajones, arenosos ligeros y migajones limosos.
C	Suelos con potencial de escurrimiento moderadamente alto. Comprende suelos someros y suelos con contenido de arcilla considerable, con texturas moderadamente finas a finas, pero menos que el grupo D. Este grupo tiene una infiltración menor que la promedio después de su saturación. Ejemplo: Migajones arcillosos.
D	Suelos con potencial de escurrimiento alto, por ejemplo: Suelos pesados con alto contenido de arcillas expansibles, suelos someros con materiales fuertemente cementados o casi impermeables (roca o litosoles), suelos con un nivel freático permanente y alto.

A). 3. Sistema de clasificación de suelos de la FAO

Por su parte el sistema clasificatorio de suelos que ofrece la FAO-UNESCO con la WRB - 2006) se fundamenta en la identificación y designación de tipologías edáficas por combinación jerarquizada y progresiva de propiedades de diagnóstico (rasgos que pueden observarse o medirse en campo o en laboratorio y que reflejan resultados generalizados, comunes, de los procesos de formación de suelos (BRIDGES, 1997)), materiales de diagnóstico (conjunto de materiales, minerales u orgánicos, que influyen de forma transcendente en los procesos pedogenéticos) y horizontes de diagnóstico –HD- (horizontes genéticos que reúnen una combinación de atributos morfométricos íntimamente ligados a los procesos edáficos de formación y diferenciación).

De esta forma, las diferentes situaciones edáficas, organizadas en las dos categorías en las que se estructura la clasificación: Grupos de Suelos de Referencia (GSR) y calificadores, pueden ser descritas con datos morfométricos extraíbles de los elementos de diagnóstico que han llevado a su diferenciación y clasificación. A partir de su interpretación es posible una valoración suficientemente robusta y coherente de aspectos muy determinantes de la infiltración, sobre la cual apoyar la asignación del correspondiente grupo hidrológico. Estos aspectos son la abundancia de materia orgánica del horizonte superior, la textura dominante (en algunos suelos), la existencia de horizontes de acumulación más o menos cementados, o la posición aproximada del nivel freático o la masa rocosa.

Para ello se procede a identificar qué factores que determinan el proceso de infiltración pueden estar relacionados con los elementos de diagnóstico asociados a cada Grupo de Suelo de Referencia (FAO-UNESCO, 2006). Identificadas las posibles relaciones, el resultado ha permitido asociar a cada GSR su grupo hidrológico más coherente y probable. Consecuentemente, el método que se propone consiste en atribuir el tipo de grupo hidrológico al suelo en función del GSR asignado previamente en una tarea clasificatoria.

La capacidad descriptiva del conjunto de elementos de diagnóstico que incluye el sistema clasificatorio propuesto por la FAO-UNESCO permite identificar atributos edáficos morfométricos que expresan relaciones trascendentes con el proceso hidrológico de infiltración.

a) La profundidad "efectiva". Se incluyen aquí aquellos elementos de diagnosis que informan de la existencia de una limitación física para el drenaje vertical del agua gravitacional. Los más frecuentes en los suelos son:

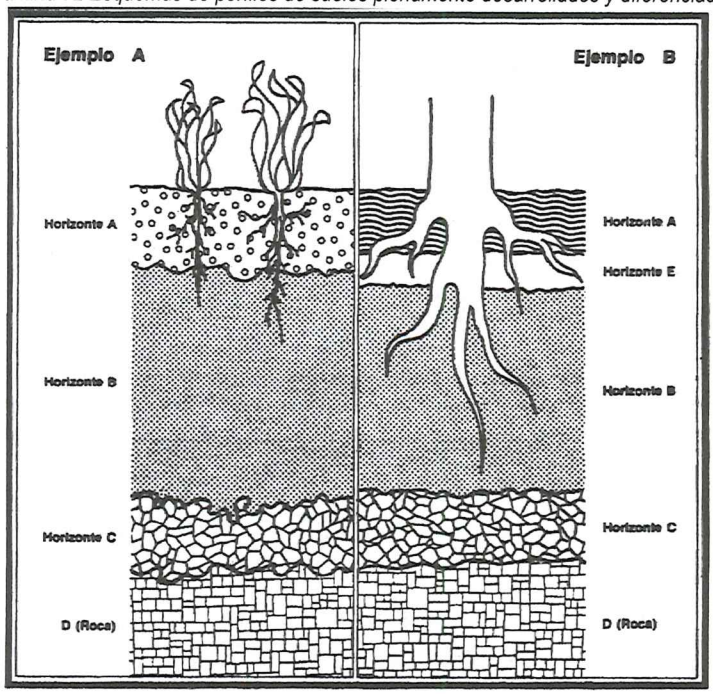
b) El grado de permeabilidad de los horizontes superficiales y subsuperficiales (tasa de infiltración). Contiene este grupo aquellos elementos que reflejan condiciones texturales especiales, junto con una especial abundancia de materia orgánica humificada (efectivo agente creador de estructuras favorecedoras de la infiltración) o acumulada en superficie con un bajo grado de descomposición.

