

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación y tránsito de máximas avenidas en la microcuenca de
la quebrada Faical, Tumbes - 2019**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGRÍCOLA**

Autor:

Carlos Fernando Zevallos Marchan

Tumbes, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación y tránsito de máximas avenidas en la microcuenca de
la quebrada Faical, Tumbes - 2019**

Tesis aprobada en forma y estilo por:

Dr. Jose Modesto Carrillo Sarango (presidente)

Dr. Eber Gines Tafur (secretario)

Mg. Miguel Antonio Puestas Chully (vocal)

Tumbes, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**Estimación y tránsito de máximas avenidas en la microcuenca de la
quebrada Faical, Tumbes - 2019**

Los suscritos declaramos que la tesis es original en su contenido y
forma.

Br. Carlos Fernando Zevallos Marchan (autor)

Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini (asesor)

Dr. Desiderio Atoche Ortiz (co-asesor)

Tumbes, 2019

DEDICATORIA

En memoria de mi abuela
Guillermina Cebastiana
Noblecilla Franco cuyo
recuerdo vivirá siempre en
mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a **Dios**, por ser la luz que ilumina el sendero de mi vida.

A mis padres **Guillermo Hipólito Zevallos Noblecilla** y **Hilda Severiana Marchan Jiménez** y mi tío **Jorge Aurelio Zevallos Noblecilla** por su desmedido cariño y por ser los cimientos sobre los que se apoyan mis sueños.

A mis hermanos **Luis Antonio Zevallos Marchan** y **Cesar Alejandro Zevallos Marchan** por ser aquellos que me brindan su incondicional protección y querer.

A mi compañera **Dajana Catherine Renteria Campaña** por su amor y comprensión en muchos instantes cruciales de mi vida.

A mis asesores **Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini** e **Ing. Deciderio Atoche Ortiz**, por el aporte de sus conocimientos para el éxito de esta investigación.



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**CAMPUS UNIVERSITARIO S/N "LA CRUZ"
SECRETARIA ACADÉMICA
TUMBES - PERU**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

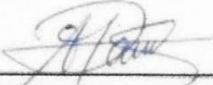
En Tumbes, a los VEINTIDOS día (s) del mes de FEBRERO de dos mil veintiuno, se reunieron de manera virtual, los integrantes del jurado designados, según Resolución N° 065-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (13-11-2020) y Resolución N° 078-2020/UNTUMBES-VRACAD-FCA-D (30-12-2020) donde se aprueba el Proyecto de Tesis y ratifica el jurado; con el objeto de evaluar la sustentación de la tesis denominada: **Estimación y tránsito de máximas avenidas en la microcuenca de la quebrada Faical, Tumbes - 2019**, para optar el Título de Ingeniero Agrícola. **Cuyo Asesor de la mencionada tesis es el Dr. Enrique Antonio Maceda Nicolini y Co - Asesor el Ing. Deciderio Atoche Ortiz.**

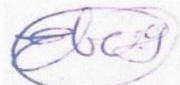
A las SEIS horas con QUINCE minutos y, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el presidente del jurado dio por iniciado el acto.

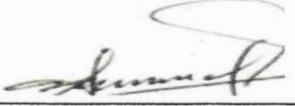
Luego de la exposición del trabajo, la formulación de preguntas y la deliberación del jurado lo declararon APROBADO por UNANIMIDAD con el calificativo de BUENO.

Por lo tanto el Bachiller: **ZEVALLOS MARCHAN CARLOS FERNANDO**, queda apto para que el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Tumbes, le expida el Título Profesional de INGENIERO AGRÍCOLA de conformidad con lo estipulado en el Artículo 90 del Estatuto de la Universidad Nacional de Tumbes y a lo normado en el Reglamento de Grados y Títulos.

Siendo las SIETE horas con VEINTE minutos, el presidente del jurado dió por concluido el presente acto académico y para mayor constancia de lo actuado firman en señal de conformidad todos los integrantes de este jurado, presentes en el acto de sustentación.


Dr. JOSE MODESTO CARRILLO SARANGO
DNI N° 00223850
Presidente


Dr. EBER GINES TAFUR
DNI N° 17542075
Secretario


Dr. MIGUEL ANTONIO PUESCAS CHULLY
DNI N° 02660522
Vocal

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	14
I. INTRODUCCIÓN	16
II. ESTADO DE ARTE	18
III. MATERIALES Y METODOS	29
3.1. Materiales y equipos	29
3.1.1. Materiales	29
3.1.2. Equipos	29
3.2. Métodos de investigación.....	29
3.2.1. Delimitación de la unidad hidrográfica	29
3.2.2. Obtención y análisis de datos pluviométricos	31
3.2.3. Análisis de distribución de probabilidad	43
3.2.4. Diseño de tormentas.....	46
3.2.5. Determinación de precipitación efectiva	48
3.2.6. Generación de caudales máximos.....	53
3.2.7. Tránsito de avenidas en embalse	55
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	58
4.1.1. Microcuenca Faical	58
4.1.2. Calidad de datos	59
4.1.3. Interpolaciones y extrapolaciones.....	72
4.1.4. Hietogramas sintéticos.....	79
4.1.5. Hietogramas efectivos sintéticos.....	83
4.1.6. Hidrogramas de diseño	87
4.1.7. Determinación del NAME.....	91
V. CONCLUSIONES	96

VI. RECOMENDACIONES.....	97
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	98
VIII. ANEXOS.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estaciones virtuales.	32
Tabla 2: Precipitación máxima diaria EV1.....	34
Tabla 3: Precipitación máxima diaria EV2.....	35
Tabla 4: Precipitación máxima diaria EV3.....	36
Tabla 5: Precipitación máxima diaria EV4.....	37
Tabla 6: Precipitación máxima diaria EV5.....	38
Tabla 7: Precipitación máxima diaria EV6.....	39
Tabla 8: Insumos para construcción de data área de inundación – elevación..	57
Tabla 9: Características de unidades de interés.	58
Tabla 10: Análisis confirmatorio EV1.	63
Tabla 11: Análisis confirmatorio EV2.	63
Tabla 12: Análisis confirmatorio EV3.	64
Tabla 13: Análisis confirmatorio EV4.	64
Tabla 14: Análisis confirmatorio EV5.	65
Tabla 15: Análisis confirmatorio EV6.	65
Tabla 16: Precipitaciones corregidas.	67
Tabla 17: Análisis confirmatorio EV1 (data corregida).	69
Tabla 18: Análisis confirmatorio EV2 (data corregida).	69
Tabla 19: Análisis confirmatorio EV3 (data corregida).	70
Tabla 20: Análisis confirmatorio EV4 (data corregida).	70
Tabla 21: Análisis confirmatorio EV5 (data corregida).	71
Tabla 22: Análisis confirmatorio EV6 (data corregida).	71
Tabla 23: Precipitaciones máximas diarias (8 a.m. – 8 p.m.).....	73
Tabla 24: Precipitaciones máximas diarias (24 horas).	75
Tabla 25: Lista de distribuciones de probabilidad.	76
Tabla 26: Pruebas de bondad de ajuste.	77
Tabla 27: Interpolaciones y extrapolaciones para diferentes T.	78
Tabla 28: Análisis de riesgo del evento pluviométrico.	79
Tabla 29: Estimación de tiempo de retraso.....	88
Tabla 30: Resumen de resultados.	89
Tabla 31: Resultado de tránsito (T = 1000 años)	92
Tabla 32: Resultado de tránsito (T = 2000 años).	93
Tabla 33: Resultado de tránsito (T = 10000 años).	94
Tabla 34: Alturas posibles del dique o cortina.	95
Tabla 35: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 10 años	105
Tabla 36: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 25 años	106
Tabla 37: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 50 años	107
Tabla 38: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 1000 años	108
Tabla 39: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 2000 años	109
Tabla 40: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 10000 años	110
Tabla 41: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 10 años).....	111
Tabla 42: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 25 años).....	117

Tabla 43: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 50 años)	123
Tabla 44: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 1000 años)	129
Tabla 45: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 2000 años)	135
Tabla 46: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 10000 años)	141
Tabla 47: Resultado de transito hidrograma de máxima avenida (T = 1000 años)	147
Tabla 48: Resultado de transito hidrograma de máxima avenida (T = 2000 años)	151
Tabla 49: Resultado de transito hidrograma de máxima avenida (T = 10000 años)	155

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: DEM (digital elevation model) AP_26651_FBS_F7110_RT1.dem.tif..	30
Figura 2: Detalle de estaciones virtuales (EV).....	33
Figura 3: Serie temporal EV1 (dato anómalo 1983).....	40
Figura 4: Perfiles de tormentas de 24 horas según el Soil Conservation Service "SCS". Por Chow et al. (1994).	47
Figura 5: Distribución de tormentas tipo del SCS. Por Chow et al. (1994).....	47
Figura 6: Distribución de hietograma sintético Tipo II según Chow 1994. Por Ugarte (2012).....	48
Figura 7: Idealizaciones del SCS sobre abstracciones o perdidas en un hietograma (P_0 - abstracción inicial; F_a - abstracción continua; P_e - precipitación efectiva). Por Villarroya, J. P., Farias, H. D., y Amarilla, M. E. (s.f.).....	49
Figura 8: Análisis del parámetro cobertura (uso de la tierra - condición hidrológica).....	51
Figura 9: Serie temporal EV1 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).	59
Figura 10: Serie temporal EV2 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).	60
Figura 11: Serie temporal EV3 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).	60
Figura 12: Serie temporal EV4 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).	61
Figura 13: Serie temporal EV5 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).	61
Figura 14: Serie temporal EV6 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).	62
Figura 15: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno $T = 10$ años.	80
Figura 16: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno $T = 25$ años.	80
Figura 17: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno $T = 50$ años.	81
Figura 18: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno $T = 1000$ años.	81
Figura 19: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno $T = 2000$ años.	82
Figura 20: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno $T = 10000$ años.	82
Figura 21: Estimación de abstracciones o perdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de $T = 10$ años.	84
Figura 22: Estimación de abstracciones o perdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de $T = 25$ años.	84

Figura 23: Estimación de abstracciones o perdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 50 años.	85
Figura 24: Estimación de abstracciones o perdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 1000 años.....	85
Figura 25: Estimación de abstracciones o perdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 2000 años.....	86
Figura 26: Estimación de abstracciones o perdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 10000 años.....	86
Figura 27: Hidrogramas de avenidas de alta frecuencia.....	89
Figura 28: Hidrogramas de avenidas de baja frecuencia.....	90
Figura 29: Hidrograma de entrada y salida (T = 1000 años).	92
Figura 30: Hidrograma de entrada y salida (T = 2000 años).	93
Figura 31: Hidrograma de entrada y salida (T = 10000 años).	94
Figura 32: Numero de curva N (para CHA-II e Ia=0.2S). Por Villón (2011).	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plano de la microcuenca Faical.	102
Anexo 2: Código para extraer datos PISCO.....	103
Anexo 3: Tabla para selección de numero de curva N	104
Anexo 4: Detalle de resultados de hietogramas sintéticos en base a perfiles de tormentas del SCS.	105
Anexo 5: Detalle de resultados de hidrogramas de diseño.....	111
Anexo 6: Detalle de resultados de transito de hidrogramas en el embalse "El Limón"	147

RESUMEN

“Estimación y tránsito de máximas avenidas en la microcuenca de la quebrada Faical, Tumbes – 2019”

Esta investigación tuvo por objetivo central, dimensionar óptimamente la cortina de represamiento del embalse “El Limón”, específicamente la sección del dique encargada de controlar las máximas avenidas que puedan acontecer; para lograr tal fin, se analizaron bajo criterios de posibilidad o probabilidad, las magnitudes de los caudales que pudieran presentarse, en el punto de ubicación de la estructura de represamiento; la decisión de adoptar un valor en específico, fue guiada en consideración del nivel de riesgo hidrológico que implicaría acoger referida magnitud para el diseño. Para la concretización de las metas planteadas, fue necesario la adquisición y análisis de datos pluviométricos, la generación de tormentas de diseño, el cálculo de hidrogramas de máximas avenidas y la simulación del tránsito en el embalse de citados hidrogramas. Para períodos de retorno “T” de 1000, 2000 y 10000 años y niveles de riesgo “R” de 2,47, 1,24 y 0,25%, los hidrogramas de diseño generaron volúmenes de superalmacenamiento que elevaron el nivel del agua por encima del NAMO en 2,95, 3,35 y 4,34 m respectivamente. Finalmente se sugiere para el diseño, optar por el resultado de 3,35 m, el cual es consecuencia del tránsito (en el embalse “El Limón”) del hidrograma con un período de retorno de 2000 años, asumiendo consecuentemente que en la vida útil de la estructura (25 años) habrá un riesgo de 1,24% de que el valor de referida avenida sea observado al menos una vez.

Autor: Carlos Fernando Zevallos Marchan

Palabras clave: Análisis de consistencia; tormentas de diseño; precipitación efectiva; máximas avenidas; superalmacenamiento; NAME.

ABSTRACT

“Estimation and traffic of maximum avenues in the micro-basin of the Faical stream, Tumbes – 2019”

The main objective of this research was to optimally dimension the damming curtain of the "El Limón" reservoir, specifically the section of the dike in charge of controlling the maximum floods that may occur; to achieve this goal, the magnitudes of the flows that could occur at the location of the dam structure were analyzed under criteria of possibility or probability; the decision to adopt a specific value was guided by the level of hydrological risk that would imply accepting this magnitude for the design. In order to achieve the proposed goals, it was necessary to acquire and analyze pluviometric data, generate design storms, calculate maximum flood hydrographs and simulate the transit of these hydrographs in the reservoir. For return periods "T" of 1000, 2000 and 10000 years and risk levels "R" of 2,47, 1,24 and 0,25%, the design hydrographs generated over-storage volumes that raised the water level above the NAMO by 2,95, 3,35 and 4,34 m respectively. Finally, it is suggested for the design to opt for the result of 3,35 m, which is a consequence of the transit (in the "El Limón" reservoir) of the hydrograph with a return period of 2000 years, assuming consequently that in the useful life of the structure (25 years) there will be a risk of 1,24% that the value of the referred flood will be observed at least once.

Author: Carlos Fernando Zevallos Marchan

Keywords: Consistency analysis; design storms; effective precipitation; maximum avenues; super storage; NAME.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las características más resaltantes de la sociedad actual es su creciente demografía; el aumento de la población trae como consecuencia un alza en la demanda de productos básicos. En atención al sector agrícola, el eje que dinamiza al mismo para poder acondicionarse a las solicitudes del mercado, es el óptimo aprovechamiento de los recursos hídricos, mediante el desarrollo de infraestructura que permite una mejor distribución en el tiempo y el espacio del líquido en cuestión.

La expansión y potenciación de la agricultura, demanda la utilización de agua en una proporción que en muchos casos se contrapone a las dotaciones naturales propias del lugar donde se desarrolla; la repartición de ecosistemas en todo el planeta, obedece a patrones característicos de regiones específicas, que le dan a estas unidades naturales, características propias en su distribución de materia (agua, flora, fauna, etc.); de las situaciones de interés que se pueden presentar resalta la de una corriente en régimen intermitente (solo contiene agua cierta parte del año, el nivel de agua subterránea se mantiene por encima del lecho del río solo en estación lluviosa (Monsalve, 1995).); las actividades agrícolas que están inmersas en el área de influencia de mencionadas corrientes, se ven condicionadas a desarrollarse parcialmente en el año (específicamente en los meses en que la corriente presenta volúmenes de flujo) con cultivos temporales, siendo imposible proyectarse a expandir los terrenos de producción o variar la cedula de cultivo con cultivos perennes; ante el fenómeno se plantean diferentes soluciones, como la de perforación de pozos tubulares o el represamiento del recurso hídrico, ambas con el objetivo de que el suministro de agua sea constante en todo el año.

El Perú no es ajeno a la situación descrita en los párrafos anteriores y muchas regiones del país se ven condicionadas en su desarrollo por este mismo fenómeno, siendo una de ellas la región Tumbes.

La agricultura que se sustenta en Tumbes se ve localizada mayormente en los valles de las corrientes que cruzan o que nacen en la región. En el departamento, de la variedad de las corrientes una de las más importantes es la del río Zarumilla; de características de régimen intermitente es este río el que sustenta en periodos húmedos las actividades agrícolas que se desarrollan en su valle; en época de estiaje los cultivos son abastecidos con agua proveniente de pozos tubulares; bajo estas condiciones se visualiza que el impacto del sector agrícola en la zona no ha sido significativo.

En atención a la problemática detallada (que es constante en toda la región) el gobierno nacional a través de su Proyecto Especial Binacional Puyango - Tumbes viene realizando estudios en todo el departamento con el objetivo de formular y ejecutar proyectos que impulsen el desarrollo agrario.

En la cuenca del río Zarumilla, el PEBPT formula intervenir con el desarrollo de una pequeña presa (ubicada sur-oeste de la ciudad de Matapalo, en el distrito de Matapalo, provincia de Zarumilla, departamento de Tumbes) que aprovecharía los recursos hídricos de las microcuencas de las quebradas Faical y Hondonada (planteando la localización de la presa en la primera y un trasvase desde la segunda) (Obando, 2003). De los estudios realizados por el PEBPT se centra la atención en un documento con título "Informe Final de Hidrología" anexo del estudio "Perfil del Proyecto Irrigación Faical", elaborado por el autor citado anteriormente; de referida investigación se extraerán datos fundamentales que servirán como base para alcanzar los objetivos del presente estudio (estimación de avenidas máximas y tránsito de las mismas en el embalse "El Limón"); la concretización de estos objetivos nos permitirá efectuar una adecuada sugerencia técnica sobre el óptimo dimensionamiento de las estructuras a proyectar, específicamente sobre la sección del dique de la presa, que servirá para controlar los volúmenes de superalmacenamiento que puedan generarse por el tránsito o paso de máximas avenidas en el embalse.

II. ESTADO DE ARTE

Al desarrollar proyectos de infraestructura hidráulica, una de las etapas de mayor incertidumbre, es la elaboración de los estudios de hidrología. Es esta ciencia en su sentido más objetivo, la encargada del estudio de las aguas que pueden ser aprovechadas en su forma superficial o subterránea (Mejía, 2006).

La caracterización hidrológica de una determinada zona, inicia con la obtención de diversos datos, los cuales, al ser analizados, reflejan el comportamiento de las variables que se quieren estudiar. Gutiérrez (2014) explica que un modelo del sistema hidrológico, es un acercamiento al comportamiento del sistema real, referido sistema ante un estímulo genera una reacción medible, el estímulo se conforma de variables hidrológicas y sus salidas tienen la misma categorización; la estructura del modelo (transformación o función del sistema) consta de un conjunto de ecuaciones que conectan las entradas con las salidas.

En referencia al presente estudio, y buscando seguir con los objetivos de la investigación, se inicia con la obtención de datos pluviométricos (estímulos del sistema o variables de entrada); estos datos, primero tendrán que ser sometidos a ciertas pruebas (visuales-gráficas y estadísticas), con la intención de observar si se presentan errores o inconsistencias en los mismos; serán evaluados entonces, con análisis de consistencia. Registros afectados pondrán en manifiesto saltos y/o tendencias en las series temporales; es muy importante antes de realizar cualquier modelado, hacer esta evaluación previa, de no ser así, los resultados obtenidos con los modelos podrían ser erróneos (Villón, 2006).

Todo el proceso estadístico que se seguirá para el análisis de la serie temporal, supondrá que el comportamiento del fenómeno registrado, obedece a un proceso estocástico. Un proceso estocástico, es aquel que, en su sentido más estricto, no se puede predecir; sin embargo, se detallan dos tipos de procesos estocásticos, uno estacionario y otro no estacionario (López, 2017).

La serie temporal a analizar, debe ser estacionaria y adicionalmente homogénea.

En un proceso estocástico estacionario, la distribución de probabilidad varía de forma casi constante, a lo largo de la serie temporal; aunque el proceso es aleatorio, este variaría sus magnitudes en un rango conocido (López, 2017). La estacionalidad de la serie, es observada con la presencia de tendencias (La estacionalidad, 2016).

La homogeneidad de la data, se puede asimilar como la condición en que todas las propiedades de un sub conjunto del conjunto de datos, son iguales a las de otro sub conjunto del mismo conjunto de datos (Homogeneidad, 2016). La homogeneidad de la data, es observada mediante la presencia de saltos.

Antes de iniciar el análisis de estacionalidad y homogeneidad, se debe conocer la distribución de probabilidad que siguen los datos que se suponen extraídos de una población, en función de esta distribución se elegirán los grupos de pruebas estadísticas a realizar (paramétricas o no paramétricas).

Cuando se quiere contrastar la aseveración o hipótesis de los parámetros de una población que siguen una distribución normal se utilizan las pruebas paramétricas; otro requisito importante para la realización de las pruebas paramétricas es que exista homocedasticidad (Gomez, Danglot y Vega, 2003). La homocedasticidad se entiende como la igualdad de varianzas de las muestras; además se menciona que si la muestras no cumplen con alguno de los requisitos de normalidad o homocedasticidad se debe optar por pruebas no paramétricas (Vivaelssoftwarelibre, 2019).

Las pruebas no paramétricas son técnicas que no necesitan afirmaciones acerca de la ley de probabilidad que sigue la población que integra la muestra con la que se está trabajando, por lo tanto, se aplican para el análisis de parámetros, cuando se desconoce si la población cumple el supuesto de normalidad (Villasante, 2019).

Finalmente, de realizar los análisis respectivos aplicados en cada condición particular, y detectar significancia, se procede a corregir o eliminar los datos que puedan estar afectando a la serie temporal.

Al culminar todo el proceso descrito anteriormente, se continúa con la selección de una función de distribución teórica (de uso común en hidrología: distribución normal, log

normal 2 parámetros, log normal 3 parámetros, Gamma 2 parámetros, Gamma 3 parámetros, log Pearson tipo III, Gumbel y log Gumbel) que describa el comportamiento de la variable que se está estudiando de manera satisfactoria; la selección de la distribución teórica adecuada se realiza mediante pruebas de bondad de ajuste (chi-cuadrado o Smirnov-Kolmogorov) (Villón, 2006). Se detalla que la prueba de Smirnov-Kolmogorov. “(...) Consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(X_m)$ y la estimada $F(X_m)$ ” (Aparicio, 1992, p.279).

Antes de realizar las pruebas de bondad de ajuste, se estiman los parámetros de la población en base a los datos de la muestra. Para el cálculo de estos parámetros, se pueden realizar por métodos gráficos, de momentos ordinarios, de mínimos cuadrados, de momentos lineales o de máxima verosimilitud; la metodología de momentos lineales (L-moments) es menos sensible a los valores extremos que se puedan presentar en la data, por lo tanto, es más adecuada para las estimaciones de mejor ajuste de distribuciones (Villón, 2006).

Generalmente al realizar pruebas de bondad de ajuste, los resultados no son significativos en variedad de distribuciones, entonces, nace la necesidad de elegir una de entre todas las distribuciones que cumplen la condición de no significancia, Aparicio (1992) afirma que: “Entre todas las posibles distribuciones a seleccionar, se elija la que presente menor valor de D ” (p.281).

Elegida la distribución de probabilidad, se procede a realizar interpolaciones y/o extrapolaciones de los datos en función de periodos de retorno. Villón (2006) define: “El periodo de retorno T , como el intervalo promedio de tiempo en años, dentro del cual un evento de magnitud x puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio (...)” (p.21). Es importante comprender, que los datos generados, obedecen a eventos o supuestos inciertos, cuya característica más resaltante, es la de poder ser medidos mediante criterios de probabilidad; la posibilidad de ocurrencia que adoptan referidas magnitudes, está en función de los tiempos o periodos de retorno con los que fueron generados; entonces se asimila que el dato estimado, está acompañado de una medida de posibilidad.

En el diseño de obras hidráulicas la adopción de un dato generado estadísticamente, parte bajo el criterio de seguridad, es así que en hidrología se acoge el concepto de riesgo “R”, el cual Villón (2006) lo define como: “La probabilidad de que el evento, ocurra al menos una vez en “n” años sucesivos (...)” (p.23). La comprensión de este concepto, nos induce a razonar sobre las condiciones de seguridad que requiere cada proyecto, naturalmente, en observación de los escenarios particulares en los que se desarrollará; es decir no siempre se diseñará para las condiciones más severas, se tendrán que observar variedad de parámetros.