A). 4. Tabla de equivalencia empleada en la elaboración del estudio

Para elaborar una equivalencia entre la clasificación de suelos de la FAO y la de la SCS (ahora USDA) se debe tomar en consideración la **morfología** de los suelos descrita en términos de sus horizontes. A fin de definir con claridad estos conceptos y de comprender debidamente el sistema, conviene considerar algunos aspectos fundamentales de la Edafología. Todo suelo se ha formado a partir de algún material geológico parental, como roca, aluvión, depósito de cenizas volcánicas, fango de pantano y otros. Al irse transformando en suelo, dicho material de origen, sufre cambios químicos, como descomposición de minerales primarios, (por hidrólisis, oxidación, etc.) y síntesis de secundarios (arcillas, óxidos, carbonatos, etc.) o acumulación de materia orgánica humificada, entre otros muchos, lo mismo que cambios físicos concomitantes, como migración de materiales dentro de la zona edáfica (o sea, la zona de formación y desarrollo de suelo), disminución de la densidad aparente, cambio de color, etc. Como consecuencia, se van integrando capas definidas edáficas, llamadas **horizontes**. El conjunto de los horizontes de un suelo, diferenciados unos de otros por las características químicas y físicas adquiridas, determina la **morfología** del mismo e integra su **perfil**, que puede ser observado y estudiado en un corte.

En la lámina siguiente se observan dos ejemplos esquemáticos de suelos plenamente desarrollados y diferenciados

Lámina 72 Esquemas de perfiles de suelos plenamente desarrollados y diferenciado



En ambos ejemplos se observa un horizonte superior denominado "A", más o menos rico en materia orgánica humificada y generalmente de color más oscuro que los demás horizontes del perfil. Ambos suelos también presentan horizontes denominados "B" y "C" sobre "D", el material geológico sobre el cual descansa todo el perfil y que puede ser el parental. Los horizontes B que siempre subyacen a un A, a

no ser que éste se haya perdido por erosión, casi siempre contienen notablemente menos materia orgánica que éste y, en muchos casos son horizontes en los que se acumulan materiales que migran hacia abajo desde A. Es por eso que con frecuencia aparecen en los horizontes B manchones blandos o duros de sustancias blancas, generalmente carbonatos de calcio; manchones rojos producidos por óxidos de hierro o de otros tipos. En otros muchos casos los horizontes B no son de acumulación y su desarrollo se debe a otro tipo de transformación.

Los horizontes denominados "C" son capas de material parental en proceso de descomposición y conversión a suelo, con abundancia de partículas de los materiales primarios, pero mezclados éstos con los secundarios propios del suelo.

En el ejemplo B hay un horizonte "E", llamado álbico, situado entre A y B, que se presenta en ciertos suelos. Es un horizonte que destaca por su color blanquecino o gris y que se desarrolló debido a la pérdida que sufre de componentes coloreados (humus, óxidos, arcillas de colores obscuros, etc.) que emigran del mismo hacia los horizontes inferiores.

Es preciso tener en cuenta que los espesores de estos diversos horizontes son bastante variables y también que cada uno puede mostrar cierto grado de diferenciación interna. Por otro lado, no todos los suelos presentan todos los horizontes. En los suelos juveniles derivados de aluviones recientes, por ejemplo, todo el perfil puede estar constituido por un horizonte C, careciendo de A y B. Otros suelos pueden carecer de los horizontes B o C, o de ambos, quedando el A como horizonte único sobre roca y aún se dan casos de suelos que sepultan a otros más antiguos.