En este estudio, se generarán datos para diversos períodos de retorno, sin embargo, en consideración de la estructura de interés (presa) y bajo la observación de los daños que podría causar su falla, se adoptarán, las magnitudes generadas para los más extensos períodos de retorno o los mínimos niveles de riesgo.

Con los datos acogidos, se prosigue a la estimación de hietogramas de diseño (detalle necesario debido al tipo de metodología empleada para la estimación de máximas avenidas). Chow, Maidment y Mays (1994) explican que una tormenta de diseño, es un estímulo o variable de entrada al sistema, utilizado, cuando se quieren generar caudales a través de procesos de precipitación-escorrentía; una tormenta de diseño, puede ser expresada mediante un dato puntual, un hietograma de diseño o mediante un plano de isoyetas; el hietograma de diseño, es útil cuando se quiere tener detalle sobre la distribución temporal de la tormenta, además, es utilizado cuando las respuestas o variables de salida, serán empleados en el diseño de embalses y vertederos.

Se comprende que los datos extrapolados y/o interpolados, tienen su origen en datos pluviométricos (medidos diariamente), por lo tanto, tendrán la misma categorización, entonces, se requiere su desintegración en un nivel de detalle o intervalo de medición menor, lo cual conformaría el hietograma requerido.

De los diferentes métodos para el diseño de un hietograma en base a un dato pluviométrico, se observa el método desarrollado por el Soil Conservation Service (SCS) del US Department of Agriculture (1986), esta entidad desarrolló hietogramas

sintéticos de tormentas, las cuales tenían duraciones de 6 y 24 horas; refieren también que existen 4 perfiles de tormentas de 24 horas de duración, estas son “Tipo I, II, III y IV” (Chow et al., 1994). En este estudio, se utilizó el perfil “Tipo II”, pues es el que se acondiciona a la zona de interés; el hietograma, se estimará al multiplicar las coordenadas de los perfiles sintéticos por la magnitud del dato pluviométrico.

Estimado el hietograma, se observa que no toda la precipitación diseñada generará escorrentía, es necesario entonces, evaluar el concepto de precipitación efectiva.

En general, cuando se suscita una tormenta, solo una porción de la lámina precipitada, llega a convertirse en escorrentía superficial, el resto es retenido superficialmente y/o infiltrado (abstracciones); a esta porción de precipitación que genera escorrentía se le conoce como precipitación efectiva “ P_e ” (Sánchez, 2012).

Se han desarrollado diversidad de metodologías con el objetivo de estimar referida precipitación efectiva. El SCS de los Estados Unidos desarrollo un método empírico, el cual se fundamenta en la idealización de las relaciones de las variables: infiltración real acumulada “ F ”, infiltración potencial máxima “ S ”, escorrentía total acumulada “ Q (ΣP_e)” y precipitación efectiva “ P_e ” (Villón, 2011).

El SCS explica, que una precipitación comienza a generar escorrentía superficial cuando sobrepasa un umbral o abstracción inicial, en el instante que se da esta condición, el suelo empieza disminuir su capacidad de infiltración, y consecuentemente, en la superficie del terreno se comienza a acumular el agua precipitada; la lámina acumulada recibe el nombre de precipitación efectiva “ P_e ” (Sánchez, 2012).

Después de ciertas modificaciones de las variables involucradas, se genera una ecuación útil para la estimación de la escorrentía total acumulada “ Q ” en función de la precipitación “ P ” y la infiltración potencial máxima “ S ”, este último parámetro de referida ecuación, el SCS después de estudiar un gran número de pequeñas cuencas, estableció relaciones para estimarlo a partir de diferentes curvas “ N ” (Villón, 2011). El método es muy conocido como el del número de curva “ N ”, pues la magnitud este

parámetro, condiciona la utilización de una familia de curvas para la estimación de la escorrentía total acumulada " $Q = \sum Pe$ ". El cálculo del parámetro "N", se hace en función de una tabla desarrollada para tal objetivo; para su utilización, es necesario comprender los conceptos de condición hidrológica, grupo hidrológico de suelo, uso de la tierra y tratamiento o practica; al contrastar referidos conceptos con lo observado en el sitio de interés, se escoge la magnitud de "N" para esas condiciones particulares (Villón, 2011). La tabla detallada con anterioridad, fue diseñada por el SCS para condiciones promedio (sustracciones iniciales " I_a " = 0,2S y condición de humedad antecedente (CHA-II)). Las condiciones de humedad antecedente "CHA", explican la capacidad que tiene un suelo en un instante en particular para facilitar la absorción de lluvia; en un suelo húmedo, se infiltrará menos cantidad de agua (Bateman, 2007).

La ejecución de todo el procedimiento explicado en líneas anteriores, nos permite la separación en el hietograma completo, de la precipitación que si produce escorrentía de la que no la produce, el hietograma resultante sería entonces el de precipitación efectiva.

Elaborado el hietograma de precipitación efectiva, se procede a la generación de escurrimientos mediante procesos de precipitación – escorrentía. Objetivamente referido proceso, consiste en la transformación de un hietograma en un hidrograma (Sánchez, s.f.). La dinámica de este fenómeno, tiene que ser abordada e idealizada cuando no se cuenta con registros de volúmenes de flujo.

En el Perú esta condición es recurrente, no siendo la excepción en nuestro espacio de interés. Los métodos que describen el proceso de precipitación – escorrentía, son utilizados cuando se requiere generar registros hidrométricos a partir de registros pluviométricos, al no contar con los primeros, estos se generan en función de los últimos y en adición de las características de la cuenca. Los parámetros involucrados son: área de la cuenca, altura total de la precipitación, características generales de la cuenca (forma, pendiente, vegetación, etc.), distribución temporal y espacial de la lluvia, etc. (Aparicio, 1992).

De la diversidad de metodologías empleadas para la estimación de las variables de interés, se presta atención al concepto de hidrograma unitario. Villón (2011) afirma que: “El hidrograma de una corriente es la representación gráfica de las variaciones del caudal con respecto al tiempo, arregladas en orden cronológico, en un lugar dado de la corriente” (p.197).

La grafica de un hidrograma consta de diferentes “componentes” que la caracterizan, esencialmente se conforma por el registro de un flujo base y un flujo superficial; en atención a este estudio, el interés se centra en la observación del flujo superficial, pasando a un segundo plano el flujo base, el cual aunque es influenciado por las mismas precipitaciones que producen flujo superficial, consta de un tiempo de respuesta mayor.

En nuestro caso particular, como se detalló en líneas anteriores no se cuenta con registros de aforos, por lo tanto, se observan los conceptos de hidrogramas unitarios (HU) y sintéticos.

Un hidrograma unitario, es un hidrograma producido por una precipitación de exceso de magnitud unitaria, distribuida uniformemente en toda la unidad hidrográfica, con una intensidad constante y una duración específica (duración de exceso “de”); al idealizar tormentas con características predeterminadas (duración, intensidad, distribución, etc.), los hidrogramas resultantes dependerán fundamentalmente de las características fisiográficas de la unidad hidrográfica (área, forma, pendiente, etc.) (Gámez, 2009). Por lo tanto, ante tormentas de características similares, se esperarán hidrogramas similares. Sherman en 1932, desarrolló la idea del hidrograma unitario, y se fundamentó en los siguientes supuestos: distribución uniforme (la precipitación efectiva se distribuye de manera uniforme en toda la unidad hidrográfica); tiempo base constante (el tiempo base es el mismo para tormentas con igual duración de lluvia efectiva); linealidad o proporcionalidad (las ordenadas de los hidrogramas son directamente proporcionales a las ordenadas de los hietogramas de exceso); superposición de causas y efectos (el hidrograma generado en un evento específico, puede superponerse a hidrogramas de periodos lluviosos precedentes) (Villón, 2011).

Desde que se desarrolló el concepto de hidrograma unitario, este ha sido ampliamente utilizado en los procesos para la generación de escorrentías a partir de precipitaciones, usualmente es asequible contar con registros de precipitaciones en lugar de caudales, sin embargo para desarrollar un HU tradicional de una unidad hidrográfica específica, se necesita el registro simultaneo de un hidrograma y del hietograma que lo generó, partiendo con estos insumos se puede desarrollar el HU para esa tormenta específica (para una duración de exceso determinada), y mediante los fundamentos desarrollados por Sherman y la asimilación del concepto de la curva S, encontrar los hidrogramas para tormentas de características diferentes (Aparicio, 1992).

En este estudio en particular, el lugar de interés no cuenta con registros hidrométricos, esta condicionante es recurrente en diversidad de lugares del mundo, y ante ella numerosos investigadores han desarrollado metodologías basadas en hidrogramas unitarios sintéticos. Los hidrogramas sintéticos, son aquellos que se obtienen mediante los parámetros generales de la cuenca y las características de la tormenta de interés (Cahuana y Yugar, 2009). El concepto anterior es correlacionado con el de un hidrograma unitario, de esa manera nace el ideal de un hidrograma unitario sintético, el cual explica exactamente el mismo proceso de escorrentía generado por una precipitación de magnitud unitaria, sin embargo, el origen de la obtención del mismo es de forma sintética.

Como se ha expresado con anterioridad diversidad de investigadores han presentado propuestas de desarrollo de hidrogramas sintéticos. Mockus desarrolló un HU sintético el cual es utilizado por el SCS de los Estados Unidos (Cahuana y Yugar, 2009). Referido hidrograma es de forma triangular, y aunque en apariencia este denote simpleza, expresa detalladamente los componentes esenciales de un hidrograma (t_p - tiempo al pico, t_b - tiempo base, Q_p - caudal pico, t_r - tiempo de retardo) (Villón, 2011).

El SCS desarrolló una metodología para encontrar hidrogramas de escurrimiento directo de tormentas específicas, utilizando lo propuesto por Mockus y adicionando un hidrograma adimensional diseñado por ellos.

El proceso planteado por el SCS, es el siguiente: elaboración del hidrograma unitario, determinación de la lluvia efectiva (proceso explicado con anterioridad), elaboración del hidrograma efectivo, determinación de caudal máximo (Campos, 2016).

Chow et al. (1994) explica que el SCS mediante el desarrollo de un hidrograma unitario triangular (primer sub proceso - Mockus), estima los datos de tiempo al pico " t_p (horas)" y caudal pico " q_p ($m^3/s.cm$)". Al multiplicar estos insumos por las coordenadas del hidrograma unitario adimensional detallado anteriormente, se obtiene un hidrograma efectivo ($m^3/s/mm$) (Campos, 2016).

Villón (2011) explica que todo hidrograma unitario está relacionado a una duración de exceso "de" determinada. Por lo tanto, se observa que el hidrograma triangular que se desarrollará, está asociado a este parámetro, cuyo valor puede ser encontrado de acuerdo a ciertas ecuaciones establecidas. Además, se debe comprender que el hidrograma de precipitación efectiva (segundo sub proceso, explicado con detalle en líneas anteriores) de la tormenta de diseño, estará compuesto en general por k.de o de'. El hidrograma, será encontrado al multiplicar las coordenadas del hidrograma efectivo por las magnitudes de precipitación efectiva (Campos, 2016). Referidas magnitudes tendrán un intervalo de medición igual a la duración efectiva y presentarán una distribución uniforme en todo el intervalo; si el hidrograma está compuesto de k.de o de' se tendrán que seguir los fundamentos propuestos por Sherman 1932 para encontrar el hidrograma de la tormenta de diseño.

Al finalizar todo este apartado el hidrograma de máxima avenida estará estimado.

A continuación, se detallará la utilización del hidrograma generado, en el análisis de la sección del dique de la presa, que se encargará del control de las máximas avenidas que se puedan presentar. En una corriente natural, al obstruir su libre tránsito con una estructura de represamiento (cortina), se conforma por una acción de remanso, un vaso de almacenamiento (Breña y Jacobo, 2006). El propósito de la ejecución de este tipo de proyectos, es la reserva de un volumen de exceso que escurre o se presenta en época de lluvias, para posteriormente usarlo en época de estiaje, y de esta manera

cubrir de forma constante las demandas presentadas en la zona de interés (Aparicio, 1992).

En el diseño de un vaso de almacenamiento o embalse, es fundamental la determinación de 4 volúmenes: volumen de azolves, volumen muerto, volumen útil y volumen de superalmacenamiento (Breña y Jacobo, 2006).

En un embalse, cada volumen almacenado, está relacionado con un nivel o altura, es así que las magnitudes mencionadas con anterioridad se relacionan respectivamente con el NAMINO (Nivel de Aguas Mínimas de Operación) o NAMIN (Nivel de Aguas Mínimas), NAMO (Nivel de Aguas Máximas de Operación) y NAME (Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias); el volumen muerto, es aquel del cual no se puede disponer, cuando la presa es utilizada para la generación de energía, el nivel de este volumen se fija de acuerdo a la carga mínima con que pueden operar las turbinas (NAMINO), si la presa es utilizada para agricultura, el nivel de este volumen coincide con el nivel de la toma (NAMIN); este volumen muerto, parcialmente es conformado por el volumen de azolves; la operación de la presa o el volumen aprovechable, demandado o útil queda definido entre los niveles del NAMO y NAMINO o NAMIN; el volumen de superalmacenamiento es el que queda descrito entre los niveles del NAMO y NAME, este volumen es el que será ocupado por las máximas avenidas que se puedan presentar (Aparicio, 1992).

Para la determinación del NAME, se utilizan los procedimientos de tránsito de avenidas en vasos. Breña y Jacobo (2006) explican que el tránsito de avenidas es: “La transformación que sufre un hidrograma desde una sección transversal hasta otra ubicada después de un tramo de río o una presa (...).” (p.251). Los procedimientos para la determinación del tránsito, pueden dividirse en categorías de orden hidrológico y de orden hidráulico. La metodología utilizada en esta investigación se orienta por las de orden hidrológico. Breña y Jacobo (2006) explican que: “El tránsito hidrológico utiliza la ecuación de continuidad y una relación entre el almacenamiento y el gasto de salida (...).” (p.251). En una presa, la estructura encargada de evacuar los volúmenes de exceso de las máximas avenidas que se puedan presentar, recibe el nombre de vertedero de excedencias; este elemento condiciona el comportamiento de la avenida

que se presentaría, y la reduce a una situación determinística; las dimensiones pre establecidas de este componente, condicionará las magnitudes de los caudales de salida; estos estarán en función de las cargas hidráulicas (alturas) que se presentarán sobre la cresta del vertedor; entonces ante el proceso iterativo de tránsito de la avenida de diseño, se simulará el comportamiento del vertedor ante dicho fenómeno, encontrando en el proceso, datos como gastos de salida, volúmenes excedentes almacenados (en un efecto remanso) y las correspondientes alturas que generarán referidos volúmenes (fijando en la altura máxima simulada, el nivel del NAME).

El tránsito de la avenida en el embalse, puede ser realizado, por un proceso semigráfico, numérico o de incrementos finitos (Breña y Jacobo, 2006).

Fijado el nivel del NAME para esa avenida de diseño, se establece la altura de la corona de la presa, adicionando un borde libre, el cual servirá para retener oleajes producidos por el viento o compensar asentamientos de la estructura; las dimensiones de la presa estarán entonces establecidas (Aparicio, 1992). El NAME es una consecuencia directa de la avenida de diseño y de las dimensiones del vertedero de excedencias.

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Materiales y equipos

3.1.1. Materiales

- Agenda
- Cuaderno
- Lapiceros
- Lápiz
- Hojas boom
- Folder manila

3.1.2. Equipos

a. Calculadora

Marca: CASIO

Modelo: fx-570ES PLUS

b. Computadora

Marca: ADVANCE

Modelo: VS1070

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. Delimitación de la unidad hidrográfica

Para delimitar la microcuenca Faical y el área de aporte al embalse “El Limón”, se hizo uso del programa ArcGis en su versión 10.5; este software necesitó de un insumo DEM (Digital Elevation Model) (ver figura 1), el cual

fue obtenido del satélite ALOS (Advanced Land Observation Satellite) del JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) mediante el portal Vertex de la NASA (National Aeronautics and Space Administration). De la tipología de productos que ofrece ALOS, se trabajó con una versión remuestreada a 12,50 m, mediante la obtención del pack Hi-Res Terrain Corrected.

El DEM se procesó con el conjunto de herramientas Arc Hydro Tools de ArcGis.



Figura 1: DEM (digital elevation model) AP_26651_FBS_F7110_RT1.dem.tif.

3.2.2. Obtención y análisis de datos pluviométricos

a. Obtención de datos pluviométricos

Para la obtención de datos pluviométricos se hizo uso del producto grillado del Senamhi PISCO (Peruvian Interpolated data of the SENAMHI's Climatological and hydrological Observations) en su versión diaria (PISCOpd.nc). Aybar et al. (2017) explican que:

El producto PISCO de precipitación (PISCOp) en su versión diaria y mensual es el resultado de la combinación de datos de estaciones terrenas con climatologías, reanálisis y productos satelitales de estimación de lluvias para obtener una base de datos grillada a nivel nacional de alta resolución espacial (~ 5*5 km). (p.5)

El paquete de datos fue descargado de la página del SENAMHI en formato NetCDF. Se ubicaron puntos en torno al área de aporte al embalse, cada punto designado fue catalogado como una estación virtual (EV) he identificado con coordenadas UTM de datum WGS84 (ver tabla 1 y figura 2); en cada una de estas entidades abstractas, con ayuda del software R y con el insumo del paquete de datos NetCDF, fueron descargados los datos de precipitación diaria desde el 1 de enero de 1981 al 31 de diciembre de 2016. El código para poder extraer los datos del paquete NetCDF mediante el software R, queda especificado en el ANEXO 2.

Tabla 1: Estaciones virtuales.

ESTACIONES	DATUM WGS84 ZONA 17 M	
	ESTE (m)	NORTE (m)
EV1	584988,58	9587682,06
EV2	578998,40	9583914,39
EV3	578134,63	9575833,11
EV4	580585,91	9569753,86
EV5	592221,51	9570604,55
EV6	592938,98	9577270,18

Fuente: Elaboración propia.

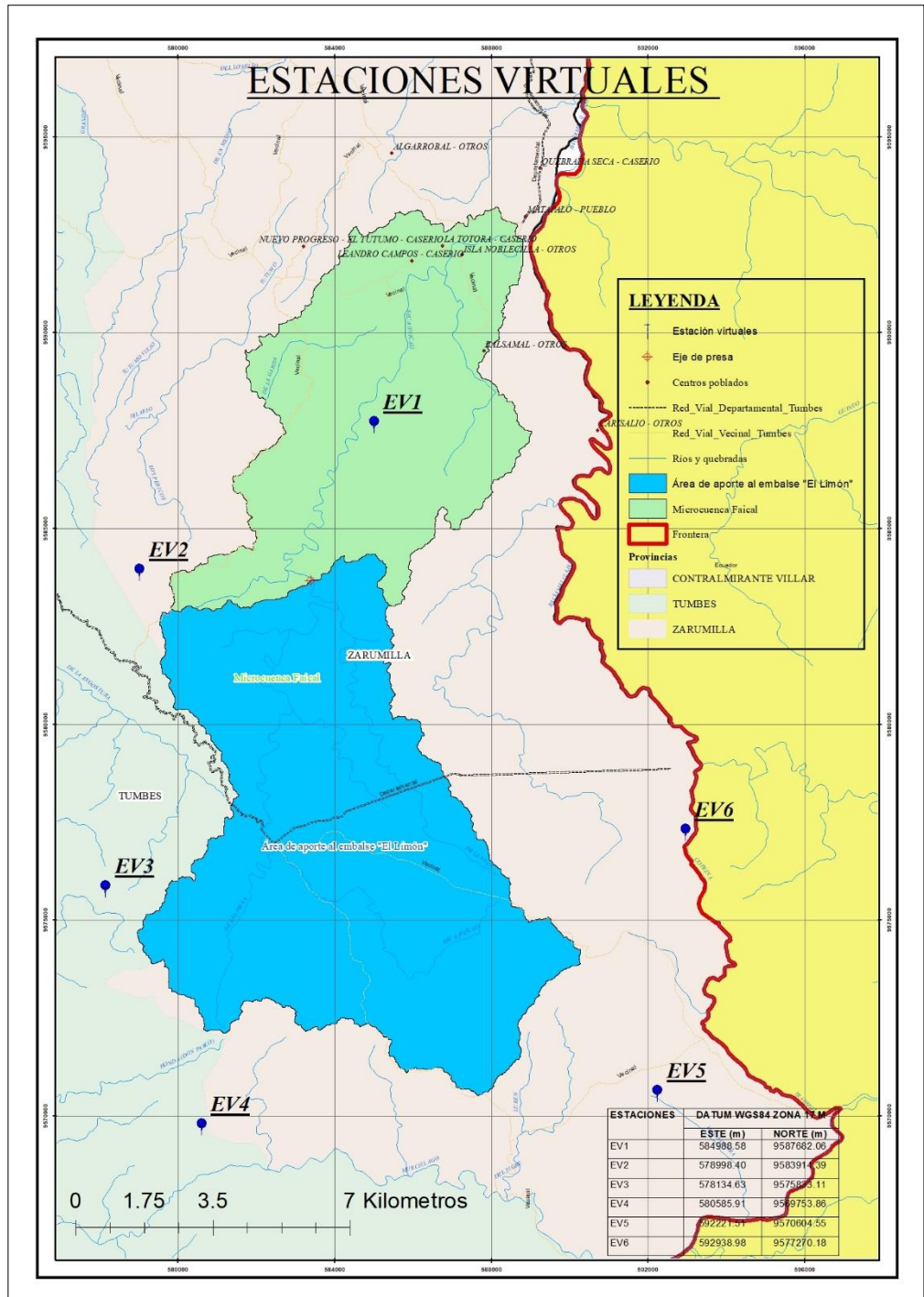


Figura 2: Detalle de estaciones virtuales (EV).

b. Precipitación máxima diaria

Adquiridos los datos de precipitación diaria en cada "EV", se procedió a la selección de la máxima precipitación diaria presentada por cada año de registro.

- Estación: EV1
- Tipo: Ficticia
- Este (m): 584988,58
Norte (m): 9587682,06
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Zarumilla
- Distrito: Matapalo

Tabla 2: Precipitación máxima diaria EV1.

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV1"	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV1"
1981	26,51	1999	64,79
1982	19,22	2000	26,89
1983	252,33	2001	48,87
1984	28,68	2002	84,39
1985	7,01	2003	47,75
1986	23,86	2004	26,04
1987	33,55	2005	13,37
1988	16,14	2006	58,40
1989	48,21	2007	55,87
1990	6,01	2008	69,47
1991	17,04	2009	75,53
1992	67,50	2010	52,66
1993	38,70	2011	48,46
1994	80,05	2012	64,56
1995	27,46	2013	25,51
1996	50,98	2014	36,10
1997	101,47	2015	57,12
1998	113,20	2016	98,48

Fuente: Elaboración propia.

- Estación: EV2
- Tipo: Ficticia
- Este (m): 578998,40
Norte (m): 9583914,38
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Zarumilla
- Distrito: Matapalo

Tabla 3: Precipitación máxima diaria EV2.

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV2"	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV2"
1981	31,53	1999	101,30
1982	22,56	2000	37,21
1983	300,91	2001	52,60
1984	36,21	2002	126,90
1985	9,57	2003	37,14
1986	24,98	2004	34,08
1987	67,08	2005	21,51
1988	9,62	2006	74,44
1989	55,95	2007	59,37
1990	11,59	2008	94,50
1991	21,32	2009	95,03
1992	122,49	2010	67,33
1993	60,90	2011	57,65
1994	55,45	2012	86,36
1995	28,33	2013	31,30
1996	50,90	2014	47,49
1997	91,38	2015	114,09
1998	144,08	2016	124,87

Fuente: Elaboración propia.

- Estación: EV3
- Tipo: Ficticia
- Este (m): 578134,63
Norte (m): 9575833,11
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Zarumilla
- Distrito: Matapalo

Tabla 4: Precipitación máxima diaria EV3.

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV3"	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV3"
1981	33,00	1999	102,15
1982	21,96	2000	36,97
1983	231,66	2001	50,46
1984	41,96	2002	126,90
1985	7,44	2003	34,15
1986	23,47	2004	38,54
1987	53,09	2005	18,09
1988	9,19	2006	75,47
1989	51,65	2007	47,65
1990	12,99	2008	101,24
1991	20,31	2009	101,81
1992	119,52	2010	66,23
1993	61,57	2011	61,01
1994	47,49	2012	89,68
1995	25,18	2013	30,66
1996	37,17	2014	42,29
1997	68,51	2015	78,07
1998	134,84	2016	118,04

Fuente: Elaboración propia.

- Estación: EV4
- Tipo: Ficticia
- Este (m): 580585,91
Norte (m): 9569753,86
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Zarumilla
- Distrito: Matapalo

Tabla 5: Precipitación máxima diaria EV4.

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV4"	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV4"
1981	39,96	1999	95,79
1982	24,96	2000	41,81
1983	233,19	2001	57,99
1984	49,11	2002	114,97
1985	9,58	2003	45,64
1986	20,72	2004	44,75
1987	72,17	2005	23,60
1988	16,21	2006	82,32
1989	49,72	2007	56,24
1990	14,18	2008	114,71
1991	23,16	2009	121,24
1992	87,01	2010	76,98
1993	62,79	2011	60,21
1994	60,75	2012	96,26
1995	43,83	2013	34,44
1996	34,55	2014	43,17
1997	63,15	2015	85,34
1998	131,89	2016	108,62

Fuente: Elaboración propia.

- Estación: EV5
- Tipo: Ficticia
- Este (m): 592221,51
Norte (m): 9570604,55
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Zarumilla
- Distrito: Matapalo

Tabla 6: Precipitación máxima diaria EV5.

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV5"	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV5"
1981	53,35	1999	61,12
1982	23,46	2000	46,30
1983	66,35	2001	51,94
1984	40,55	2002	78,90
1985	8,21	2003	42,20
1986	16,18	2004	28,59
1987	41,67	2005	25,63
1988	10,30	2006	59,94
1989	33,27	2007	43,22
1990	13,80	2008	76,15
1991	26,81	2009	98,14
1992	64,00	2010	68,06
1993	40,06	2011	49,92
1994	41,72	2012	75,75
1995	26,35	2013	35,01
1996	28,47	2014	23,96
1997	66,79	2015	72,11
1998	80,64	2016	68,43

Fuente: Elaboración propia.

- Estación: EV6
- Tipo: Ficticia
- Este (m): 592938,98
Norte (m): 9577270,18
- Departamento: Tumbes
- Provincia: Zarumilla
- Distrito: Matapalo

Tabla 7: Precipitación máxima diaria EV6.

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV6"	AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) "EV6"
1981	37,02	1999	54,81
1982	25,13	2000	36,76
1983	146,11	2001	44,72
1984	32,06	2002	78,87
1985	8,64	2003	31,63
1986	16,38	2004	21,84
1987	48,56	2005	18,94
1988	9,52	2006	49,35
1989	31,07	2007	36,30
1990	13,94	2008	62,28
1991	20,82	2009	76,90
1992	71,49	2010	70,31
1993	36,54	2011	46,20
1994	45,56	2012	61,26
1995	24,74	2013	27,88
1996	26,36	2014	24,96
1997	59,48	2015	55,98
1998	74,74	2016	64,92

Fuente: Elaboración propia.

c. Análisis gráfico (exploratorio)

Precedió al análisis estadístico, la inspección gráfica de las series temporales; en las gráficas de cada estación, se observaron los datos anómalos de 1983 (ver figura 2), los cuales fueron removidos de las series temporales pues alterarían los análisis posteriores. La situación detallada en la figura 2, fue recurrente en las todas las series temporales de las estaciones virtuales analizadas; como ilustración se presenta solo la gráfica de la serie temporal de la EV1.

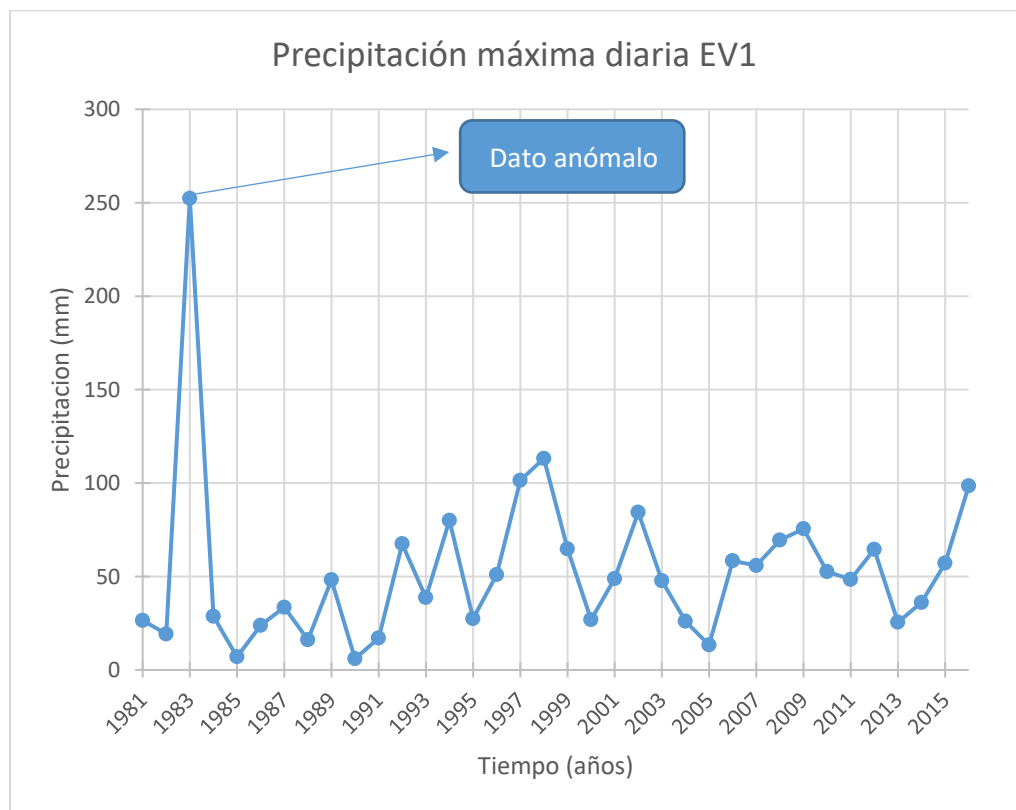


Figura 3: Serie temporal EV1 (dato anómalo 1983).

d. Análisis estadístico (confirmatorio)

Los análisis exploratorios nos manifestaron posibles cambios en las series temporales denotados por la presencia de saltos (no homogeneidad) y tendencias (no estacionalidad).

Ante la incertidumbre de que los grupos de datos cumplirían con los supuestos de normalidad y homocedasticidad, se decidió optar por pruebas no paramétricas para comprobar lo manifestado en el párrafo anterior.

Se analizó con ayuda del software TREND la presencia de saltos y/o tendencias, planteando hipótesis sobre los parámetros de las series temporales. Con TREND se observó que al sub dividir las series temporales en dos periodos 1981-1997 y 1998 -2016, se encontraron diferencias significativas entre los parámetros contrastados, por lo tanto, se rechazaron las hipótesis nulas planteadas y se acogieron las hipótesis alternativas; bajo la aplicación de los test estadísticos no paramétricos Mann-Kendall, Spearman's Rho, Cusum, Rank Sum; se observó que los valores calculados al compararse con los tabulares, ingresaron en región de rechazo a diferentes niveles de significancia, axiomáticamente se asumió la probabilidad de haber cometido el error tipo I.

Se evidencia entonces presencia de saltos y tendencias.

Para eliminar la presencia de saltos y tendencias y llevar la serie temporal a una condición de homogeneidad y estacionalidad, se aplicaron las formulas observadas en el libro de “Hidrología Estadística” de Máximo Villón. Por otro lado, ante la división de cada serie temporal

en 2 periodos “n₁ y n₂”, se eligió el más cercano a la actualidad como confiable, por lo tanto, el primer periodo se acondicionó al segundo.

Se observó que, al corregir los saltos automáticamente se corrigieron las tendencias.

$$X'(t) = \frac{(X(t) - \bar{X}_1) * S_2(x)}{S_1(x)} + \bar{X}_2 \dots \dots \dots 1$$

Ecuación para corrección de datos (saltos) de periodo n₁

Donde:

X'(t): Valor corregido de saltos

X(t): Valor a ser corregido

\bar{X}_1 : Promedio del periodo n₁

\bar{X}_2 : Promedio del periodo n₂

S₁(x): Desviación estándar del periodo n₁

S₂(x): Desviación estándar del periodo n₂

$$X'(t) = \frac{(X(t) - \bar{X}_2) * S_1(x)}{S_2(x)} + \bar{X}_1 \dots \dots \dots 2$$

Ecuación para corrección de datos (saltos) de periodo n₂

Donde:

X'(t): Valor corregido de saltos

X(t): Valor a ser corregido

\bar{X}_1 : Promedio del periodo n₁

\bar{x}_2 : Promedio del periodo n_2

$S_1(x)$: Desviación estándar del periodo n_1

$S_2(x)$: Desviación estándar del periodo n_2

3.2.3. Análisis de distribución de probabilidad

Al estar libres las series temporales de saltos y tendencias, se procedió a la elección de la distribución de probabilidad teórica que describe de mejor manera el comportamiento de la variable en cuestión.

a. Selección de datos máximos de máximos

Al ser la precipitación un fenómeno cuyas características varían en el tiempo y el espacio, al cubrir la zona de interés con una gama de estaciones virtuales, no solo se está caracterizando referida variabilidad en el tiempo (propio de la serie temporal) sino también en el espacio.

Entonces con el objetivo de idealizar las peores condiciones que razonablemente se pueden presentar en el área en cuestión, se seleccionó las precipitaciones máximas de las máximas observadas en las estaciones virtuales consideradas, por cada año de registro, generando así una data representativa del lugar, con las peores tormentas que se han presentado en la zona de interés, idealizando en base a las características variables del fenómeno estudio, que el registro del dato máximo de máximo extraído de una estación en particular, las demás estaciones tienen la misma posibilidad (amparada en la variabilidad espacial) de presentarlo, generándose una tormenta uniforme de características extremas.

b. Corrección por intervalo fijo de observación

En base a un estudio probabilístico L. L. Weiss, encontró que al aumentar las magnitudes de las precipitaciones máximas diarias anuales en un 13%, se conseguirían mejores resultados (Sortillón, 2002).

Considerando que el nivel de detalle de los registros pluviométricos “diarios” es medido de 8 a.m. a 8 p.m., es recomendable incrementar referidos valores multiplicándolos por el factor 1,13 (Sortillón, 2002).

Entonces los datos de la data representativa, fueron incrementados en un 13%.

c. Estimación de parámetros

Se asumió naturalmente que la serie temporal generada de precipitaciones máximas, es una muestra o sub conjunto de una población estadística con parámetros perfectamente definidos pero desconocidos; por lo tanto, de referida serie, sus estadísticos muestrales sirvieron para la estimación de los parámetros poblacionales, mediante la aplicación de la metodología de momentos lineales (L-Moments).

d. Pruebas de bondad de ajuste

Se procedió a la selección de la distribución de probabilidad teórica que describe de mejor manera el comportamiento de la variable en estudio; las pruebas de bondad de ajuste, buscan ajustar la distribución de frecuencia de la muestra observada a una función de probabilidad seleccionada previamente. En hidrología una prueba de bondad utilizada regularmente es la de Smirnov Kolmogorov.

Se observó que la data en estudio se ajustaba en variedad de distribuciones de probabilidad, sin embargo, según el criterio referido por Aparicio y citado en el marco teórico, se prestó atención a las distribuciones que presentaban menor delta teórico.

Las distribuciones de probabilidad que presentaron mejor ajuste fueron: Log Normal de 2 parámetros, Gamma de 3 parámetros y Gumbel.

e. Interpolación y extrapolación de datos

Con las distribuciones de probabilidad que mejor se ajustaban a la muestra de datos, se generaron interpolaciones y extrapolaciones en función de diferentes “periodos de retorno” (T: 10, 25, 50, 1000, 2000 y 10000 años).

Se observaron las magnitudes que se obtenían al efectuar el proceso de interpolación (T: 10 y 25 años) y extrapolación (T: 50, 1000, 2000 y 10000 años) de las precipitaciones máximas diarias, en las 3 distribuciones de mejor ajuste; finalmente se optó por la adopción de las magnitudes generadas por la distribución Log Normal de 2 parámetros.

Todo el proceso seguido para la generación de las precipitaciones máximas, se realizó con el software Hidroesta 2; la obtención de los parámetros poblacionales en base a los estadísticos muestrales, las pruebas de bondad de ajuste y la generación de precipitaciones máximas, fueron realizadas con la herramienta “Distribuciones” de Hidroesta 2.

3.2.4. Diseño de tormentas

Los datos estimados en el apartado 3.2.1 tienen una categoría pluviométrica, por lo tanto, su nivel detalle solo especifica la precipitación acumulada en un día específico (24 horas), sin embargo, para que referido estimativo sea útil, fue necesario la determinación del comportamiento (distribución-hietograma) de la tormenta en ese tiempo.

De la diversidad de metodologías que existen para la estimación de tormentas de diseño, se eligió utilizar los perfiles de tormenta de 24 horas de duración del SCS de los Estados Unidos. En el presente estudio, fue utilizado el perfil de tormenta Tipo II; los datos pluviométricos generados en función de los diferentes periodos de retorno, fueron multiplicados por las coordenadas del perfil tipo, obteniendo las precipitaciones acumuladas y axiomáticamente los incrementos por cada intervalo de tiempo de detalle.

Para el diseño del hietograma sintético, las magnitudes de los incrementos fueron ordenados de acuerdo a la distribución especificada por Chow en 1994 según H. Ugarte en su tesis “Análisis de precipitaciones máximas diarias para la deducción de fórmulas de intensidad de lluvia, y curvas IDF para las estaciones de Huancané, Moho y Putina”:

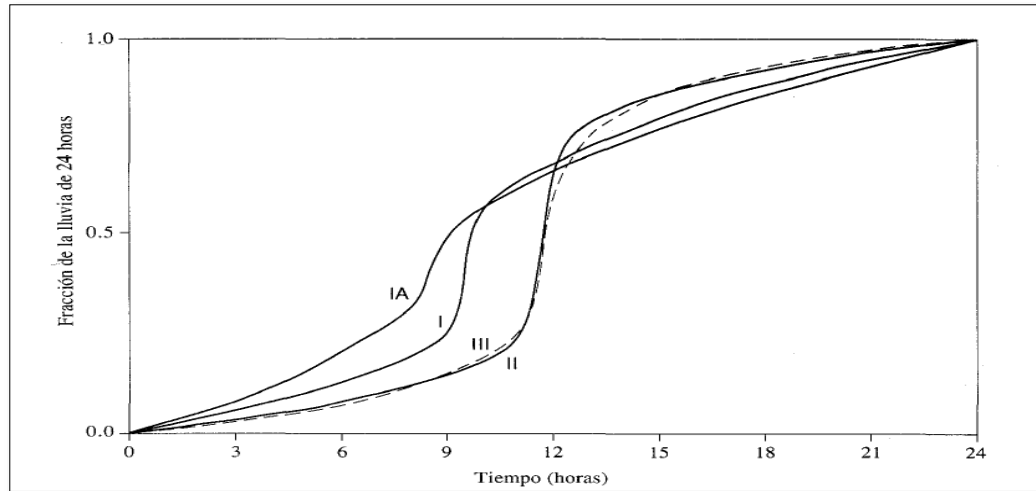


Figura 4: Perfiles de tormentas de 24 horas según el Soil Conservation Service "SCS". Por Chow et al. (1994).

Tormenta de 24 horas						Tormenta de 6 horas		
Hora t	$t/24$	P_t/P_{24}				Hora t	$t/6$	P_t/P_6
		Tipo I	Tipo IA	Tipo II	Tipo III			
0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0.083	0.035	0.050	0.022	0.020	0.60	0.10	0.04
4.0	0.167	0.076	0.116	0.048	0.043	1.20	0.20	0.10
6.0	0.250	0.125	0.206	0.080	0.072	1.50	0.25	0.14
7.0	0.292	0.156	0.268	0.098	0.089	1.80	0.30	0.19
8.0	0.333	0.194	0.425	0.120	0.115	2.10	0.35	0.31
8.5	0.354	0.219	0.480	0.133	0.130	2.28	0.38	0.44
9.0	0.375	0.254	0.520	0.147	0.148	2.40	0.40	0.53
9.5	0.396	0.303	0.550	0.163	0.167	2.52	0.42	0.60
9.75	0.406	0.362	0.564	0.172	0.178	2.64	0.44	0.63
10.0	0.417	0.515	0.577	0.181	0.189	2.76	0.46	0.66
10.5	0.438	0.583	0.601	0.204	0.216	3.00	0.50	0.70
11.0	0.459	0.624	0.624	0.235	0.250	3.30	0.55	0.75
11.5	0.479	0.654	0.645	0.283	0.298	3.60	0.60	0.79
11.75	0.489	0.669	0.655	0.357	0.339	3.90	0.65	0.83
12.0	0.500	0.682	0.664	0.663	0.500	4.20	0.70	0.86
12.5	0.521	0.706	0.683	0.735	0.702	4.50	0.75	0.89
13.0	0.542	0.727	0.701	0.772	0.751	4.80	0.80	0.91
13.5	0.563	0.748	0.719	0.799	0.785	5.40	0.90	0.96
14.0	0.583	0.767	0.736	0.820	0.811	6.00	1.0	1.00
16.0	0.667	0.830	0.800	0.880	0.886			
20.0	0.833	0.926	0.906	0.952	0.957			
24.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000			

Figura 5: Distribución de tormentas tipo del SCS. Por Chow et al. (1994).

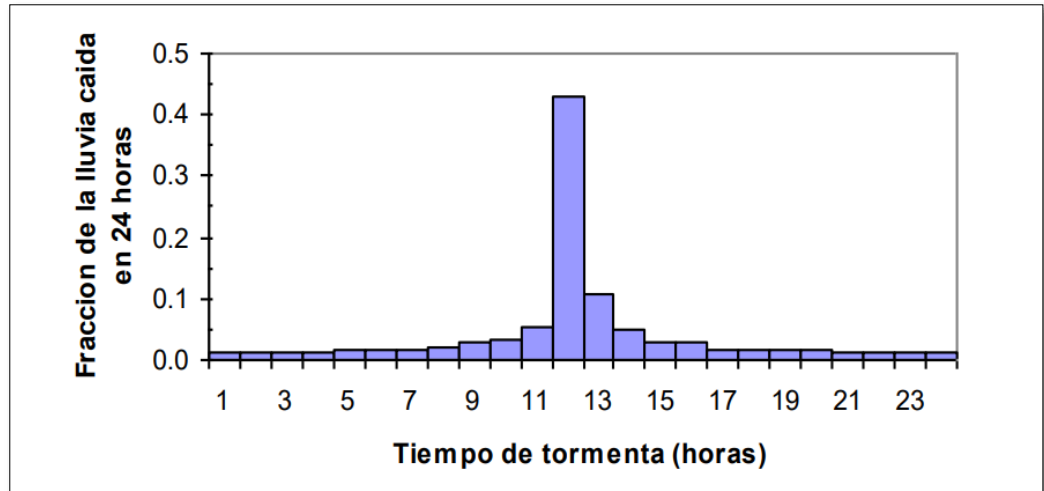


Figura 6: Distribución de hietograma sintético Tipo II según Chow 1994. Por Ugarte (2012).

3.2.5. Determinación de precipitación efectiva

El hietograma sintético diseñado, especificaba el total de la precipitación que hubiera caído en el evento hipotético estudiado; sin embargo, como se ha especificado en el marco teórico, no toda la precipitación caída, generará escorrentía, solo parte de ella (precipitación efectiva “P_e”), intervendrá netamente en el proceso precipitación-escorrentía.

Para la estimación de la precipitación efectiva, se utilizó el método del número de curva “N” del SCS de los Estados Unidos.

El SCS plantea la siguiente fórmula para la estimación de la P_e

$$p_e = \frac{(N(P_t+50,8)-5080)^2}{N(N(P_t-203,2)+20320)} \dots\dots\dots 3$$

La ecuación se cumple para P_t > ((5080/N) – 50,8)

Donde:

P_e : Precipitación efectiva (mm)

N: Numero de curva

P_t : Precipitación total (mm)

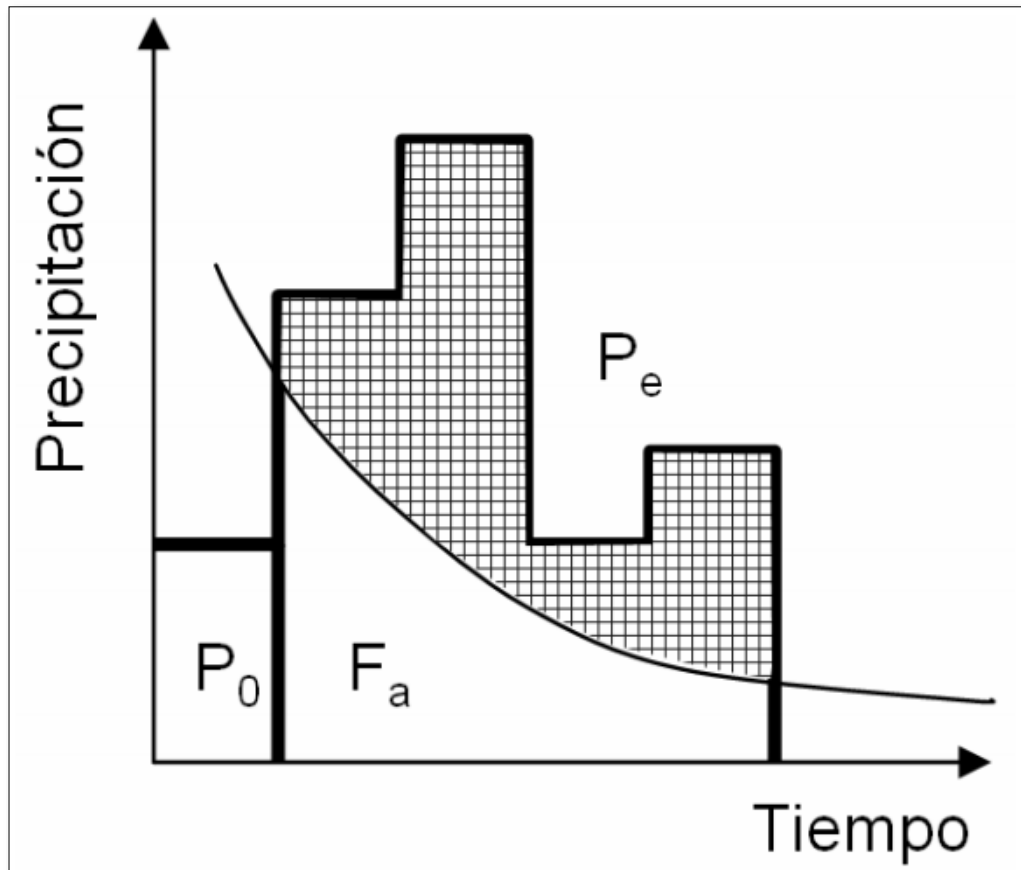


Figura 7: Idealizaciones del SCS sobre abstracciones o pérdidas en un hietograma (P_0 - abstracción inicial; F_a - abstracción continua; P_e - precipitación efectiva). Por Villarroya, J. P., Farias, H. D., y Amarilla, M. E. (s.f.).

a. Estimación del número de curva “N”

Para la obtención de este parámetro se hizo uso de una tabla diseñada por el SCS, para condiciones promedio, donde la abstracción inicial “ I_a ” es igual al 20 % de la infiltración potencial máxima “ S ”. En citada tabla (ver anexo 3) se contrastó la información de condición hidrológica, grupo hidrológico de suelo y uso de tierra; el parámetro tratamiento no

aplicó en nuestra condición, ya que la zona de interés presenta una condición boscosa.

Con las visitas al lugar de estudio y con las imágenes del programa Google Earth Pro, se pudo atender las categorizaciones referidas a condición hidrológica y uso de la tierra.



Figura 8: Análisis del parámetro cobertura (uso de la tierra - condición hidrológica).