En el sistema FAO / UNESCO se han definido tipos específicos de horizontes A y B, lo mismo que otros especiales (como horizontes de acumulación de carbonatos de calcio) que pueden quedar ubicados en diversos niveles del perfil, sea en B o en C. A todos se les llama "horizontes diagnósticos". Los órdenes y subórdenes de suelos se definen entonces fundamentalmente, en términos de los horizontes diagnósticos que presentan, pero tomando en cuenta al mismo tiempo propiedades físicas y químicas tales como color, textura, estructura, pH, saturación con bases, contenido de sales y otros.

En las Cartas Edafológicas INEGI se da importante información complementaria a la simple clasificación de los suelos, señalando tres clases texturales (gruesa, media y fina), diversas fases químicas (salinas en grado de ligera, moderada y alta, y la sódica) y doce fases físicas.

Los sistemas de clasificación de suelos con base morfométrica suponen una estupenda oportunidad de aplicación de información edafológica homologada, más allá del mero proceso clasificatorio. Entre las posibles utilidades está la de fundamentar protocolos de asignación objetiva de cada grupo hidrológico a la variabilidad de Grupos de Suelo de Referencia identificados en el área de estudio correspondiente [Gomez et al, 2013]

Tomando como consideración estas bases se empleó la siguiente tabla de equivalencia:

Tabla 87 Tabla de equivalencia entre los tipos de suelo FAO/SCS

Tipo de suelo (INEGI)	Unidad calificadora	Grupo de suelo según el USDA por textura		
		Gruesa	Media	Fina
Gleysol Histosol Planosol Plintosol Solonchak Solonetz	abrúptico, álbico, alcálico, ándico, arénico, arídico, cálcico, cálcico, crómico, cutánico, dístrico, endoesquelético, endoestágnico, endopetrogípsico, endosálico, endosódico, epiesquelético, epipetrogípsico, episálico, episódico, esquelético, estágnico, ferrálico, férrico, fíbrico, flúvico, fólico, gélico, gípsico, gipsírico, grúmico, háplico, hipercálcico, hiperdístrico, hiperesquelético, hipergípsico, hiperócrico, hipersálico, hipersódico, hipocálcico, hipoferrálico, hipolúvico, hipoplíntico, hiposálico, hiposódico, hístico, húmico, mázico, melánico, mesotrófico, mólico, molihúmico, nátrico, ócrico, ortodístrico, páquico, paralítico, pélico, petrosálico, prótico, réico, réndzico, ródico, rúbico, rúptico, sálico, saprihístico, silándico, sódico, téfrico, úmbrico, umbrihúmico, vítrico, yérmico.	B	C	D
	calcárico, endogléyico, endoléptico, endopétrico, endopetrocálcico, endopetrodúrico, endoplíntico, epigléyico, epiléptico, epipétrico, epipetrocálcico, epipetrodúrico, epiplíntico, eútrico, gléyico, hiperéutrico, léptico, lítico, lúvico, nítico, pétrico, petrocálcico, petrodúrico, plíntico, profóndico, síltico, takírico, vértico.			
Acrisol Alisol Cambisol Gipsisol Lixisol Luvisol Nitosol Vertisol	abrúptico, álbico, alcálico, ándico, arénico, arídico, cálcico, cálcico, crómico, cutánico, dístrico, endoesquelético, endoestágnico, endopetrogípsico, endosálico, endosódico, epiesquelético, epipetrogípsico, episálico, episódico, esquelético, estágnico, ferrálico, férrico, fíbrico, flúvico, fólico, gélico, gípsico, gipsírico, grúmico, háplico, hipercálcico, hiperdístrico, hiperesquelético, hipergípsico, hiperócrico, hipersálico, hipersódico, hipocálcico, hipoferrálico, hipolúvico, hipoplíntico, hiposálico, hiposódico, hístico, húmico, mázico, melánico, mesotrófico, mólico, molihúmico, nátrico, ócrico, ortodístrico, páquico, paralítico, pélico, petrosálico, prótico, réico, réndzico, ródico, rúbico, rúptico, sálico, saprihístico, silándico, sódico, téfrico, úmbrico, umbrihúmico, vítrico, yérmico.	B	B	C
	calcárico, endogléyico, endoléptico, endopétrico, endopetrocálcico, endopetrodúrico, endoplíntico, epigléyico, epiléptico, epipétrico, epipetrocálcico, epipetrodúrico, epiplíntico, eútrico, gléyico, hiperéutrico, léptico, lítico, lúvico, nítico, pétrico, petrocálcico, petrodúrico, plíntico, profóndico, síltico, takírico, vértico.	B	C	D
Andosol Arenosol Calcisol Chermozem Durisol Fluvisol Kastañozem Leptosol Phaeozems Regosol Umbrisol	abrúptico, álbico, alcálico, ándico, arénico, arídico, cálcico, cálcico, crómico, cutánico, dístrico, endoesquelético, endoestágnico, endopetrogípsico, endosálico, endosódico, epiesquelético, epipetrogípsico, episálico, episódico, esquelético, estágnico, ferrálico, férrico, fíbrico, flúvico, fólico, gélico, gípsico, gipsírico, grúmico, háplico, hipercálcico, hiperdístrico, hiperesquelético, hipergípsico, hiperócrico, hipersálico, hipersódico, hipocálcico, hipoferrálico, hipolúvico, hipoplíntico, hiposálico, hiposódico, hístico, húmico, mázico, melánico, mesotrófico, mólico, molihúmico, nátrico, ócrico, ortodístrico, páquico, paralítico, pélico, petrosálico, prótico, réico, réndzico, ródico, rúbico, rúptico, sálico, saprihístico, silándico, sódico, téfrico, úmbrico, umbrihúmico, vítrico, yérmico.	A	B	C
	calcárico, endogléyico, endoléptico, endopétrico, endopetrocálcico, endopetrodúrico, endoplíntico, epigléyico, epiléptico, epipétrico, epipetrocálcico, epipetrodúrico, epiplíntico, eútrico, gléyico, hiperéutrico, léptico, lítico, lúvico, nítico, pétrico, petrocálcico, petrodúrico, plíntico, profóndico, síltico, takírico, vértico.	B	C	D