Para la categorización referida al grupo hidrológico de suelo, se observó en visitas a la zona de interés, la textura de los suelos en consideración. Se visualiza que, en los suelos del área predominan las texturas gruesas (arenas); los perfiles del suelo pudieron ser observados en variedad de puntos donde se han desarrollado cárcavas profundas (en referida área, esta consecuencia de la erosión hídrica, es constante en el espacio). Por lo tanto, se pudo inferir que los terrenos de la microcuenca desarrollan infiltraciones y percolaciones propias de un suelo de textura gruesa.

b. Hietograma efectivo

La estimación de los hietogramas efectivos fue un sub proceso realizado por el programa HEC-HMS versión 4.4 en la estimación de los caudales máximos, en referido software se introdujeron los hietogramas de precipitación total y se indicó al programa la estimación de las abstracciones (perdidas) mediante la metodología del SCS (curve number), sin embargo, es importante detallar el fundamento seguido por el software.

La precipitación en cada intervalo de tiempo del hietograma (1 hora), fue acumulada ($\sum P_t$), a cada dato acumulado se le calculó la precipitación efectiva o neta acumulada, respetando las condiciones de que si el dato acumulado excede el valor del umbral o abstracción inicial se aplica la formula (3), de lo contrario la P_e se asimila como 0, finalmente los datos de precipitación efectiva acumulada son desacumulados en los mismos intervalos de tiempo del hietograma original, encontrando de esta forma el hietograma efectivo.

3.2.6. Generación de caudales máximos

Para la generación de caudales máximos se utilizó el programa HEC-HMS en su versión 4.4., referido software realizó los procedimientos precipitación – escorrentía, realizando la transformación desde el estímulo (precipitación) hacia la respuesta (escorrentía) mediante la aplicación de la metodología del hidrograma unitario del SCS; necesitó de insumos los hietogramas de diseño, el número de curva (curve number), el área de la microcuenca y el tiempo de retraso (lag time).

El fundamento seguido por el software inició con la estimación de las abstracciones o pérdidas sufridas por los hietogramas de diseño (los hietogramas efectivos calculados de forma implícita expresan las correspondientes duraciones efectivas con el detalle de sus intervalos de observación). Seguidamente en base a los datos de duración efectiva, área y tiempo de retraso, se estimó el hidrograma unitario (de tipo triangular planteado por Mockus), con los datos obtenidos del hidrograma unitario (caudal pico y tiempo al pico) y en correlación con las coordenadas del hidrograma adimensional del SCS, se estimó el hidrograma efectivo, seguidamente las coordenadas de este último son multiplicadas por los datos de altura de precipitación, el proceso descrito se siguió para cada intervalo de duración efectiva, finalmente cada hidrograma generado para la duración efectiva especificada, es sumado en amparo de las hipótesis planteadas por Sherman en 1932, los resultados fueron los hidrogramas de diseño, para cada periodo de retorno (las características de probabilidad “periodo de retorno” de los datos pluviométricos, fueron cedidas a los hietogramas diseñados y consecuentemente a los hidrogramas finales).

Los hidrogramas estimados fueron catalogados en dos sub grupos en atención a sus correspondientes periodos de retorno; se sub dividieron

entonces como avenidas de alta frecuencia (T: 10, 25 y 50 años) y avenidas de baja frecuencia (T: 1000, 2000, 10000).

a. Estimación del tiempo de retraso (lag time- T_r)

Para la estimación del tiempo de retraso fue necesario contar con los insumos de longitud (m) y pendiente (m/m) del cauce principal; con lo especificado anteriormente se estimó el tiempo de concentración “ T_c (horas)” (aplicando la fórmula de Kirpich), y en función a este dato se calculó el tiempo de retraso “ T_r (horas)”.

$$T_c = 0,000325 \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \dots\dots\dots 4$$

Tiempo de concentración estimado con la fórmula de Kirpich

Donde:

T_c : tiempo de concentración (horas)

L: Longitud del cauce principal (m)

S: pendiente del cauce (m/m)

$$T_r = 0,6 T_c \dots\dots\dots 5$$

Donde:

T_r : Tiempo de retraso (horas)

b. Riesgo hidrológico

La característica de probabilidad (periodos de retorno) que cedieron los datos pluviométricos extrapolados e interpolados hacia los resultados de los hidrogramas de diseño, se complementó con el detalle de riesgo hidrológico; es así que cada hidrograma calculado en función de los periodos de retorno detallados, adopto una medida de riesgo de que el

evento idealizado para el diseño, sea excedido en los 25 años de vida útil del proyecto.

3.2.7. Tránsito de avenidas en embalse

Calculadas las avenidas de diseño (hidrogramas estimados) se procedió al modelado hidrológico del tránsito de las mismas por el embalse “El Limón”; para este fin se hizo uso del programa SISTAE en su versión 1.10.

SISTAE para ejecutar el modelado del fenómeno y obtener el hidrograma de salida de un embalse a partir de uno de entrada, hizo uso de las ecuaciones 6 y 7.

$$\frac{I_i + I_{i+1}}{2} - \frac{O_i + O_{i+1}}{2} = \frac{V_{i+1} - V_i}{\Delta t} \dots\dots\dots 6$$

Ecuación de continuidad expresada en diferencias finitas

Donde:

I_i : Gasto de entrada en el tiempo i (m^3/s)

I_{i+1} : Gasto de entrada en el tiempo $i+1$ (m^3/s)

O_i : Gasto de salida en el tiempo i (m^3/s)

O_{i+1} : Gasto de salida en el tiempo $i+1$ (m^3/s)

V_{i+1} : Almacenamiento en el tiempo i (m^3)

V_i : Almacenamiento en el tiempo $i+1$ (m^3)

Δt : Intervalo de transito $[i, i+1]$ (s)

$$O_v = CL(E - E_0)^{3/2}, E > E_0 \dots\dots\dots 7$$

Ecuación de elemento de descarga libre

Donde:

O_v : Gasto por el vertedor de excedencias (m^3/s)

E: Elevación de la superficie libre del vaso (m)

E_0 : Elevación de la cresta del vertedor (m)

L: Longitud de la cresta del vertedor (m)

C: Coeficiente de descarga

Se consideró que la salida por la obra de toma no es significativa.

La corrida del modelo se idealizó para la condición en la que el vaso de almacenamiento este lleno, entonces la elevación inicial se fijó en el NAMO; en referida elevación fue ubicado también el vertedero de excedencias, que se estableció de cresta libre. W. Obando en 2003 estimó que el volumen útil del proyecto sería de 40 MMC, entonces con ayuda del software ArcGis se trabajó el DEM para poder establecer el área de inundación y la elevación que se alcanzaría en el embalse al almacenar un volumen de 40 MMC; estimada referida elevación, es llevada a un valor equivalente de 0,01 m (para facilitar los cálculos en el programa), subsecuentemente con las elevaciones mayores al NAMO se calcularon las áreas de inundaciones correspondientes a cada altura, fijando de esta forma las relaciones “áreas de inundación – elevaciones”.

El vertedero de excedencias se fijó con una longitud de 30 m; por esta estructura se modeló la evacuación de los volúmenes de exceso generados por los hidrogramas de periodos de retorno de 1000, 2000 y 10000 años, con un nivel de detalle o intervalo de tránsito de 30 minutos (en concordancia a lo especificado por Aparicio que sugiere que el intervalo de tránsito debe de ser menor igual al 10% del tiempo al pico).

Tabla 8: Insumos para construcción de data área de inundación – elevación.

ID	ELEVACIÓN (m.s.n.m)	ELEVACIÓN EQUIVALENTE (m)	ÁREA (m²)	VOLUMEN (m³)
NAMO	240,75	0,01	2991471,64	40068471,10
P1	241,00	0,26	3025314,89	40796298,18
P2	242,00	1,26	3225259,38	43896400,81
P3	243,00	2,26	3392300,00	47158072,05
P4	244,00	3,26	3566712,19	50589749,72
P5	245,00	4,26	3741580,15	54191261,99
P6	246,00	5,26	3910815,04	57957643,09
P7	247,00	6,26	4077539,22	61886886,87

Fuente: Elaboración propia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.1. Microcuenca Faical

Del análisis del DEM se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 9: Características de unidades de interés.

NOMBRE	ÁREA (km ²)	PERÍMETRO (km)	PUNTO DE CIERRE	
			DATUM WGS84 ZONA 17M ESTE (m)	NORTE (m)
Microcuenca Faical	136,05	104,90	588795,81 (C,E,P*)	9592385,74 (C,E,P)
Área de aporte al embalse “El Limón”	83,16	67,10	583383,32	9583685,75

Fuente: Elaboración propia. *Coordenada de Eje de Presa.

Se observa que, aunque las unidades hidrográficas involucradas en el proyecto son las microcuencas de las quebradas Faical y Hondonada, en función de los objetivos o propósitos de la investigación solo se necesita caracterizar a la microcuenca Faical, específicamente a la porción de área delimitada por el punto donde se localizará el eje de la cortina de represamiento (punto de cierre o aforo).

Se comprende que, ante el acontecimiento de un fenómeno extremo, el aporte del flujo de la porción de área de la microcuenca hondonada (definida por el punto de captación y trasvase), no se hará efectivo por

intervención de los técnicos correspondientes, por lo tanto, el embalse solo soportará el volumen de flujo producido por la porción del área de la microcuenca Faical citada con anterioridad.

4.1.2. Calidad de datos

a. Análisis exploratorio

Para realizar el análisis exploratorio de cada EV se utilizaron las siguientes graficas:

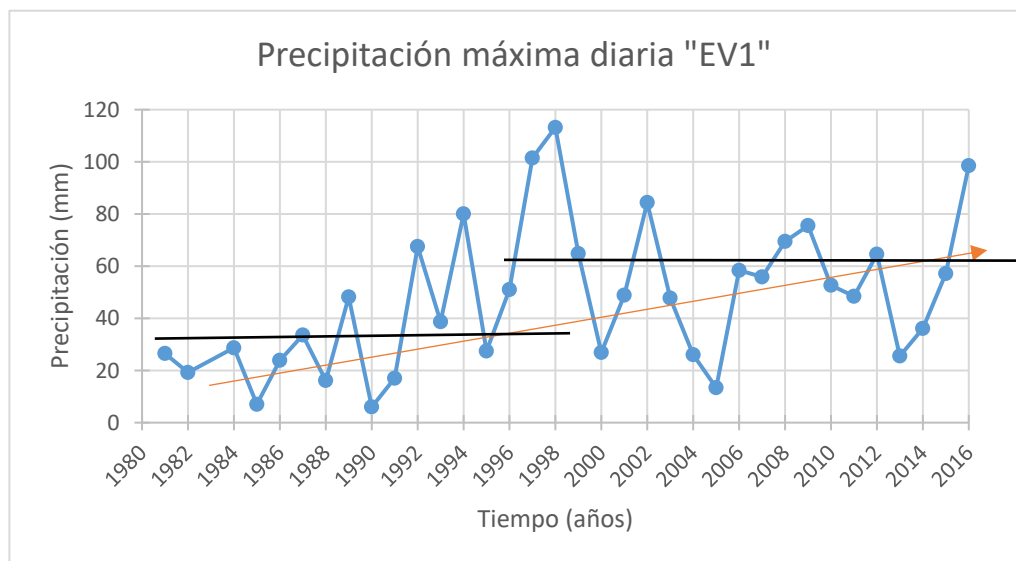


Figura 9: Serie temporal EV1 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).

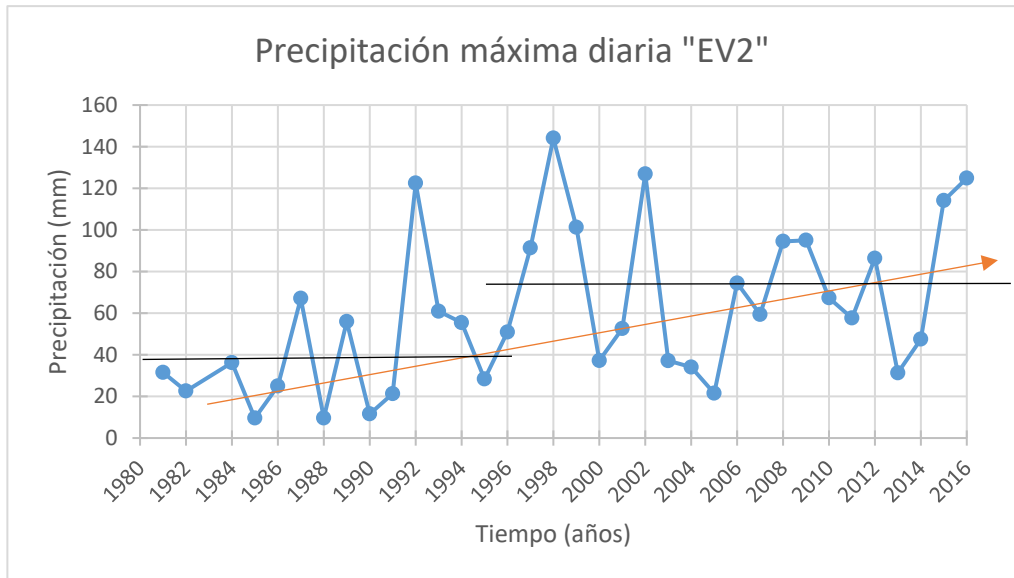


Figura 10: Serie temporal EV2 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).

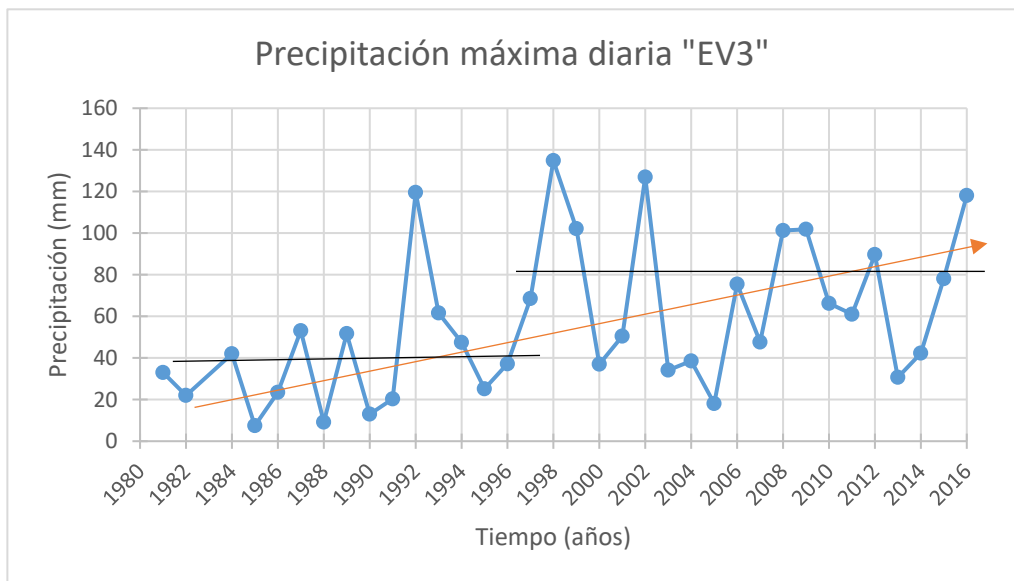


Figura 11: Serie temporal EV3 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).

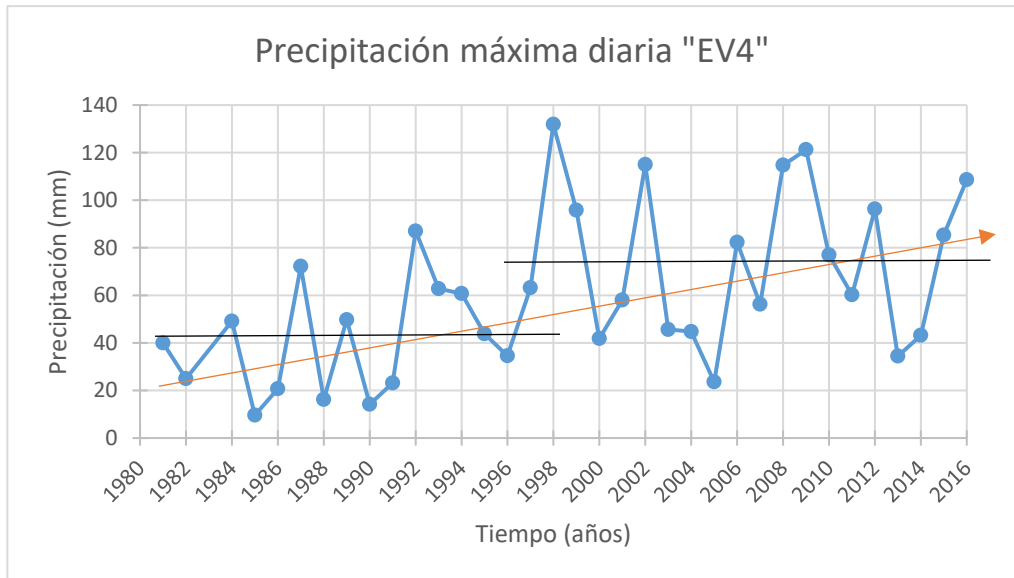


Figura 12: Serie temporal EV4 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).

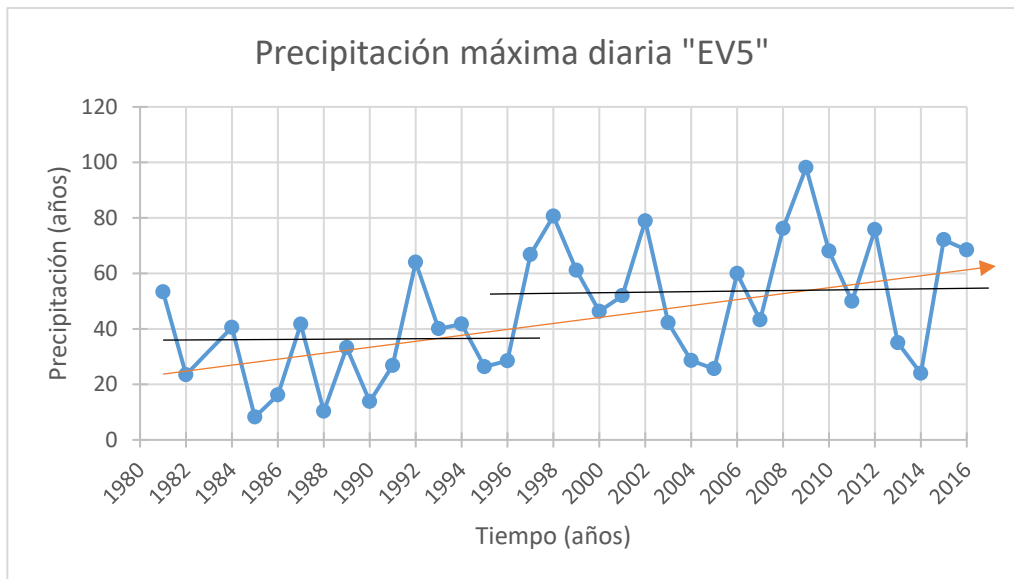


Figura 13: Serie temporal EV5 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).

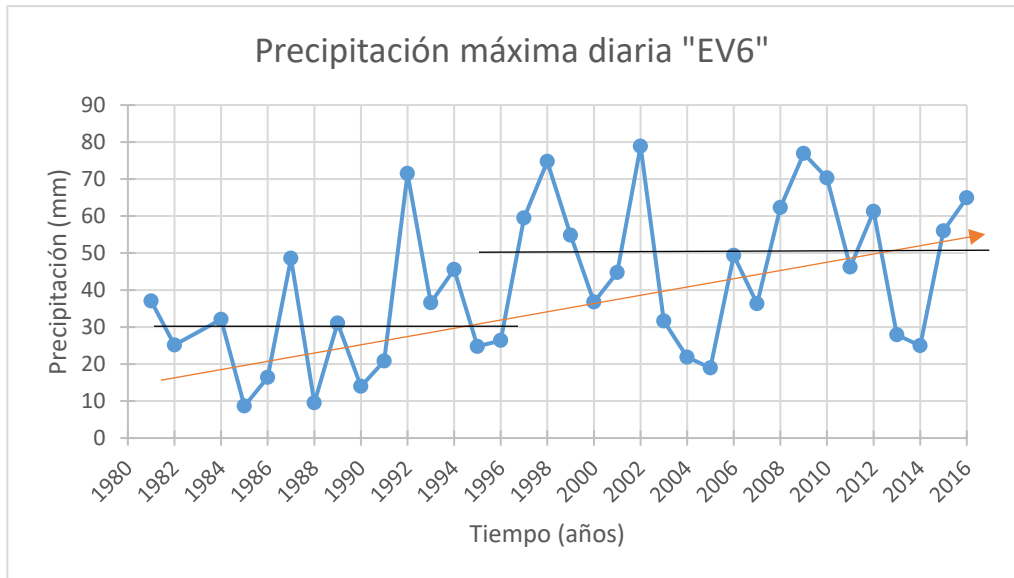


Figura 14: Serie temporal EV6 (líneas negras-posible salto / línea naranja-posible tendencia).

Del análisis exploratorio se observa que las series temporales de las 6 estaciones virtuales presentan posibles saltos y tendencias, en lo referente a la primera condición se observa que las series temporales al ser sub divididas en 2 sub conjuntos ($n_1 = [1981, 1997] \wedge n_2 = [1998, 2016] / 1983 \notin a_{n_1}$) presentan posibles variaciones en sus parámetros muestrales (\bar{x} , M_e , S_x). Por otro lado, en lo referente a las tendencias, todas las series presentan una tendencia positiva o creciente.

b. Análisis confirmatorio

Tabla 10: Análisis confirmatorio EV1.

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV1"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,1	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	2,471	1,645	1,96	2,576	S (0.05)	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2,623	1,645	1,96	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	10	7,218	8,046	9,643	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	-1,634	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 11: Análisis confirmatorio EV2.

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV2"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	2,698	1,645	1,96	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2,791	1,645	1,96	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	8	7,218	8,046	9,643	S (0.1)	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	-2,03	1,645	1,96	2,576	S (0.05)	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 12: Análisis confirmatorio EV3.

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV3"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0.10	A=0.05	A=0.01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	2,670	1,645	1,960	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2,718	1,645	1,960	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	7,000	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	-2,063	1,645	1,960	2,576	S (0.05)	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 13: Análisis confirmatorio EV4.

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV4"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT,	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	2,698	1,645	1,96	2,576	S (0,01)	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2,767	1,645	1,96	2,576	S (0,01)	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	8	7,218	8,046	9,643	S (0,1)	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	-2,195	1,645	1,96	2,576	S (0,05)	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 14: Análisis confirmatorio EV5.

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV5"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	2,897	1,645	1,96	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2,943	1,645	1,96	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	11	7,218	8,046	9,643	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	-2,657	1,645	1,96	2,576	S (0.01)	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 15: Análisis confirmatorio EV6.

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV6"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT,	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	2,443	1,645	1,96	2,576	S (0,05)	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	2,481	1,645	1,96	2,576	S (0,05)	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	7	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	-2,03	1,645	1,96	2,576	S (0,05)	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Lo observado en el análisis exploratorio fue confirmado con los análisis estadísticos al realizar las pruebas no paramétricas de Mann-Kendall, Spearman's Rho, Cusum, Rank Sum, para los análisis de tendencias y saltos, se encuentra que, para diferentes niveles de significancia los z-estadísticos entraban en región de rechazo al ser comparados con los z-tabulares.

Tabla 16: Precipitaciones corregidas.