Fuente: Hernández Jiménez, 2014

Anexo B) Funciones de distribución utilizadas

B). 1. Funciones de distribución aplicadas

Los ajustes de funciones de distribución fueron aplicados atraves del software Ax+B, el cual es capaz de realizar el ajuste funciones de distribución de probabilidad a series de datos, esto mediante la aplicación de diversos procesos para estimar los parámetros de cada una como se menciona en el cuerpo principal del informe. Las funciones de distribución aplicadas son:

Nombre de la función	*Ecuación*
Normal	$F(t) = \int_{-\infty}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z^2}{2}} dz \qquad z = \frac{x-\mu}{\sigma}$
Log-Normal de 2 parámetros	$F(t) = \int_{0}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z^2}{2}} dz \qquad z = \frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}$
Log-Normal de 3 parámetros	$F(t) = \int_{0}^{z} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z^2}{2}} dz \qquad z = \frac{\ln(x-xo)-\mu}{\sigma}$
Gumbel	$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$
Exponencial	$F(x) = \beta e^{-\beta x}$
Exponencial de dos parámetros	$F(x) = 1 - e^{(x-\sigma)/\mu}$
Gamma de dos parámetros	$F(x) = \frac{1}{\mu\Gamma(\sigma)} \int_{\delta}^{x} (\frac{x}{\alpha})^{\sigma-1} e^{(x)/\mu} dx$
Gamma de tres parámetros	$F(x) = \frac{1}{\mu\Gamma(\sigma)} \int_{\delta}^{x} (\frac{x-\delta}{\alpha})^{\sigma-1} e^{(x-\delta)/\mu} dx$
Doble Gumbel	$F(x) = pe^{-e^{-\alpha_1(x-\mu_1)}} + (1-p)e^{-e^{-\alpha_2(x-\mu_2)}}$
Log-Normal Doble	$F(x) = p\int_{0}^{z_1} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z_1^2}{2}} dz + (1-p)\int_{0}^{z_2} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * e^{-\frac{z_2^2}{2}} dz$
Frechet	$F(x) = e^{-e^{-\alpha(\ln(x)-\beta)}}$
Doble Frechet	$F(x) = pe^{-e^{-\alpha_1(Ln(x)-\mu_1)}} + (1-p)e^{-e^{-\alpha_2(Ln(x)-\mu_2)}}$