AÑO	PRECIPITACIONES MÁXIMAS DIARIAS CORREGIDAS					
	E.V.1	E.V.2	E.V.3	E.V.4	E.V.5	E.V.6
1981	46,17	59,78	62,93	72,65	80,64	55,21
1982	39,23	49,29	49,09	51,04	45,39	42,21
1984	48,23	65,26	74,16	85,84	65,54	49,78
1985	27,60	34,09	30,88	28,86	27,42	24,16
1986	43,64	52,12	50,98	44,92	36,81	32,63
1987	52,87	101,37	88,11	119,07	66,87	67,85
1988	36,29	34,15	33,08	38,43	29,87	25,11
1989	66,83	88,35	86,31	86,72	56,96	48,71
1990	26,64	36,46	37,85	35,50	34,01	29,96
1991	37,15	47,84	47,02	48,44	49,35	37,49
1992	85,21	166,18	171,40	140,46	93,20	92,95
1993	57,78	94,14	98,75	105,55	64,97	54,70
1994	97,16	87,76	81,10	102,61	66,93	64,56
1995	47,07	56,04	53,12	78,22	48,80	41,78
1996	69,47	82,44	68,15	64,86	51,31	43,55
1997	117,55	129,80	107,45	106,07	96,49	79,80
1998	113,20	144,08	134,84	131,89	80,64	74,74
1999	64,79	101,30	102,15	95,79	61,12	54,81
2000	26,89	37,21	36,97	41,81	46,30	36,76
2001	48,87	52,60	50,46	57,99	51,94	44,72
2002	84,39	126,90	126,90	114,97	78,90	78,87
2003	47,75	37,14	34,15	45,64	42,20	31,63
2004	26,04	34,08	38,54	44,75	28,59	21,84
2005	13,37	21,51	18,09	23,60	25,63	18,94
2006	58,40	74,44	75,47	82,32	59,94	49,35
2007	55,87	59,37	47,65	56,24	43,22	36,30
2008	69,47	94,50	101,24	114,71	76,15	62,28
2009	75,53	95,03	101,81	121,24	98,14	76,90
2010	52,66	67,33	66,23	76,98	68,06	70,31
2011	48,46	57,65	61,01	60,21	49,92	46,20
2012	64,56	86,36	89,68	96,26	75,75	61,26
2013	25,51	31,30	30,66	34,44	35,01	27,88
2014	36,10	47,49	42,29	43,17	23,96	24,96
2015	57,12	114,09	78,07	85,34	72,11	55,98
2016	98,48	124,87	118,04	108,62	68,43	64,92

Fuente: Elaboración propia. (verde-dato corregido).

Para la corrección de la serie alterada, se asume que el conjunto de datos n_1 era menos confiable que el conjunto n_2 , pues en este último, sus elementos son más cercanos a la actualidad. Por lo tanto, se utiliza la ecuación 2, para acondicionar los datos de n_1 a n_2 .

Tabla 17: Análisis confirmatorio EV1 (data corregida).

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV1"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	0,809	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0,906	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	6	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	0,248	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 18: Análisis confirmatorio EV2 (data corregida).

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV2"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	0,511	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0,56	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	6	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	0,479	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 19: Análisis confirmatorio EV3 (data corregida).

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV3"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT,	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	0,483	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0,48	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	4	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	0,446	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 20: Análisis confirmatorio EV4 (data corregida).

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV4"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	0,341	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0,385	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	4	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	0,512	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 21: Análisis confirmatorio EV5 (data corregida).

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV5"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	0,327	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0,492	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	4	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	0,248	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Tabla 22: Análisis confirmatorio EV6 (data corregida).

DATA: PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA "EV6"							
TABLA ESTADÍSTICA							
TEST ESTADÍSTICO	Z- ESTADÍSTICA	A=0,10	A=0,05	A=0,01	RESULT.	TIPO DE PRUEBA	PRUEBA
Mann-Kendall	0,369	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	TENDENCIAS
Spearman's Rho	0,493	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	
Cusum	4	7,218	8,046	9,643	NS	NO PARAMÉTRICO	SALTOS
Rank Sum	0,314	1,645	1,96	2,576	NS	NO PARAMÉTRICO	

Fuente: Elaboración propia. Resultados obtenidos con el software TREND.

Se observa que, al intervenir en los saltos, automáticamente se corrigieren las tendencias, en general esta condición es recurrente.

Del análisis realizado se puede concluir en que todas las series temporales son consistentes, es decir homogéneas y estacionales, por lo tanto, los modelamientos realizados posteriormente podrán catalogarse como fiables.

4.1.3. Interpolaciones y extrapolaciones

a. Data representativa de la zona de interés

El ideal expresado detalladamente en la sección 3.2.3 – a, se concluye en la siguiente serie temporal representativa, conformado por los datos máximos de los máximos analizados:

Tabla 23: Precipitaciones máximas diarias (8 a.m. – 8 p.m.).

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) (8 a.m. - 8 p.m.)
1981	80,64
1982	51,04
1984	85,84
1985	34,09
1986	52,12
1987	119,07
1988	38,43
1989	88,35
1990	37,85
1991	49,35
1992	171,40
1993	105,55
1994	102,61
1995	78,22
1996	82,44
1997	129,80
1998	144,08
1999	102,15
2000	46,30
2001	57,99
2002	126,90
2003	47,75
2004	44,75
2005	25,63
2006	82,32
2007	59,37
2008	114,71
2009	121,24
2010	76,98
2011	61,01
2012	96,26
2013	35,01
2014	47,49
2015	114,09
2016	124,87

Fuente: Elaboración propia.

La serie temporal generada, obedece a supuestos o ideales de que el registro de las tormentas detalladas en cada año, presentan una distribución uniforme en el espacio; referida condición puede ser razonablemente supuesta debido a que el área involucrada de la microcuenca es pequeña.

El insumo (serie temporal) del modelo a plantear más adelante, está siendo generado con los datos más severos “observados en el lugar”, esta condición sería ideal para el estudio de eventos extremos.

Finalmente, bajo el criterio de L. L. Weiss detallado en 3.2.3 – b, la serie temporal resulta:

Tabla 24: Precipitaciones máximas diarias (24 horas).

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) (24 horas)
1981	91,12
1982	57,67
1984	97,00
1985	38,52
1986	58,89
1987	134,55
1988	43,42
1989	99,83
1990	42,77
1991	55,76
1992	193,69
1993	119,27
1994	115,95
1995	88,39
1996	93,16
1997	146,67
1998	162,81
1999	115,43
2000	52,32
2001	65,53
2002	143,40
2003	53,95
2004	50,57
2005	28,96
2006	93,02
2007	67,08
2008	129,63
2009	137,01
2010	86,99
2011	68,95
2012	108,78
2013	39,57
2014	53,67
2015	128,92
2016	141,10

Fuente: Elaboración propia.

b. Generación estocástica de datos

Con el fin de inferir sobre la magnitud que alcanzaría el fenómeno meteorológico estudiado (precipitación) en función de diferentes periodos de retorno, primero se analiza la lista de distribuciones que podrían ser utilizadas:

Tabla 25: Lista de distribuciones de probabilidad.

DISTRIBUCIONES DE PROBABILIDAD
Distribución normal
Distribución log normal de 2 ó 3 parámetros
Distribución gamma de 2 ó 3 parámetros
Distribución log-Pearson tipo III
Distribución Gumbel
Distribución log-Gumbel

Fuente: Elaboración propia.

Las distribuciones detalladas anteriormente son las de uso común en hidrología.

Con la metodología de momentos lineales y en base a los datos de la muestra, se calcula los parámetros poblacionales de cada distribución, luego se realiza la prueba de bondad de ajuste Smirnov Kolmogorov.

Tabla 26: Pruebas de bondad de ajuste.

DISTRIBUCIONES	PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE "SMIRNOV KOLMOGOROV"		CONCLUSIÓN
	Δ teórico	Δ tabular	
Normal	0,1207	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Log-Normal de 2 parámetros	0,1007	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Log-Normal de 3 parámetros*	0,1129	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Gamma 2 parámetros	0,1324	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Gamma 3 parámetros	0,0998	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Log-Pearson tipo III	0,1285	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Gumbel	0,0998	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$
Log-Gumbel	0,1691	0,2299	Se ajustan, con un $\alpha = 5\%$

Fuente: Elaboración propia. *Parámetros estimados con momentos ordinarios.

Se observa que la frecuencia empírica de la data analiza se ajusta a diferentes funciones de probabilidades, sin embargo 3 ellas presentan un menor Δ teórico, se procede entonces a la interpolación y extrapolación de la variable aleatoria (precipitación), en función de diferentes periodos de retorno, referido procedimiento se realiza en las distribuciones de probabilidad de mayor ajuste.

Tabla 27: Interpolaciones y extrapolaciones para diferentes T.

T* (años)	LOG NORMAL 2 PARÁMETROS PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm)	GAMMA 3 PARÁMETROS PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm)	D GUMBEL PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA** (mm)
10	155,36	148,43	148,97
25	196,12	175,09	181,51
50	227,96	193,53	205,65
1000	381,3	263,22	308,79
2000	421,15	277,33	332,59
10000	520,93	305,16	387,83

Fuente: Elaboración propia. *T: Periodo de retorno. **En 24 horas.

Con la generación de las magnitudes de precipitación en función de diferentes periodos de retorno, se observa que la distribución log normal 2 parámetros, presenta valores más conservadores en comparación de las restantes, se opta por referida función de probabilidad.

Finalmente, las magnitudes pluviométricas acogidas, se les añade su característica de riesgo.

Tabla 28: Análisis de riesgo del evento pluviométrico.

T (años)	PRECIPITACIÓN MÁXIMA DIARIA (mm) (24 horas)	R* (%)
Interpolación		
10	155,36	92,82
25	196,12	63,96
Extrapolación		
50	227,96	39,65
1000	381,3	2,47
2000	421,15	1,24
10000	520,93	0,25

Fuente: Elaboración propia. * R: Riesgo.

Se observa la probabilidad de que el evento inferido se excedido al menos una vez, en los 25 años de vida útil del proyecto (el riesgo es calculado en función de esta característica de la infraestructura de interés - presa).

4.1.4. Hietogramas sintéticos

En base al perfil de tormenta tipo II del SCS, se obtiene los hietogramas sintéticos de tormentas de 24 horas de duración para diferentes periodos de retorno.

El detalle de los resultados para cada periodo de retorno puede ser observado en el anexo 4.

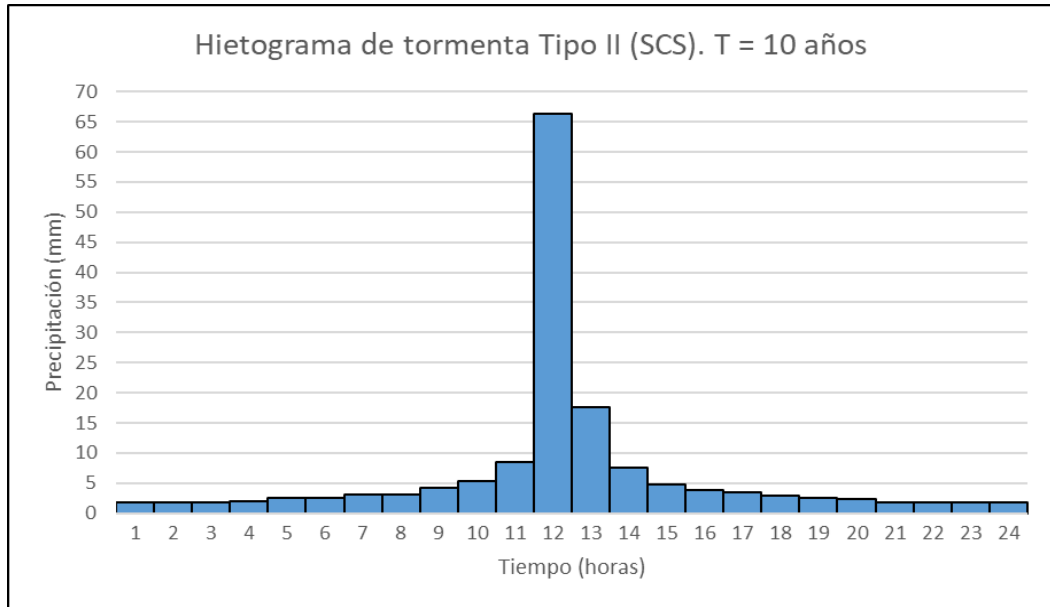


Figura 15: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno T = 10 años.

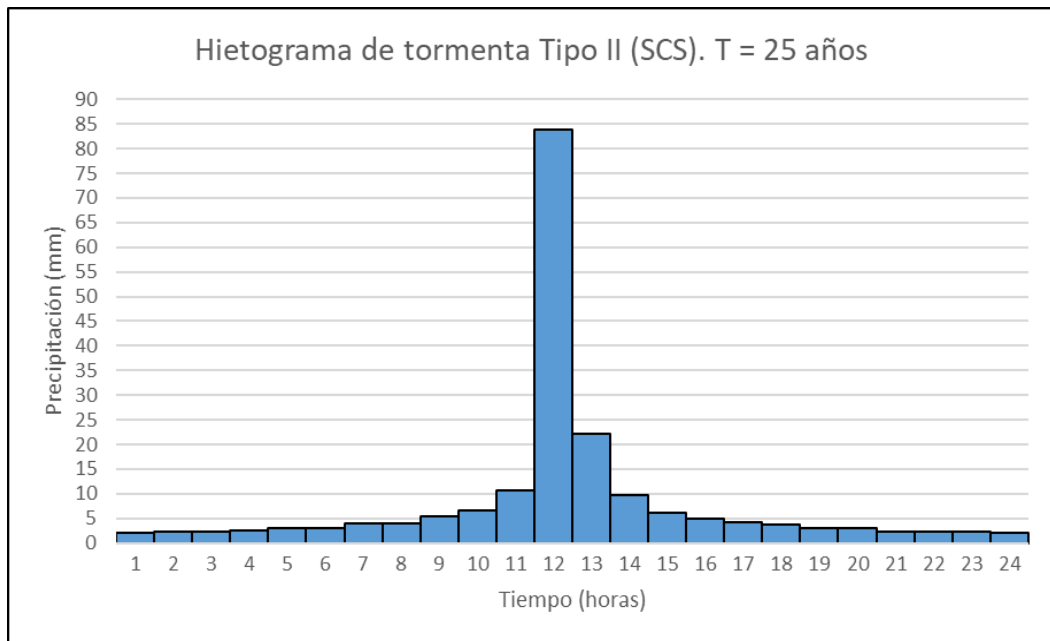


Figura 16: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno T = 25 años.

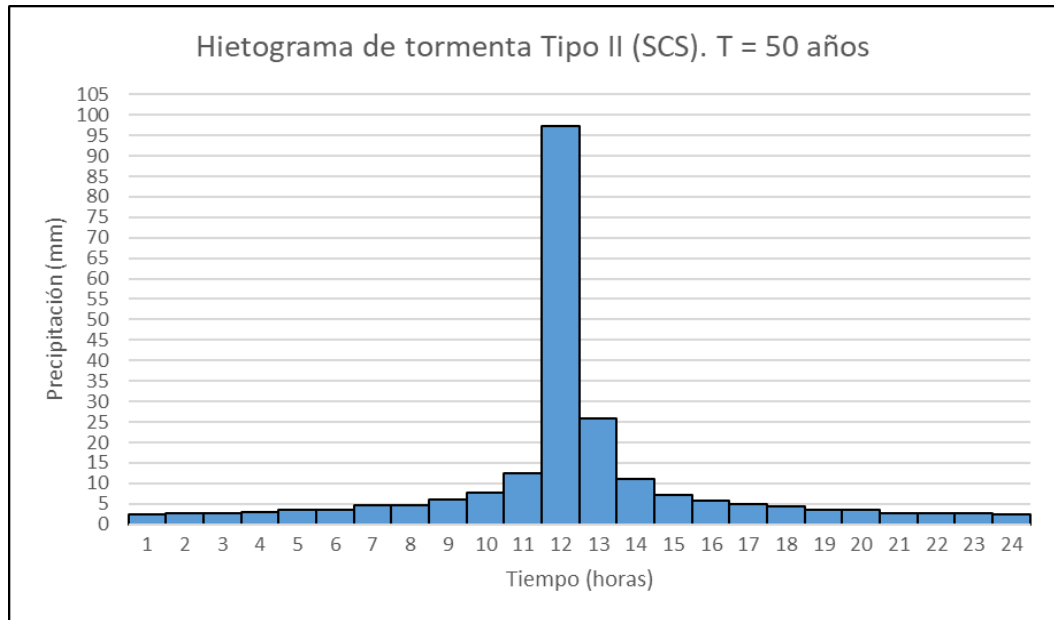


Figura 17: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno T = 50 años.

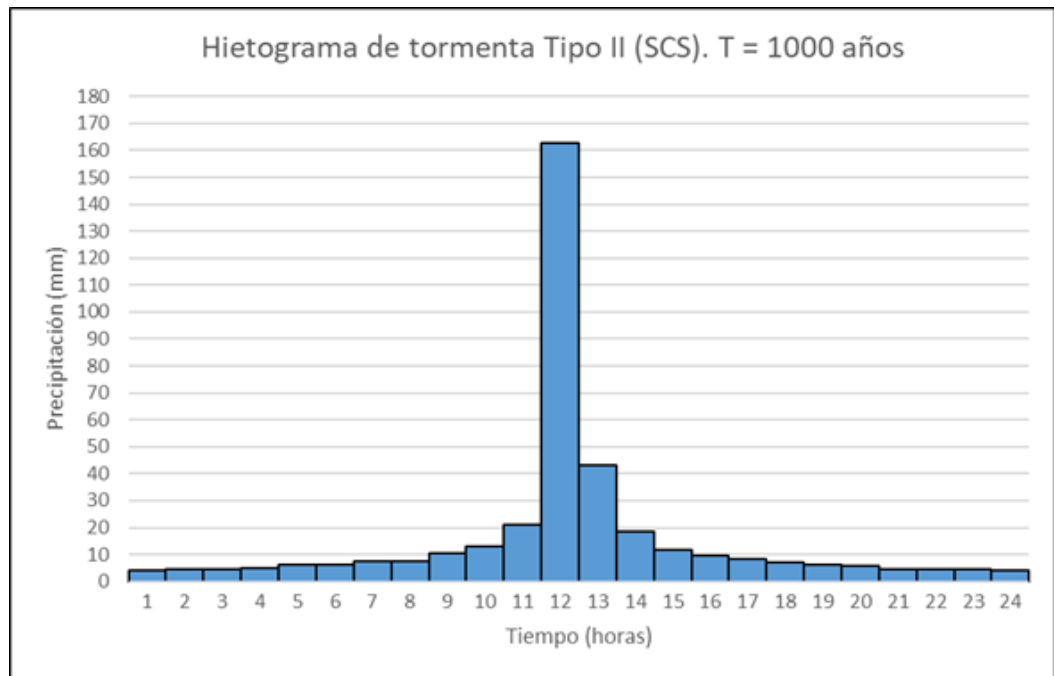


Figura 18: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno T = 1000 años.

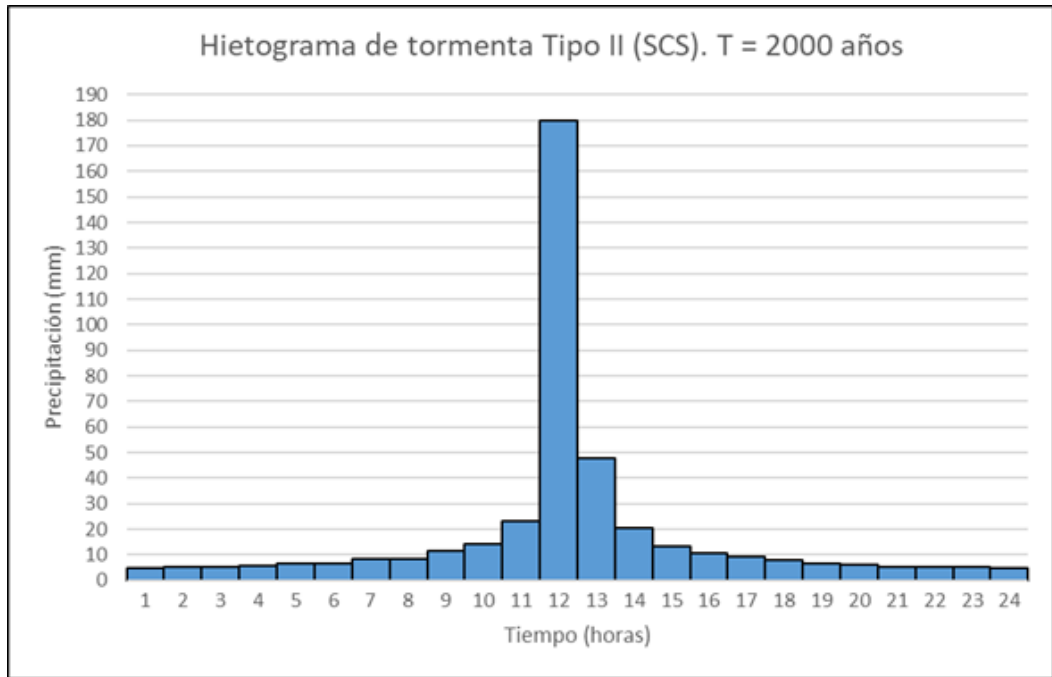


Figura 19: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno T = 2000 años.

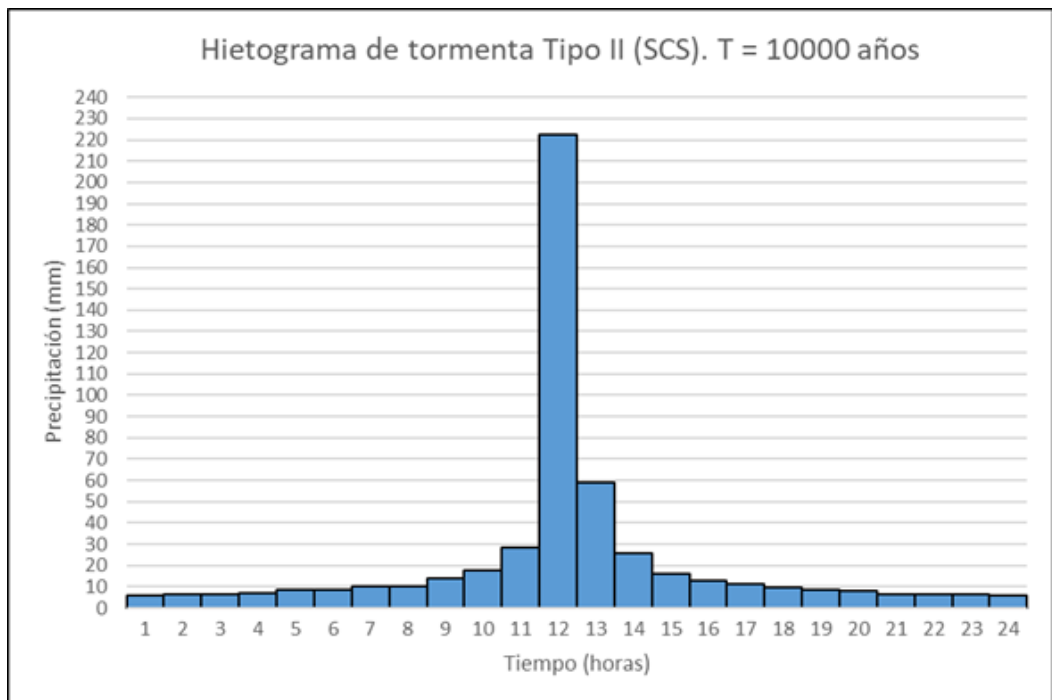


Figura 20: Hietograma sintético de tormenta tipo II (SCS), para un periodo de retorno T = 10000 años.

Los hietogramas generados expresan la distribución temporal del evento meteorológico (tormenta) con un intervalo de medición o nivel de detalle de 1 hora; el desarrollo de este componente es necesario debido a la metodología que se sigue para la estimación de las máximas avenidas. Se razona en que las características de posibilidad (periodo de retorno y riesgo) de los datos pluviométricos a partir de los cuales fueron estimados referidos hietogramas, son cedidas a estos últimos.

4.1.5. Hietogramas efectivos sintéticos

En base a la metodología del número de curva “N” abordada en apartados anteriores, se estima las abstracciones o perdidas que sufrirían los hietogramas sintéticos calculados.

El detalle de su estimación es expresado en el anexo 5 en las columnas 4 y 5, conjuntamente con los cálculos de los hidrogramas de diseño, debido a que el programa que ejecutó los procedimientos (HEC-HMS) considera el cálculo de la precipitación efectiva, un sub proceso abordado en el proceso de generación de hidrogramas de máximas avenidas.

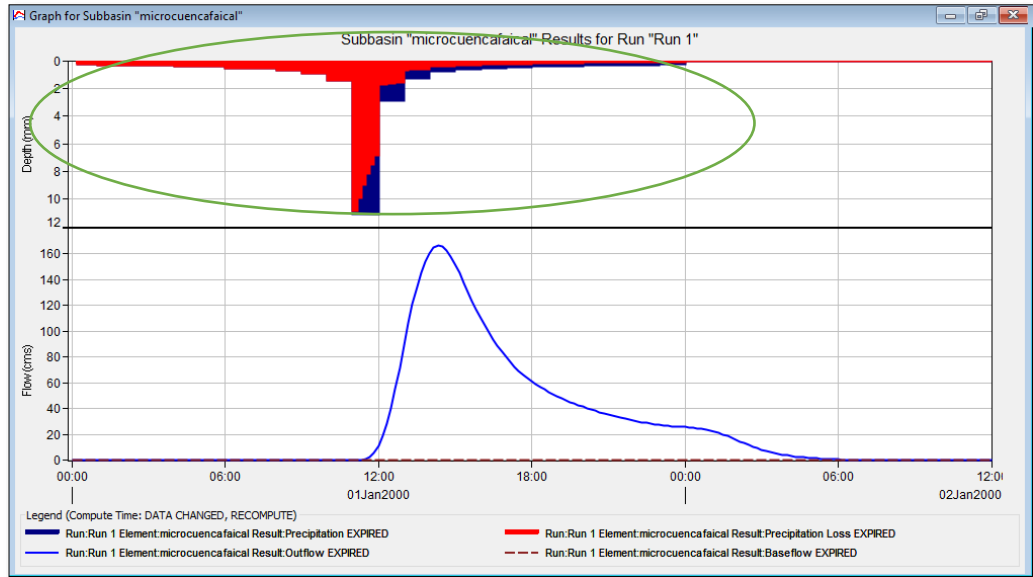


Figura 21: Estimación de abstracciones o pérdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 10 años.

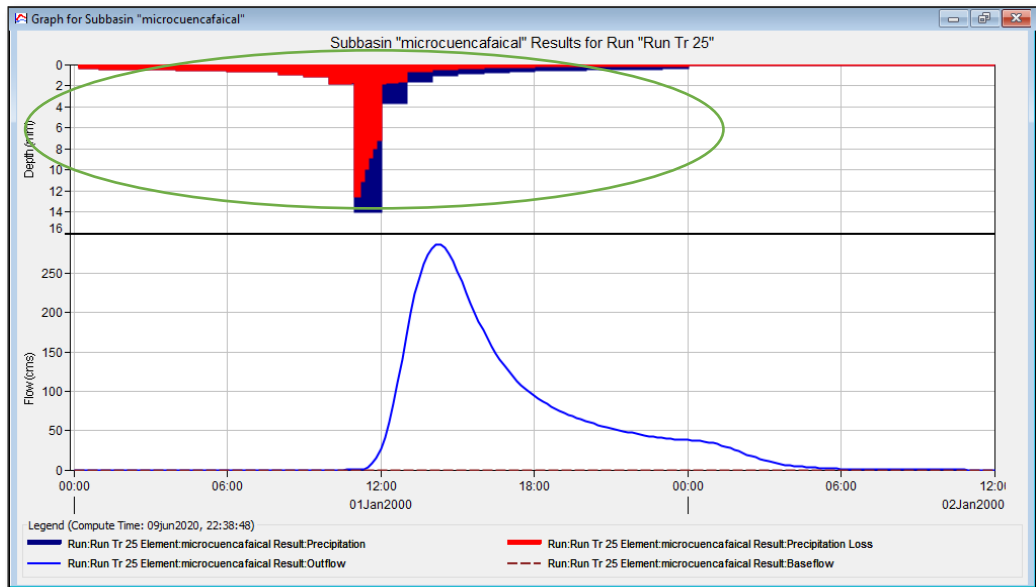


Figura 22: Estimación de abstracciones o pérdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 25 años.

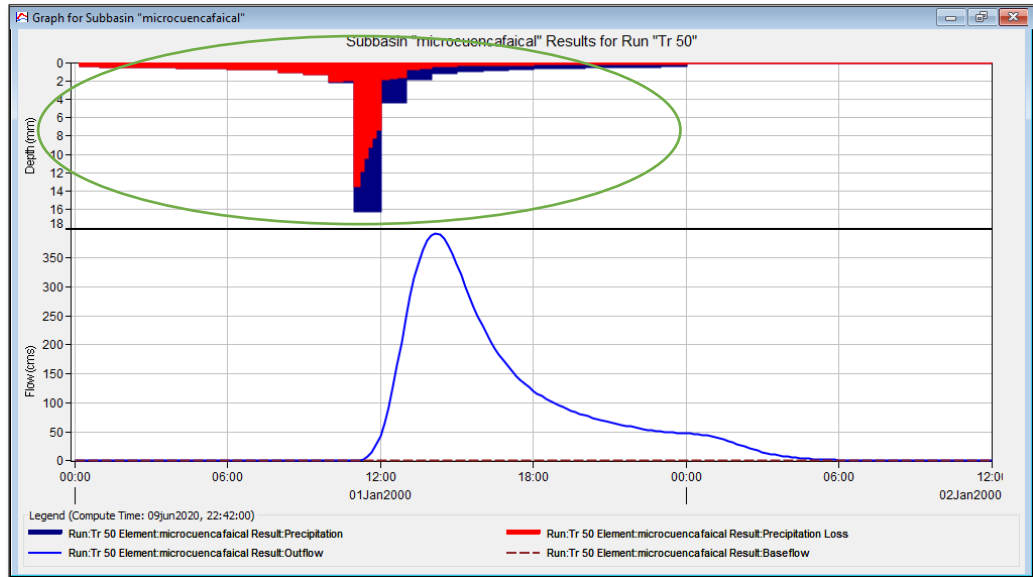


Figura 23: Estimación de abstracciones o pérdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 50 años.

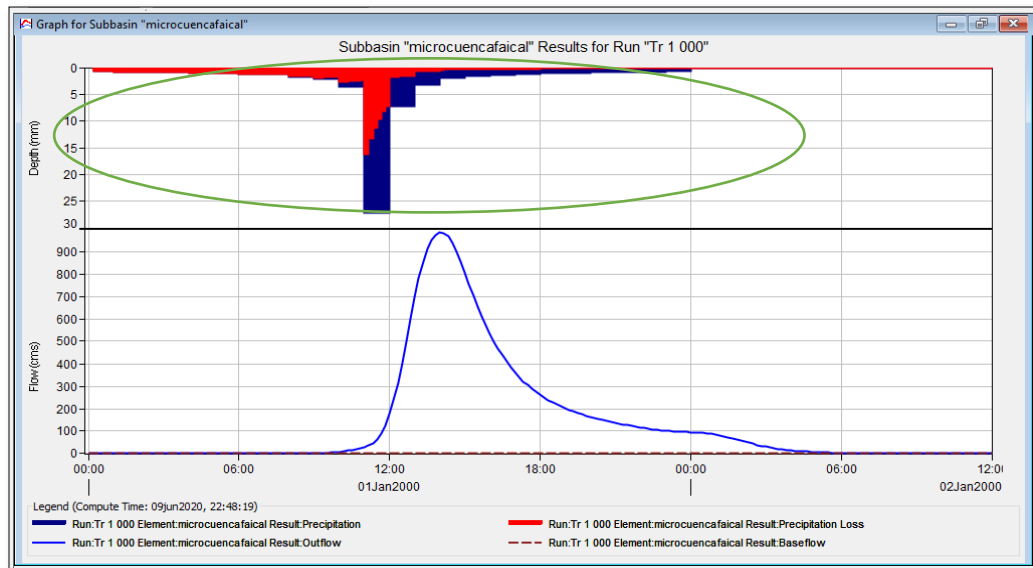


Figura 24: Estimación de abstracciones o pérdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 1000 años.

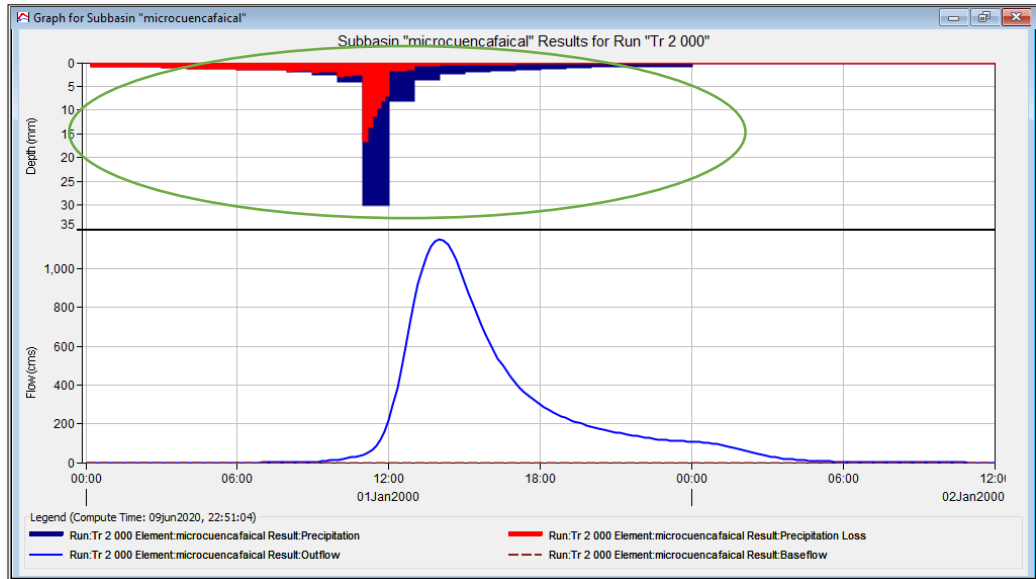


Figura 25: Estimación de abstracciones o pérdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 2000 años.

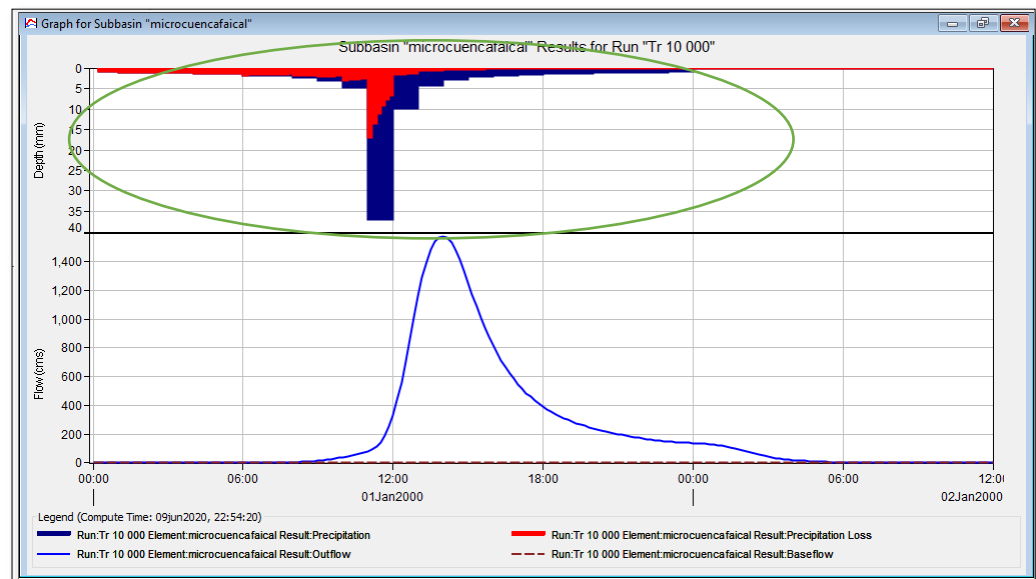


Figura 26: Estimación de abstracciones o pérdidas (rojo) y de precipitaciones efectivas (azul) en hietograma de T = 10000 años.

Se observa que los hietogramas de precipitación total, sufren abstracciones o pérdidas considerables debido a la categorización de la microcuenca con un numero de curva $N = 55$; el evento meteorológico idealizado, inicialmente es infiltrado y retenido por la superficie del suelo y la buena cobertura vegetal respectivamente, posteriormente la tendencia de las perdidas es a disminuir, consecuentemente generando láminas de escorrentía no puntal.

Los hietogramas de precipitación total (de insumo) se conforman inicialmente de intervalos de medición de 1 hora, sin embargo, el modelamiento fue realizado con un nivel de detalle de 10 minutos, es decir evaluando la respuesta del sistema en intervalos de 10 minutos, por tal motivo se observa que los hietogramas de precipitación total son disminuidos en su lamina acumulada por intervalos, es decir si el intervalo inicial α (de duración de 1 hora) expresaba la lámina acumula en ese tiempo de medición, ahora se conforma de intervalos de láminas acumuladas en 10 minutos de duración, de tal forma que la sumatoria de las magnitudes de los intervalos ξ_n concluye en la magnitud del intervalo α .

4.1.6. Hidrogramas de diseño

a. Tiempo de retraso “ T_r ”

Para el cálculo del T_r , primero se estima el tiempo de concentración “ T_c ” en base a la ecuación 4; para los parámetros de referida ecuación (longitud y pendiente del cauce principal) se observaron valores:

Tabla 29: Estimación de tiempo de retraso.

PARÁMETROS DE INTERÉS	MAGNITUD
Longitud del cauce principal (m)	22084,08
Pendiente del cauce principal (m/m)	0,016
Tiempo de concentración "T _c " (min)	212,03
Tiempo de retraso "T _r " (min)	127,22

Fuente: Elaboración propia.

Los insumos de longitud y pendiente son estimados con el software ArcGis al trabajar el DEM con la herramienta Arc Hydro Tools; la pendiente del cauce, para una mayor aproximación fue estimada con el criterio de Taylor y Schwarz.

b. Hidrogramas de máximas avenidas

Con ayuda del software HEC-HMS se procesa la información de las tormentas de diseño, área aporte al embalse y tiempo de retraso; se realizó el modelamiento obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 30: Resumen de resultados.

T (años)	R %	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS (mm)	CAUDAL MÁXIMO (m³/s)
Avenidas de alta frecuencia			
10	92,82	155,36	166,00
25	63,96	196,12	286,00
50	39,65	227,96	392,80
Avenidas de baja frecuencia			
1000	2,47	381,30	984,10
2000	1,24	421,15	1150,50
10000	0,25	520,93	1577,30

Fuente: Elaboración propia.

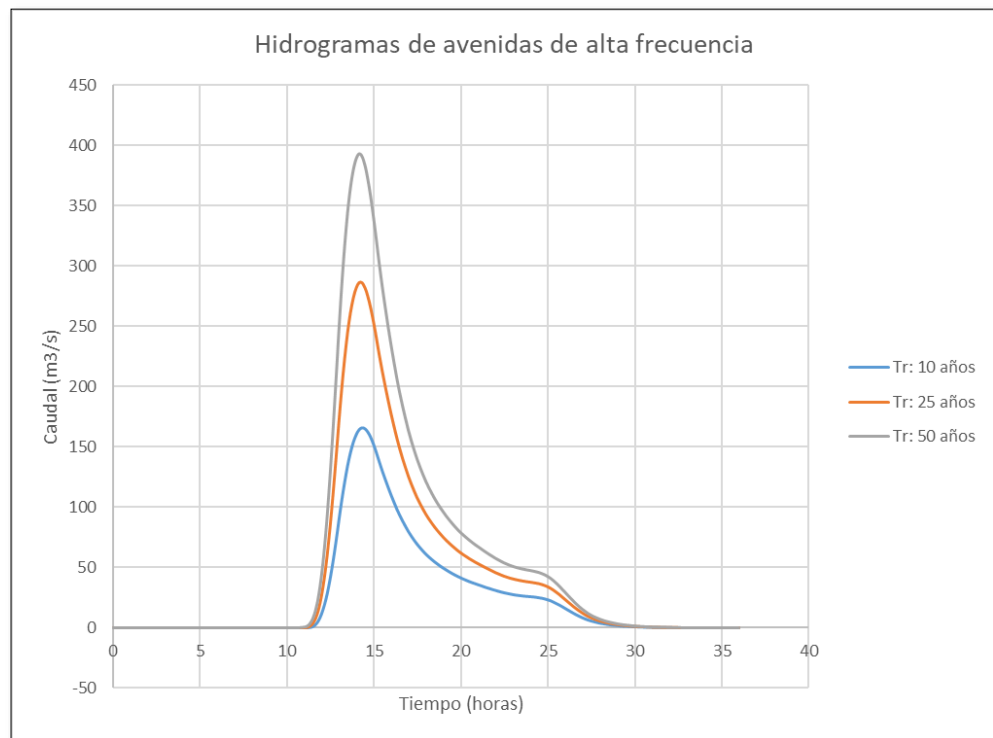


Figura 27: Hidrogramas de avenidas de alta frecuencia.

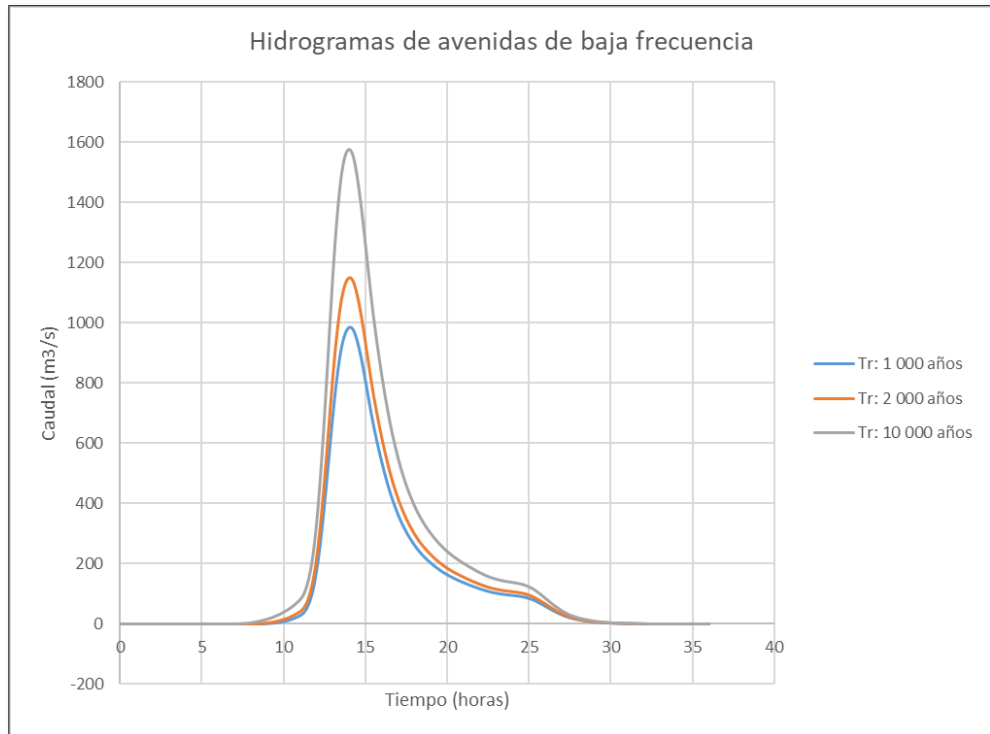


Figura 28: Hidrogramas de avenidas de baja frecuencia.

El detalle de los resultados puede ser observado en el anexo 5.

En función de los periodos de retorno considerados, las avenidas modeladas son catalogadas como de baja y alta frecuencia; los hidrogramas correspondientes a cada sub grupo, pueden y serán utilizados para el diseño de estructuras hidráulicas de acuerdo al nivel de peligro que involucraría la falla de referida infraestructura; de tal forma que los hidrogramas de alta frecuencia serán utilizados para el diseño de la infraestructura menor del proyecto (no de interés en esta investigación) y los hidrogramas de baja frecuencia serán considerados en el diseño de la infraestructura mayor del proyecto (dimensionamiento de la cortina de represamiento y consecuentemente del vertedero de excedencias).

Las características de posibilidad (periodo de retorno “T” y riesgo “R”) propias de los datos pluviométricos extrapolados e interpolados, son cedidas a los hidrogramas estimados a través del insumo de tormentas de diseño; para el diseño de la sección del dique que controlará las máximas avenidas de baja frecuencia que se puedan presentar, se prestará atención a la característica del riesgo hidrológico que involucraría asumir referidas magnitudes para el diseño de la componente en cuestión, se busca entonces la reducción de este parámetro.

4.1.7. Determinación del NAME

Se realiza el tránsito de los hidrogramas de baja frecuencia calculados en el apartado anterior con el software SISTAE, se idealiza la peor condición posible, que sería que el evento extremo se suscitaría en el instante que el embalse este a nivel del NAMO (240,75 m.s.n.m.), entonces con la aplicación de las ecuaciones 6 y 7, se ejecuta la corrida del modelo obteniendo:

Tabla 31: Resultado de tránsito (T = 1000 años)

RESULTADO DE TRÁNSITO DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA EN EL EMBALSE EL LIMON PARA UN PERIODO DE RETONO T = 1000 AÑOS Y UN RIESGO R =	
Longitud del vertedero:	30 m
Gasto máximo (entrada):	984,10 m ³ /s
Gasto máximo (salida):	301,81 m ³ /s
Tiempo pico (entrada):	14:00 h
Tiempo pico (salida):	17:30 h
Elevación máxima :	2,95 msnm
Almacenamiento máximo :	9553,55 (1000) m ³
Volumen de entrada :	17528,94 (1000) m ³
Volumen de salida :	16953,04 (1000) m ³

Fuente: Elaboración propia.

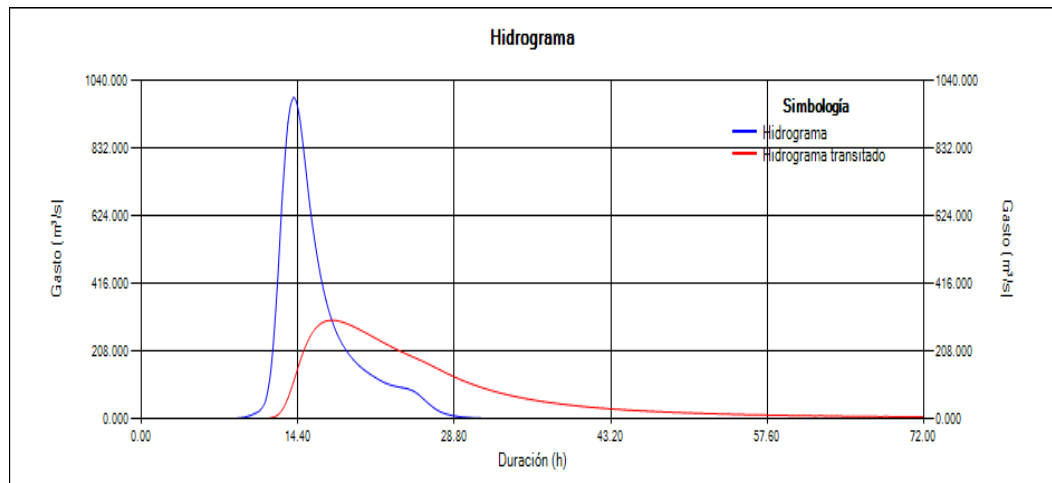


Figura 29: Hidrograma de entrada y salida (T = 1000 años).

Tabla 32: Resultado de tránsito (T = 2000 años).

**RESULTADO DE TRÁNSITO DE HIDROGRAMA DE
MÁXIMA AVENIDA EN EL EMBALSE EL LIMON PARA UN
PERIODO DE RETONO T = 2000 AÑOS**

Longitud del vertedero:	30 m
Gasto máximo (entrada):	1150,50 m ³ /s
Gasto máximo (salida):	365,87 m ³ /s
Tiempo pico (entrada):	14:00 h
Tiempo pico (salida):	17:30 h
Elevación máxima :	3,35 msnm
Almacenamiento máximo :	10979,37 (1000) m ³
Volumen de entrada :	20396,88 (1000) m ³
Volumen de salida :	19802,49 (1000) m ³

Fuente: Elaboración propia.