B). 2. Teoría de funciones de distribución de dos poblaciones

Es frecuente que las series temporales en hidrología sean de dos poblaciones, esto debido a la existencia de fenómenos ciclónicos que alteran estadísticamente la serie temporal. Por lo que se forman dos muestras ordenadas de datos, como se muestra a continuación:

X_1
X_2
X_3
X_4 — Población Ciclónica
X_5
..
.. — Población No Ciclónica
..
..
X_n

De manera que estadísticamente tenemos:

$$F(x) = pF_1(x) + (1-p)F_2(x)$$

Donde:

p = *Cociente del número de datos de la población No Ciclónica y la muestra total.*

$F_1(x)$ = *Probabilidad de la función No Ciclónica*

$F_2(x)$ = *Probabilidad de la función Ciclónica*

Cabe mencionar que en la funcionalidad del programa el valor de p introducido esta en porcentaje y se ajusta de manera automática al número de datos reales.

B). 3. Estimación de parámetros

El programa Ax+B es capaz de realizar el ajuste funciones de distribución de probabilidad a series de datos, esto mediante la aplicación de diversos procesos para estimar los parámetros de cada una como se menciona a continuación:

- Distribución Normal
  - Ajuste por Método de Momentos/Máxima Verosimilitud
  - Ajuste por el Método de Momentos L
- Distribución Log-Normal de dos parámetros
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
  - Ajuste por el Método de Stigth
- Distribución Log-Normal de tres parámetros
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
- Distribución Exponencial de un parámetro
  - Ajuste por el Método de Momentos
- Distribución Exponencial de dos parámetros
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
- Distribución Gamma de dos parámetros
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
  - Ajuste por el Método de Momentos L
- Distribución Gamma de tres parámetros
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el método de Máxima Verosimilitud
- Distribución Gumbel
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
  - Ajuste por el Método de Momentos L
  - Ajuste por el Método de Máxima Entropía
  - Ajuste por el Método de Mínimos Cuadrados
- Distribución Frechet(Log-Gumbel)
  - Ajuste por el Método de Momentos
- Distribución Gumbel de dos poblaciones (Doble Gumbel)
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
  - Ajuste por el Método de Momentos L
  - Ajuste por el Método de Máxima Entropía
  - Ajuste por el Método de Mínimos Cuadrados
- Distribución Log-Normal de dos poblaciones
  - Ajuste por el Método de Momentos
  - Ajuste por el Método de Máxima Verosimilitud
  - Ajuste por el Método de Stigth
- Distribución Frechet_Doble
  - Ajuste por el Método de Momentos

B). 3.1. Método de momentos

Este es un procedimiento muy sencillo para encontrar los estimadores de los parámetros poblacionales. Consiste básicamente en plantear un sistema de ecuaciones, cuyo tamaño depende del número de parámetros a estimar. Esto se hace al igualar los momentos poblacionales con los muéstrales.

Los momentos muéstrales son parámetros estadísticos comunes:

- Media: $\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$
- Varianza Sesgada: $s^2_{sesg} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$
- Varianza no Sesgada: $s^2_{nosesg} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2$
- Coeficiente de asimetría sesgado: $g_{sesg} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^3}{(S^2_{sesg})^{3/2}}$
- Coeficiente de asimetría no sesgado: $g_{nosesg} = \frac{n^2}{(n-1)(n-2)} \cdot g_{sesg}$
- Coeficiente de Curtosis sesgado: $k_{sesg} = \frac{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^4}{(S^2_{sesg})^2}$
- Coeficiente de Curtosis no sesgado $k_{sesg} = \frac{n^3}{(n-1)(n-2)(n-3)} \cdot k_{sesg}$
- Desviación Estándar: $S = \sqrt{S^2}$
- Coeficiente de variación: $CV = \frac{S}{\bar{x}}$