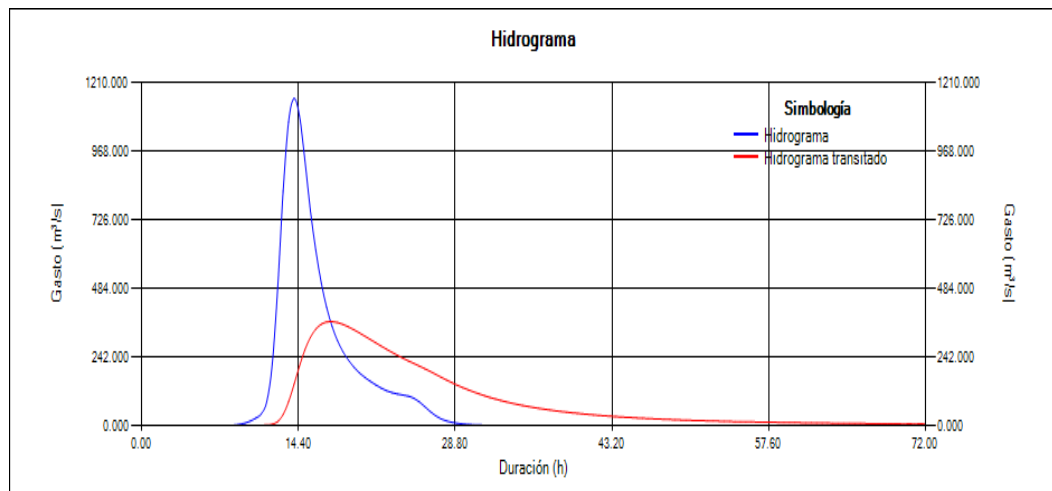


Figura 30: Hidrograma de entrada y salida (T = 2000 años).

Tabla 33: Resultado de tránsito (T = 10000 años).

**RESULTADO DE TRÁNSITO DE HIDROGRAMA DE
MÁXIMA AVENIDA EN EL EMBALSE EL LIMON PARA UN
PERIODO DE RETONO T = 10000 AÑOS**

Longitud del vertedero:	30 m
Gasto máximo (entrada):	1577,30 m ³ /s
Gasto máximo (salida):	539,77 m ³ /s
Tiempo pico (entrada):	14:00 h
Tiempo pico (salida):	17:00 h
Elevación máxima :	4,34 msnm
Almacenamiento máximo :	14602,96 (1000) m ³
Volumen de entrada :	27807,12 (1000) m ³
Volumen de salida :	27175,14 (1000) m ³

Fuente: Elaboración propia.

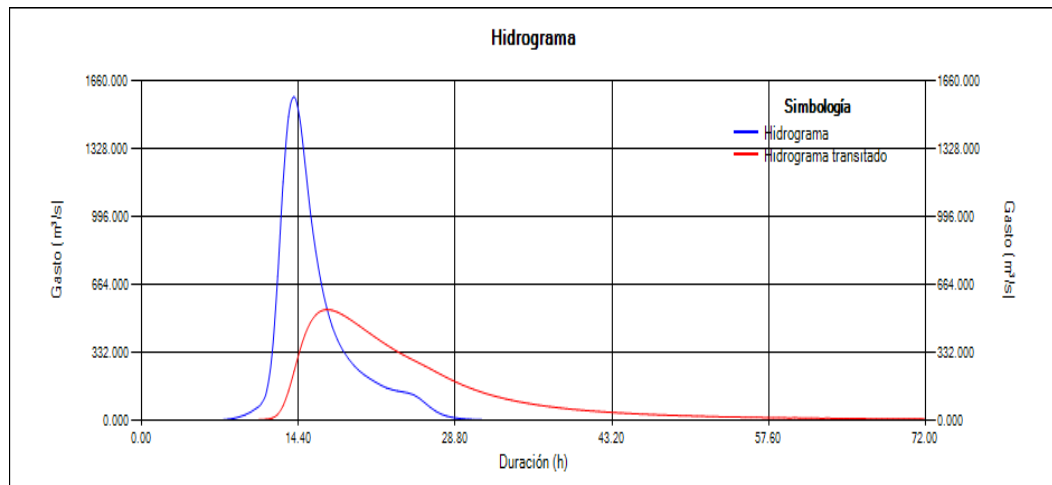


Figura 31: Hidrograma de entrada y salida (T = 10000 años).

Los resultados detallados del análisis pueden visualizarse en el anexo 6.

Se observa que el realizar la simulación (en un periodo de 72 horas) del tránsito de las avenidas de menor frecuencia (T: mayores y R: menores) en el embalse “El Limón”, por un vertedero de excedencias (de cresta libre) localizado al nivel del NAMO con una longitud de 30 m, los caudales evacuados conforman un hidrograma de tránsito y consecuentemente un volumen de superalmacenamiento que denota para cada hidrograma de entrada o impulso una altura determina, entonces para cada caso el NAME quedaría definido:

Tabla 34: Alturas posibles del dique o cortina.

T (años)	R (%)	H _i (m): NAME – NAMO	H _τ (m.s.n.m.): NAMO + NAME
1000	2,47	2,95	243,70
2000	1,24	3,35	244,10
10000	2,05	4,34	245,09

Fuente: Elaboración propia.

Las alturas H_τ denotan la elevación máxima que se alcanzaría en el embalse al transitar los hidrogramas correspondientes a periodos de retorno de 1000, 2000 y 10000 años. Adicionalmente a esta altura de le tiene que adicionar un bordo libre, el cual ayudará a contener los oleajes y compensara los asentamientos que sufriría el dique (Aparicio, 1992).

V. CONCLUSIONES

- Se estima que, donde se localizará la cortina de represamiento del embalse “El Limón” se pueden esperar máximas avenidas con caudales pico de 166,00, 286,00, 392,80, 984,10, 1150,50 y 1577,30 m³/s para periodos de retorno “T” de 10, 25, 50, 1000, 2000 y 10000 años respectivamente. Al ser las probabilidades de ocurrencia de referidos eventos, inversamente proporcionales a sus respectivos periodos de retorno, se esperan que las magnitudes caracterizadas por menores T, sean observadas con mayor frecuencia, mientras que las de mayores T, raramente serán observadas.
- En el hipotético caso de que el embalse “El Limón” este operando y se encuentre en su máxima capacidad (40 MMC - NAMO), de presentarse las máximas avenidas de periodos de retorno de 1000, 2000 y 10000 años, se estima que se requiere de alturas (a partir de NAMO) de 2,95, 3,35 y 4,34 m respectivamente para poder controlarlas y evacuarlas por el vertedero de excedencias de 30 m de longitud. Las alturas estimadas, al sumarlas a la elevación del NAMO, definen para cada caso la localización del NAME.
- Se observa que, al acoger la magnitud de un evento en particular (T: 1000, 2000 o 10000 años) como valor de diseño, se está asumiendo axiomáticamente un riesgo “R” de 2,47, 1,24 y 0,25% respectivamente, referidos valores expresan el porcentaje de posibilidad de que el evento sea observado en los 25 años de vida útil de la estructura. Se concluye que un valor de riesgo 1,24% (T: 2000 años) es aceptable como valor de diseño, pues la posibilidad de ocurrencia es razonablemente baja.
- La dimensión de la cortina de represamiento quedaría definida óptimamente al sumar a la elevación del NAMO (240,75 m.s.n.m.) la altura de 3,35 m y la altura del bordo libre.

VI. RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos en este estudio se tienen que calibrar, para tal fin es necesario que las entidades correspondientes instalen los equipos adecuados para la medición de los caudales que se están presentando en la unidad de estudio; la localización de referida instrumentaría tiene que ser aledaña al punto donde se ubicara la cortina de represamiento.
- Los datos de elevaciones – áreas, aunque son obtenidos con un MDE de 12,50 m de resolución, necesitan un nivel de exactitud mayor, por lo tanto, deben ser estimados con equipos (sistema LIDAR) de mayor precisión.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aparicio, F. J. (1992). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Ciudad de México, México: LIMUSA.
- Aybar, C., Lavado-Casimiro, W., Huerta, A., Fernández, C., Vega, F., Sabino, E. y Felipe-Obando, O. (2017). Uso del Producto Grillado “PISCO” de precipitación en Estudios, Investigaciones y Sistemas Operacionales de Monitoreo y Pronóstico Hidrometeorológico. Nota Técnica 001 SENAMHI-DHI-2017, Lima-Perú.
- Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada*. UPC: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos (GITS)–2007.
- Breña, A. & Jacobo, M. (2006). *Principios y Fundamentos de la Hidrología Superficial*. D.F., México: Universidad Autónoma Metropolitana.
- Cahuana Andía, A., & Yugar Morales, W. (2009). Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología civ-233. *Trabajo de grado*). Universidad Mayor de San Simón, Cochabamba, Bolivia.
- Campos, A. (2016). *Hidráulica e hidrología para ingeniería*. Moscú, Rusia: Universidad de la Amistad de los Pueblos de Rusia.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología Aplicada*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Hietogramas de lluvia de 24 horas del Soil Conservation Servise [Grafica]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuigiQuispeYanapa/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-116834237>

Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). Distribuciones de lluvia SCS [Tabla]. Recuperado de <https://es.slideshare.net/LuigiQuispeYanapa/hidrologia-aplicada-ven-te-chow-116834237>

Gámez, W. (2009). Texto básico de hidrología. *Managua: Facultad de recursos naturales y del ambiente.*

Gomez, M., Danglot, C., y Vega, L. (2003, marzo-abril) Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. *Revista Mexicana de Pediatría.* Recuperado de <http://www.ugr.es/~fmocan/MATERIALES%20DOCTORADO/Sinopsis%20de%20pruebas%20estadisticas%20no%20parametricas.pdf>

Gutiérrez, C. (2014). *Hidrología básica y aplicada.* Quito, Ecuador: Abya-Yala.

Homogeneidad. (2016, 28 diciembre). NumXL Soporte. <https://support.numxl.com/hc/es/articles/115000143126-Homogeneidad>

La Estacionalidad. (2016, 28 diciembre). NumXL Soporte. <https://support.numxl.com/hc/es/articles/115000145023-La-Estacionalidad>

López, J. F. (2017, 3 octubre). *Proceso estocástico.* Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/proceso-estocastico.html>

Mejía, J. A. (2006). *Hidrología aplicada*. Lima, Perú: UNALM.

Monsalve, G. (1995). *Hidrología en la ingeniería*. Santafé de Bogotá, Colombia: Departamento de Publicaciones Escuela Colombiana de Ingeniería.

Obando, W. (2003). *Informe Final de Hidrología*. Anexo 03 del estudio "Perfil del Proyecto de Irrigación Faical", Zarumilla, Tumbes, Perú.

Sánchez, F. J. (2012). *Calculo de la precipitación neta mediante el método del SCS*. Departamento de Geología-Univ. Salamanca, España.

Sánchez, F. J. (s.f.). *Hidrología superficial (III): Relación Precipitación - Escorrentía*. Departamento de Geología-Univ. Salamanca, España.

Sortillón, M. (2002). *Curso de Hidrología*. Recuperado de ftp://soporte.uson.mx/PUBLICO/04_INGENIERIA.CIVIL/PROF.%20DENNIS/RREFERENCIAS%20DE%20TEXTOS%20DE%20HIDROLOG%CDA/NOTAS%20DE%20HIDROLOG%CDA/2.%20HIDROLOG%CDA%20SUBTERR%C1NEA/2.1.-%20LIBRO%20DE%20TEXTO/HIDROLOGIA.pdf

Ugarte, H. (2012). *Hietograma tipo II SCS*. [Figura]. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5490>

Villarroya, J. P., Farias, H. D., y Amarilla, M. E. (s.f.). *Hietograma. Variables del Método del Curva Número del SCS*. [Figura]. Recuperado de <https://fcf.unse.edu.ar/archivos/publicaciones/codinoa-2013/trabajos/tierra/27-prieto.pdf>

Villasante, P. (2019, 28 enero). *Pruebas no paramétricas: definición y tipos*. La Mente es Maravillosa. <https://lamenteesmaravillosa.com/pruebas-no-parametricas-definicion-y-tipos/>

Villón, M. (2006). *Hidrología estadística*. Lima, Perú: Villón.

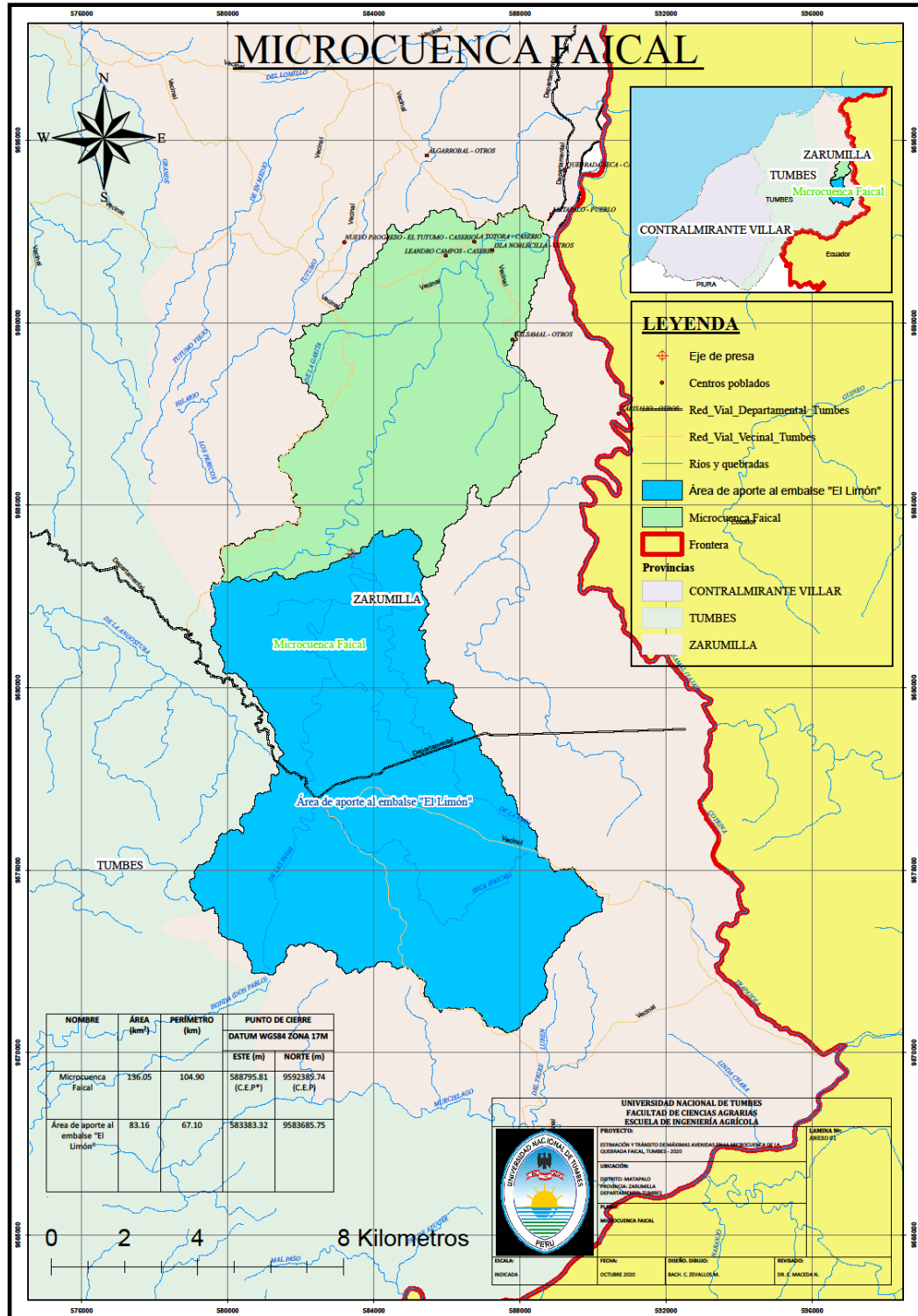
Villón, M. (2011). *Hidrología*. Lima, Perú: Villón.

Villón, M. (2011). *Numero de curva N para complejos hidrológicos de suelo cobertura (para condición de humedad antecedente II e Ia = 0.2S)*. [Tabla].

Vivaelssoftwarelibre. (2019, 20 febrero). *Test estadísticos para comparar muestras: cuadro comparativo*. Viva el Software Libre. <https://vivaelssoftwarelibre.com/test-estadisticos-para-comparar-muestras/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Plano de la microcuenca Faical.



Anexo 2: Código para extraer datos PISCO.

```
setwd("D:/2018/Leer PISCO")
rm(list = ls())
install.packages("sp")
install.packages("raster")
install.packages("ncdf4")
library(sp)
library(raster)
library(ncdf4)
long_lat <- read.csv("long_lat.csv", header = T)
raster_pp <- raster::brick("PISCOmtn_v1.1.nc")
sp::coordinates(long_lat) <- ~XX+YY
raster::projection(long_lat) <- raster::projection(raster_pp)
points_long_lat <- raster::extract(raster_pp[[1]], long_lat, cellnumbers = T)[,1]
data_long_lat <- t(raster_pp[points_long_lat])
colnames(data_long_lat) <- as.character(long_lat$NN)

save.image("E:\\2018\\Leer PISCO\\data_long_lat.csv")

write.csv(data_long_lat, "data_long_lat.csv", quote = F)
```

Anexo 3: Tabla para selección de número de curva N

Uso de la tierra	Cobertura		Número de Curva			
	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado, en descanso, sin cultivos	Surcos rectos	----	77	86	91	94
Cultivos	Surcos rectos	pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	buena	65	75	82	86
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	66	74	80	82
	Curv de nivel y en terrazas	buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	buena	61	73	81	84
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	61	72	79	82
	Curv de nivel y en terrazas	buena	59	70	78	81
Sembrios cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	buena	55	69	78	83
	Curv de nivel y en terrazas	pobre	63	73	80	83
	Curv de nivel y en terrazas	buena	51	67	76	80
Pastizales o similares		pobre	68	79	86	89
		regular	49	69	79	84
		buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	buena	6	35	70	79
Pradera		buena	30	58	71	78
Bosques		pobre	45	66	77	83
		regular	36	60	73	79
		buena	25	55	70	77
Patios		----	59	74	82	86
Camino, incluyendo derecho de vía	Cieno	----	72	82	87	89
	Superficie firme	----	74	84	90	92

Figura 32: Numero de curva N (para CHA-II e $I_a=0.2S$). Por Villón (2011).

Anexo 4: Detalle de resultados de hietogramas sintéticos en base a perfiles de tormentas del SCS.

Tabla 35: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 10 años

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS = 155.36 mm; PERIODO DE RETORNO T = 10 AÑOS				
HORA	MINUTOS	FACTORES DE ESCALA DE TORMENTA TIPO II	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN (mm)
0	0	0,000	0,000	0,000
1	60	0,011	1,709	1,709
2	120	0,023	3,573	1,864
3	180	0,035	5,438	1,864
4	240	0,048	7,457	2,020
5	300	0,064	9,943	2,486
6	360	0,080	12,429	2,486
7	420	0,100	15,536	3,107
8	480	0,120	18,643	3,107
9	540	0,147	22,838	4,195
10	600	0,181	28,120	5,282
11	660	0,236	36,665	8,545
12	720	0,663	103,004	66,339
13	780	0,776	120,559	17,556
14	840	0,825	128,172	7,613
15	900	0,856	132,988	4,816
16	960	0,881	136,872	3,884
17	1020	0,903	140,290	3,418
18	1080	0,922	143,242	2,952
19	1140	0,938	145,728	2,486
20	1200	0,953	148,058	2,330
21	1260	0,965	149,922	1,864
22	1320	0,977	151,787	1,864
23	1380	0,989	153,651	1,864
24	1440	1,000	155,360	1,709

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 25 años

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS = 196.12 mm; PERIODO DE RETORNO T = 25 AÑOS				
HORA	MINUTOS	FACTORES DE ESCALA DE TORMENTA TIPO II	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN (mm)
0	0	0,000	0,000	0,000
1	60	0,011	2,157	2,157
2	120	0,023	4,511	2,353
3	180	0,035	6,864	2,353
4	240	0,048	9,414	2,550
5	300	0,064	12,552	3,138
6	360	0,080	15,690	3,138
7	420	0,100	19,612	3,922
8	480	0,120	23,534	3,922
9	540	0,147	28,830	5,295
10	600	0,181	35,498	6,668
11	660	0,236	46,284	10,787
12	720	0,663	130,028	83,743
13	780	0,776	152,189	22,162
14	840	0,825	161,799	9,610
15	900	0,856	167,879	6,080
16	960	0,881	172,782	4,903
17	1020	0,903	177,096	4,315
18	1080	0,922	180,823	3,726
19	1140	0,938	183,961	3,138
20	1200	0,953	186,902	2,942
21	1260	0,965	189,256	2,353
22	1320	0,977	191,609	2,353
23	1380	0,989	193,963	2,353
24	1440	1,000	196,120	2,157

Fuente: Elaboración propia

Tabla 37: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 50 años

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS = 227.96 mm; PERIODO DE RETORNO T = 50 AÑOS				
HORA	MINUTOS	FACTORES DE ESCALA DE TORMENTA TIPO II	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN (mm)
0	0	0,000	0,000	0,000
1	60	0,011	2,508	2,508
2	120	0,023	5,243	2,736
3	180	0,035	7,979	2,736
4	240	0,048	10,942	2,963
5	300	0,064	14,589	3,647
6	360	0,080	18,237	3,647
7	420	0,100	22,796	4,559
8	480	0,120	27,355	4,559
9	540	0,147	33,510	6,155
10	600	0,181	41,261	7,751
11	660	0,236	53,799	12,538
12	720	0,663	151,137	97,339
13	780	0,776	176,897	25,759
14	840	0,825	188,067	11,170
15	900	0,856	195,134	7,067
16	960	0,881	200,833	5,699
17	1020	0,903	205,848	5,015
18	1080	0,922	210,179	4,331
19	1140	0,938	213,826	3,647
20	1200	0,953	217,246	3,419
21	1260	0,965	219,981	2,736
22	1320	0,977	222,717	2,736
23	1380	0,989	225,452	2,736
24	1440	1,000	227,960	2,508

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 1000 años

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS = 381.3 mm; PERIODO DE RETORNO T = 1000 AÑOS				
HORA	MINUTOS	FACTORES DE ESCALA DE TORMENTA TIPO II	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN (mm)
0	0	0,000	0,000	0,000
1	60	0,011	4,194	4,194
2	120	0,023	8,770	4,576
3	180	0,035	13,346	4,576
4	240	0,048	18,302	4,957
5	300	0,064	24,403	6,101
6	360	0,080	30,504	6,101
7	420	0,100	38,130	7,626
8	480	0,120	45,756	7,626
9	540	0,147	56,051	10,295
10	600	0,181	69,015	12,964
11	660	0,236	89,987	20,972
12	720	0,663	252,802	162,815
13	780	0,776	295,889	43,087
14	840	0,825	314,573	18,684
15	900	0,856	326,393	11,820
16	960	0,881	335,925	9,532
17	1020	0,903	344,314	8,389
18	1080	0,922	351,559	7,245
19	1140	0,938	357,659	6,101
20	1200	0,953	363,379	5,719
21	1260	0,965	367,955	4,576
22	1320	0,977	372,530	4,576
23	1380	0,989	377,106	4,576
24	1440	1,000	381,300	4,194

Fuente: Elaboración propia

Tabla 39: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 2000 años

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS = 421.15 mm; PERIODO DE RETORNO T = 2000 AÑOS				
HORA	MINUTOS	FACTORES DE ESCALA DE TORMENTA TIPO II	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN (mm)
0	0	0,000	0,000	0,000
1	60	0,011	4,633	4,633
2	120	0,023	9,686	5,054
3	180	0,035	14,740	5,054
4	240	0,048	20,215	5,475
5	300	0,064	26,954	6,738
6	360	0,080	33,692	6,738
7	420	0,100	42,115	8,423
8	480	0,120	50,538	8,423
9	540	0,147	61,909	11,371
10	600	0,181	76,228	14,319
11	660	0,236	99,391	23,163
12	720	0,663	279,222	179,831
13	780	0,776	326,812	47,590
14	840	0,825	347,449	20,636
15	900	0,856	360,504	13,056
16	960	0,881	371,033	10,529
17	1020	0,903	380,298	9,265
18	1080	0,922	388,300	8,002
19	1140	0,938	395,039	6,738
20	1200	0,953	401,356	6,317
21	1260	0,965	406,410	5,054
22	1320	0,977	411,464	5,054
23	1380	0,989	416,517	5,054
24	1440	1,000	421,150	4,633

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Detalle de hietograma de periodo de retorno T = 10000 años

PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS = 520.93 mm; PERIODO DE RETORNO T = 10000 AÑOS				
HORA	MINUTOS	FACTORES DE ESCALA DE TORMENTA TIPO II	PRECIPITACIÓN ACUMULADA (mm)	INCREMENTO DE PRECIPITACIÓN (mm)
0	0	0,000	0,000	0,000
1	60	0,011	5,730	5,730
2	120	0,023	11,981	6,251
3	180	0,035	18,233	6,251
4	240	0,048	25,005	6,772
5	300	0,064	33,340	8,335
6	360	0,080	41,674	8,335
7	420	0,100	52,093	10,419
8	480	0,120	62,512	10,419
9	540	0,147	76,577	14,065
10	600	0,181	94,288	17,712
11	660	0,236	122,939	28,651
12	720	0,663	345,377	222,437
13	780	0,776	404,242	58,865
14	840	0,825	429,767	25,526
15	900	0,856	445,916	16,149
16	960	0,881	458,939	13,023
17	1020	0,903	470,400	11,460
18	1080	0,922	480,297	9,898
19	1140	0,938	488,632	8,335
20	1200	0,953	496,446	7,814
21	1260	0,965	502,697	6,251
22	1320	0,977	508,949	6,251
23	1380	0,989	515,200	6,251
24	1440	1,000	520,930	5,730

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Detalle de resultados de hidrogramas de diseño

Tabla 41: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 10 años)

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T = 10 AÑOS (MÉTODO DE PÉRDIDA DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS – HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS)						
FECHA	TIEMPO	PP* (mm)	PÉRDIDA	PP _e ** (mm)	FLUJO DIRECTO (m ³ /s)	FLUJO TOTAL (m ³ /s)
1-Ene-00	00:00				0	0
1-Ene-00	00:10	0,28	0,28	0	0	0
1-Ene-00	00:20	0,28	0,28	0	0	0
1-Ene-00	00:30	0,28	0,28	0	0	0
1-Ene-00	00:40	0,28	0,28	0	0	0
1-Ene-00	00:50	0,28	0,28	0	0	0
1-Ene-00	01:00	0,28	0,28	0	0	0
1-Ene-00	01:10	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	01:20	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	01:30	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	01:40	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	01:50	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	02:00	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	02:10	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	02:20	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	02:30	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	02:40	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	02:50	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	03:00	0,31	0,31	0	0	0
1-Ene-00	03:10	0,34	0,34	0	0	0
1-Ene-00	03:20	0,34	0,34	0	0	0
1-Ene-00	03:30	0,34	0,34	0	0	0
1-Ene-00	03:40	0,34	0,34	0	0	0
1-Ene-00	03:50	0,34	0,34	0	0	0
1-Ene-00	04:00	0,34	0,34	0	0	0
1-Ene-00	04:10	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	04:20	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	04:30	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	04:40	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	04:50	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	05:00	0,41	0,41	0	0	0

Cuadro 41: Continuación...