B). 3.2. Método de máxima verosimilitud

Sea $f(x, a_1, a_2, \ldots . a_n)$ una función de densidad de probabilidad de x con parámetros $a_i i = 1 \ldots m$. Si existe una muestra aleatoria $x_1, x_2 \ldots . x_n$ de esta función de densidad, entonces, su función de densidad conjunta es $f(x_1, x_2 \ldots . x_n : a_1, a_2 \ldots \ldots a_n)$. Debido a que la muestra es aleatoria, la función de densidad conjunta se puede escribir como en la ecuación:

$$f(x_1, x_2 \ldots . x_n : a_1, a_2 \ldots \ldots a_n) = \prod_{i=1}^{n} f(x_1 : a_1, a_2 \ldots \ldots a_n)$$

La probabilidad de obtener la muestra aleatoria $x_1, x_2 \ldots . x_n$ a partir de la población de x es proporcional al producto de sus densidades de probabilidad individual. Esta función conjunta es llamada la función de verosimilitud L

$$L = \prod_{i=1}^{n} f(x_1 : a_1, a_2 \dots \dots a_n)$$

Donde los parametros $a_i, i = 1,2 \dots \dots \dots n$

Debido a que con *ln(L)* se alcanza también su máximo para valores específicos $a_i i = 1 \dots m$ como lo hace L, entonces, la función de verosimilitud se puede expresar como:

$$\ln(L) = ln \prod_{i=1}^{n} f(x_1 : \quad _1, a_2 \dots \dots a_n)$$

B). 3.3. Método de momentos L

Los momentos lineales surgen de combinaciones lineales de los momentos ponderados probabilísticamente y constituyen un sistema alternativo al método tradicional de los momentos convencionales para describir las funciones de distribución. Los momentos ponderados probabilísticamente, de la variable aleatoria X con una función de distribución $F(X)$, quedan definidos por las siguientes expresiones:

$$\lambda_1 = \beta_0$$
$$\lambda_2 = 2\beta_1 - 2\beta_0$$
$$\lambda_3 = 6\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0$$
$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0$$
$$\beta_0 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} x_i$$
$$\beta_1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N-1} \frac{(N-i)}{(N-1)} x_i$$
$$\beta_2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N-1} \frac{(N-i)(N-i-1)}{(N-1)(N-2)} x_i$$
$$\beta_3 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N-3} \frac{(N-i)(N-i-1)(N-i-2)}{(N-1)(N-2)(N-3)} x_i$$

Donde:

β_n = Momentos de Probabilidad Ponderada de Orden n
N = Numero de datos de la muestra
x_i = Elemento i-enesimo de la serie

B). 3.4. Máxima entropía

Tomando en consideración que la entropía puede ser vista como una medida de la incertidumbre para una función de densidad (Shannon ,1948), se tiene que

$$S = -\int f(y) \ln(f(y))\, dy$$

En 1957 Jaynes propuso que el mejor ajuste es una distribución de probabilidad que minimice la información previa necesaria, que será aquella que maximice la entropía de Shannon. Entonces, la función de densidad de máxima entropía *f(y)* definida en el intervalo *[a; b]* es aquella que cumpla:

$$max = -\int_a^b f(y)\ln(f(y))\,dy$$

$$\int_a^b f(y)dy = 1$$

$$\int_a^b y^i f(y)dy = m_i$$

Donde:

m_i Son los M primeros momentos con respecto al origen

$f(y)$ Función de ajuste

B). 3.5. Error estándar de ajuste

Esta técnica permite seleccionar el mejor ajuste de los distintos modelos, fue propuesto por Kite en 1988. Este estadístico se obtiene con la ecuación:

$$EEA = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n}(\hat{X}_T^j - X_T^j)^2}{n_j - m_p}\right]^{1/2}$$

Donde:

X_T^j Son los eventos Q_i^j ordenados de mayor a menor con un periodo de retorno asignado:

$T = \frac{n_j - 1}{m}$ y una probabilidad de excedencia $P = 1 - \frac{1}{T}$

n_j: Longitud del registro analizado

m: Numero de orden

$\hat{Q}_T^j$: Eventos estimados con alguna función de probabilidad para cada periodo de retorno

m_p: Numero de parámetros de la distribución ajustada

La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor del estadístico E.E.A. Si una o más distribuciones tienen valores similares del E. E.A, entonces se deberá optar por aquella distribución que tenga el menor número de parámetros.

Anexo C) Información hidrométrica y climatológica (anexo digital)

Anexo D) Desglose de la estimación de datos faltantes y creación de la estación ficticia (anexo digital)