1-Ene-00	05:10	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	05:20	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	05:30	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	05:40	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	05:50	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	06:00	0,41	0,41	0	0	0
1-Ene-00	06:10	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	06:20	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	06:30	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	06:40	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	06:50	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	07:00	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	07:10	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	07:20	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	07:30	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	07:40	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	07:50	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	08:00	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	08:10	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	08:20	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	08:30	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	08:40	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	08:50	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	09:00	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	09:10	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	09:20	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	09:30	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	09:40	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	09:50	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	10:00	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	10:10	1,42	1,42	0	0	0
1-Ene-00	10:20	1,42	1,42	0	0	0
1-Ene-00	10:30	1,42	1,42	0	0	0
1-Ene-00	10:40	1,42	1,42	0	0	0
1-Ene-00	10:50	1,42	1,42	0	0	0
1-Ene-00	11:00	1,42	1,42	0	0	0
1-Ene-00	11:10	11,06	10,88	0,18	0	0
1-Ene-00	11:20	11,06	9,92	1,14	0,3	0,3
1-Ene-00	11:30	11,06	8,99	2,07	1	1
1-Ene-00	11:40	11,06	8,18	2,87	2,8	2,8
1-Ene-00	11:50	11,06	7,48	3,57	6	6
1-Ene-00	12:00	11,06	6,87	4,19	11,3	11,3

Cuadro 41: Continuación...

1-Ene-00	12:10	2,93	1,72	1,2	18,8	18,8
1-Ene-00	12:20	2,93	1,69	1,24	28,5	28,5
1-Ene-00	12:30	2,93	1,65	1,27	40,6	40,6
1-Ene-00	12:40	2,93	1,62	1,31	55,1	55,1
1-Ene-00	12:50	2,93	1,58	1,34	71,4	71,4
1-Ene-00	13:00	2,93	1,55	1,37	88,8	88,8
1-Ene-00	13:10	1,27	0,66	0,61	105,7	105,7
1-Ene-00	13:20	1,27	0,66	0,61	120,9	120,9
1-Ene-00	13:30	1,27	0,65	0,62	134,2	134,2
1-Ene-00	13:40	1,27	0,65	0,62	145,3	145,3
1-Ene-00	13:50	1,27	0,64	0,63	154	154
1-Ene-00	14:00	1,27	0,63	0,63	160,3	160,3
1-Ene-00	14:10	0,8	0,4	0,4	164,4	164,4
1-Ene-00	14:20	0,8	0,4	0,41	166	166
1-Ene-00	14:30	0,8	0,39	0,41	165,2	165,2
1-Ene-00	14:40	0,8	0,39	0,41	162,5	162,5
1-Ene-00	14:50	0,8	0,39	0,41	158	158
1-Ene-00	15:00	0,8	0,39	0,41	152	152
1-Ene-00	15:10	0,65	0,31	0,34	144,9	144,9
1-Ene-00	15:20	0,65	0,31	0,34	137,4	137,4
1-Ene-00	15:30	0,65	0,31	0,34	130	130
1-Ene-00	15:40	0,65	0,31	0,34	123,2	123,2
1-Ene-00	15:50	0,65	0,31	0,34	116,7	116,7
1-Ene-00	16:00	0,65	0,3	0,34	110,3	110,3
1-Ene-00	16:10	0,57	0,27	0,3	104,3	104,3
1-Ene-00	16:20	0,57	0,27	0,3	98,6	98,6
1-Ene-00	16:30	0,57	0,27	0,3	93,4	93,4
1-Ene-00	16:40	0,57	0,26	0,31	88,6	88,6
1-Ene-00	16:50	0,57	0,26	0,31	84,1	84,1
1-Ene-00	17:00	0,57	0,26	0,31	79,9	79,9
1-Ene-00	17:10	0,49	0,23	0,27	76,1	76,1
1-Ene-00	17:20	0,49	0,23	0,27	72,6	72,6
1-Ene-00	17:30	0,49	0,22	0,27	69,4	69,4
1-Ene-00	17:40	0,49	0,22	0,27	66,5	66,5
1-Ene-00	17:50	0,49	0,22	0,27	63,7	63,7
1-Ene-00	18:00	0,49	0,22	0,27	61,2	61,2
1-Ene-00	18:10	0,41	0,19	0,23	58,9	58,9
1-Ene-00	18:20	0,41	0,19	0,23	56,8	56,8
1-Ene-00	18:30	0,41	0,19	0,23	54,8	54,8
1-Ene-00	18:40	0,41	0,19	0,23	53	53
1-Ene-00	18:50	0,41	0,18	0,23	51,2	51,2
1-Ene-00	19:00	0,41	0,18	0,23	49,6	49,6

Cuadro 41: Continuación...

1-Ene-00	19:10	0,39	0,17	0,22	48,1	48,1
1-Ene-00	19:20	0,39	0,17	0,22	46,6	46,6
1-Ene-00	19:30	0,39	0,17	0,22	45,2	45,2
1-Ene-00	19:40	0,39	0,17	0,22	43,9	43,9
1-Ene-00	19:50	0,39	0,17	0,22	42,7	42,7
1-Ene-00	20:00	0,39	0,17	0,22	41,5	41,5
1-Ene-00	20:10	0,31	0,14	0,17	40,4	40,4
1-Ene-00	20:20	0,31	0,14	0,18	39,4	39,4
1-Ene-00	20:30	0,31	0,14	0,18	38,4	38,4
1-Ene-00	20:40	0,31	0,13	0,18	37,5	37,5
1-Ene-00	20:50	0,31	0,13	0,18	36,7	36,7
1-Ene-00	21:00	0,31	0,13	0,18	35,8	35,8
1-Ene-00	21:10	0,31	0,13	0,18	35	35
1-Ene-00	21:20	0,31	0,13	0,18	34,1	34,1
1-Ene-00	21:30	0,31	0,13	0,18	33,3	33,3
1-Ene-00	21:40	0,31	0,13	0,18	32,6	32,6
1-Ene-00	21:50	0,31	0,13	0,18	31,8	31,8
1-Ene-00	22:00	0,31	0,13	0,18	31,1	31,1
1-Ene-00	22:10	0,31	0,13	0,18	30,4	30,4
1-Ene-00	22:20	0,31	0,13	0,18	29,7	29,7
1-Ene-00	22:30	0,31	0,13	0,18	29,1	29,1
1-Ene-00	22:40	0,31	0,13	0,18	28,6	28,6
1-Ene-00	22:50	0,31	0,13	0,18	28,1	28,1
1-Ene-00	23:00	0,31	0,13	0,18	27,6	27,6
1-Ene-00	23:10	0,28	0,12	0,16	27,2	27,2
1-Ene-00	23:20	0,28	0,12	0,16	26,9	26,9
1-Ene-00	23:30	0,28	0,12	0,17	26,6	26,6
1-Ene-00	23:40	0,28	0,12	0,17	26,3	26,3
1-Ene-00	23:50	0,28	0,12	0,17	26,1	26,1
2-Ene-00	00:00	0,28	0,12	0,17	25,9	25,9
2-Ene-00	00:10	0	0	0	25,7	25,7
2-Ene-00	00:20	0	0	0	25,4	25,4
2-Ene-00	00:30	0	0	0	25	25
2-Ene-00	00:40	0	0	0	24,6	24,6
2-Ene-00	00:50	0	0	0	24	24
2-Ene-00	01:00	0	0	0	23,3	23,3
2-Ene-00	01:10	0	0	0	22,5	22,5
2-Ene-00	01:20	0	0	0	21,4	21,4
2-Ene-00	01:30	0	0	0	20,2	20,2
2-Ene-00	01:40	0	0	0	19	19
2-Ene-00	01:50	0	0	0	17,6	17,6
2-Ene-00	02:00	0	0	0	16,2	16,2

Cuadro 41: Continuación...

2-Ene-00	02:10	0	0	0	14,8	14,8
2-Ene-00	02:20	0	0	0	13,4	13,4
2-Ene-00	02:30	0	0	0	12	12
2-Ene-00	02:40	0	0	0	10,7	10,7
2-Ene-00	02:50	0	0	0	9,5	9,5
2-Ene-00	03:00	0	0	0	8,4	8,4
2-Ene-00	03:10	0	0	0	7,4	7,4
2-Ene-00	03:20	0	0	0	6,5	6,5
2-Ene-00	03:30	0	0	0	5,7	5,7
2-Ene-00	03:40	0	0	0	5,1	5,1
2-Ene-00	03:50	0	0	0	4,5	4,5
2-Ene-00	04:00	0	0	0	3,9	3,9
2-Ene-00	04:10	0	0	0	3,5	3,5
2-Ene-00	04:20	0	0	0	3,1	3,1
2-Ene-00	04:30	0	0	0	2,7	2,7
2-Ene-00	04:40	0	0	0	2,4	2,4
2-Ene-00	04:50	0	0	0	2,1	2,1
2-Ene-00	05:00	0	0	0	1,9	1,9
2-Ene-00	05:10	0	0	0	1,6	1,6
2-Ene-00	05:20	0	0	0	1,4	1,4
2-Ene-00	05:30	0	0	0	1,3	1,3
2-Ene-00	05:40	0	0	0	1,1	1,1
2-Ene-00	05:50	0	0	0	1	1
2-Ene-00	06:00	0	0	0	0,9	0,9
2-Ene-00	06:10	0	0	0	0,8	0,8
2-Ene-00	06:20	0	0	0	0,7	0,7
2-Ene-00	06:30	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	06:40	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	06:50	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	07:00	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	07:10	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	07:20	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	07:30	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	07:40	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	07:50	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:00	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:10	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:20	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	08:30	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	08:40	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	08:50	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:00	0	0	0	0,1	0,1

2-Ene-00	09:10	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	09:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	09:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	09:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	12:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.* PP: Precipitación total.**PP_e: Precipitación efectiva.
Resultados de modelamiento en software HEC-HMS.

Tabla 42: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 25 años)

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T = 25 AÑOS (MÉTODO DE PÉRDIDA DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS – HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS)						
FECHA	TIEMPO	PP* (mm)	PÉRDIDA	PP _e ** (mm)	FLUJO DIRECTO (m ³ /s)	FLUJO TOTAL (m ³ /s)
1-Ene-00	00:00				0	0
1-Ene-00	00:10	0,36	0,36	0	0	0
1-Ene-00	00:20	0,36	0,36	0	0	0
1-Ene-00	00:30	0,36	0,36	0	0	0
1-Ene-00	00:40	0,36	0,36	0	0	0
1-Ene-00	00:50	0,36	0,36	0	0	0
1-Ene-00	01:00	0,36	0,36	0	0	0
1-Ene-00	01:10	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	01:20	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	01:30	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	01:40	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	01:50	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	02:00	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	02:10	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	02:20	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	02:30	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	02:40	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	02:50	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	03:00	0,39	0,39	0	0	0
1-Ene-00	03:10	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	03:20	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	03:30	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	03:40	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	03:50	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	04:00	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	04:10	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	04:20	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	04:30	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	04:40	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	04:50	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	05:00	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	05:10	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	05:20	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	05:30	0,52	0,52	0	0	0

Cuadro 42: Continuación...

1-Ene-00	05:40	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	05:50	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	06:00	0,52	0,52	0	0	0
1-Ene-00	06:10	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	06:20	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	06:30	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	06:40	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	06:50	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	07:00	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	07:10	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	07:20	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	07:30	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	07:40	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	07:50	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	08:00	0,65	0,65	0	0	0
1-Ene-00	08:10	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	08:20	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	08:30	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	08:40	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	08:50	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	09:00	0,88	0,88	0	0	0
1-Ene-00	09:10	1,11	1,11	0	0	0
1-Ene-00	09:20	1,11	1,11	0	0	0
1-Ene-00	09:30	1,11	1,11	0	0	0
1-Ene-00	09:40	1,11	1,11	0	0	0
1-Ene-00	09:50	1,11	1,11	0	0	0
1-Ene-00	10:00	1,11	1,11	0	0	0
1-Ene-00	10:10	1,8	1,8	0	0	0
1-Ene-00	10:20	1,8	1,8	0	0	0
1-Ene-00	10:30	1,8	1,8	0	0	0
1-Ene-00	10:40	1,8	1,79	0,01	0	0
1-Ene-00	10:50	1,8	1,76	0,03	0	0
1-Ene-00	11:00	1,8	1,73	0,06	0	0
1-Ene-00	11:10	13,96	12,52	1,44	0,3	0,3
1-Ene-00	11:20	13,96	11,07	2,89	1,3	1,3
1-Ene-00	11:30	13,96	9,85	4,1	3,6	3,6
1-Ene-00	11:40	13,96	8,83	5,13	8	8
1-Ene-00	11:50	13,96	7,96	6	15,3	15,3
1-Ene-00	12:00	13,96	7,21	6,75	26,3	26,3
1-Ene-00	12:10	3,69	1,79	1,9	41,5	41,5
1-Ene-00	12:20	3,69	1,75	1,94	60,8	60,8
1-Ene-00	12:30	3,69	1,71	1,98	84	84

Cuadro 42: Continuación...

1-Ene-00	12:40	3,69	1,67	2,03	110,8	110,8
1-Ene-00	12:50	3,69	1,63	2,06	140	140
1-Ene-00	13:00	3,69	1,59	2,1	170	170
1-Ene-00	13:10	1,6	0,68	0,92	198,3	198,3
1-Ene-00	13:20	1,6	0,67	0,93	223,3	223,3
1-Ene-00	13:30	1,6	0,67	0,94	244,3	244,3
1-Ene-00	13:40	1,6	0,66	0,94	261	261
1-Ene-00	13:50	1,6	0,65	0,95	273,4	273,4
1-Ene-00	14:00	1,6	0,65	0,96	281,7	281,7
1-Ene-00	14:10	1,01	0,41	0,61	286	286
1-Ene-00	14:20	1,01	0,4	0,61	285,9	285,9
1-Ene-00	14:30	1,01	0,4	0,61	281,8	281,8
1-Ene-00	14:40	1,01	0,4	0,62	274,7	274,7
1-Ene-00	14:50	1,01	0,4	0,62	264,8	264,8
1-Ene-00	15:00	1,01	0,39	0,62	252,8	252,8
1-Ene-00	15:10	0,82	0,32	0,5	239,3	239,3
1-Ene-00	15:20	0,82	0,31	0,5	225,4	225,4
1-Ene-00	15:30	0,82	0,31	0,5	212,3	212,3
1-Ene-00	15:40	0,82	0,31	0,51	200,1	200,1
1-Ene-00	15:50	0,82	0,31	0,51	188,6	188,6
1-Ene-00	16:00	0,82	0,31	0,51	177,5	177,5
1-Ene-00	16:10	0,72	0,27	0,45	167,1	167,1
1-Ene-00	16:20	0,72	0,27	0,45	157,4	157,4
1-Ene-00	16:30	0,72	0,27	0,45	148,4	148,4
1-Ene-00	16:40	0,72	0,27	0,45	140,2	140,2
1-Ene-00	16:50	0,72	0,27	0,45	132,5	132,5
1-Ene-00	17:00	0,72	0,26	0,46	125,5	125,5
1-Ene-00	17:10	0,62	0,23	0,39	119,1	119,1
1-Ene-00	17:20	0,62	0,23	0,39	113,2	113,2
1-Ene-00	17:30	0,62	0,23	0,4	107,8	107,8
1-Ene-00	17:40	0,62	0,22	0,4	102,9	102,9
1-Ene-00	17:50	0,62	0,22	0,4	98,4	98,4
1-Ene-00	18:00	0,62	0,22	0,4	94,2	94,2
1-Ene-00	18:10	0,52	0,19	0,34	90,4	90,4
1-Ene-00	18:20	0,52	0,19	0,34	86,9	86,9
1-Ene-00	18:30	0,52	0,19	0,34	83,6	83,6
1-Ene-00	18:40	0,52	0,19	0,34	80,6	80,6
1-Ene-00	18:50	0,52	0,18	0,34	77,8	77,8
1-Ene-00	19:00	0,52	0,18	0,34	75,1	75,1
1-Ene-00	19:10	0,49	0,17	0,32	72,6	72,6
1-Ene-00	19:20	0,49	0,17	0,32	70,3	70,3
1-Ene-00	19:30	0,49	0,17	0,32	68,1	68,1

Cuadro 42: Continuación...

1-Ene-00	19:40	0,49	0,17	0,32	66	66
1-Ene-00	19:50	0,49	0,17	0,32	64	64
1-Ene-00	20:00	0,49	0,17	0,32	62,2	62,2
1-Ene-00	20:10	0,39	0,14	0,26	60,5	60,5
1-Ene-00	20:20	0,39	0,14	0,26	58,9	58,9
1-Ene-00	20:30	0,39	0,14	0,26	57,3	57,3
1-Ene-00	20:40	0,39	0,13	0,26	55,9	55,9
1-Ene-00	20:50	0,39	0,13	0,26	54,5	54,5
1-Ene-00	21:00	0,39	0,13	0,26	53,2	53,2
1-Ene-00	21:10	0,39	0,13	0,26	51,9	51,9
1-Ene-00	21:20	0,39	0,13	0,26	50,6	50,6
1-Ene-00	21:30	0,39	0,13	0,26	49,4	49,4
1-Ene-00	21:40	0,39	0,13	0,26	48,2	48,2
1-Ene-00	21:50	0,39	0,13	0,26	47	47
1-Ene-00	22:00	0,39	0,13	0,26	45,8	45,8
1-Ene-00	22:10	0,39	0,13	0,26	44,8	44,8
1-Ene-00	22:20	0,39	0,13	0,26	43,7	43,7
1-Ene-00	22:30	0,39	0,13	0,26	42,8	42,8
1-Ene-00	22:40	0,39	0,13	0,26	42	42
1-Ene-00	22:50	0,39	0,13	0,26	41,2	41,2
1-Ene-00	23:00	0,39	0,13	0,26	40,6	40,6
1-Ene-00	23:10	0,36	0,12	0,24	40	40
1-Ene-00	23:20	0,36	0,12	0,24	39,5	39,5
1-Ene-00	23:30	0,36	0,12	0,24	39	39
1-Ene-00	23:40	0,36	0,12	0,24	38,6	38,6
1-Ene-00	23:50	0,36	0,12	0,24	38,2	38,2
2-Ene-00	00:00	0,36	0,12	0,24	37,9	37,9
2-Ene-00	00:10	0	0	0	37,5	37,5
2-Ene-00	00:20	0	0	0	37,1	37,1
2-Ene-00	00:30	0	0	0	36,6	36,6
2-Ene-00	00:40	0	0	0	35,9	35,9
2-Ene-00	00:50	0	0	0	35,1	35,1
2-Ene-00	01:00	0	0	0	34,1	34,1
2-Ene-00	01:10	0	0	0	32,8	32,8
2-Ene-00	01:20	0	0	0	31,3	31,3
2-Ene-00	01:30	0	0	0	29,5	29,5
2-Ene-00	01:40	0	0	0	27,7	27,7
2-Ene-00	01:50	0	0	0	25,6	25,6
2-Ene-00	02:00	0	0	0	23,6	23,6
2-Ene-00	02:10	0	0	0	21,5	21,5
2-Ene-00	02:20	0	0	0	19,5	19,5
2-Ene-00	02:30	0	0	0	17,5	17,5

Cuadro 42: Continuación...

2-Ene-00	02:40	0	0	0	15,7	15,7
2-Ene-00	02:50	0	0	0	13,9	13,9
2-Ene-00	03:00	0	0	0	12,3	12,3
2-Ene-00	03:10	0	0	0	10,8	10,8
2-Ene-00	03:20	0	0	0	9,5	9,5
2-Ene-00	03:30	0	0	0	8,4	8,4
2-Ene-00	03:40	0	0	0	7,4	7,4
2-Ene-00	03:50	0	0	0	6,5	6,5
2-Ene-00	04:00	0	0	0	5,7	5,7
2-Ene-00	04:10	0	0	0	5,1	5,1
2-Ene-00	04:20	0	0	0	4,5	4,5
2-Ene-00	04:30	0	0	0	4	4
2-Ene-00	04:40	0	0	0	3,5	3,5
2-Ene-00	04:50	0	0	0	3,1	3,1
2-Ene-00	05:00	0	0	0	2,7	2,7
2-Ene-00	05:10	0	0	0	2,4	2,4
2-Ene-00	05:20	0	0	0	2,1	2,1
2-Ene-00	05:30	0	0	0	1,9	1,9
2-Ene-00	05:40	0	0	0	1,6	1,6
2-Ene-00	05:50	0	0	0	1,4	1,4
2-Ene-00	06:00	0	0	0	1,3	1,3
2-Ene-00	06:10	0	0	0	1,1	1,1
2-Ene-00	06:20	0	0	0	1	1
2-Ene-00	06:30	0	0	0	0,9	0,9
2-Ene-00	06:40	0	0	0	0,8	0,8
2-Ene-00	06:50	0	0	0	0,7	0,7
2-Ene-00	07:00	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	07:10	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	07:20	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	07:30	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	07:40	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	07:50	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	08:00	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	08:10	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:20	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:30	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:40	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	08:50	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:00	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:10	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:20	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:30	0	0	0	0,1	0,1

Cuadro 42: Continuación...						
2-Ene-00	09:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	09:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	12:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.* PP: Precipitación total.**PPe: Precipitación efectiva.
 Resultados de modelamiento en software HEC-HMS.

Tabla 43: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 50 años)

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T = 50 AÑOS (MÉTODO DE PÉRDIDA DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS – HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS)						
FECHA	TIEMPO	PP* (mm)	PÉRDIDA	PP_e** (mm)	FLUJO DIRECTO (m³/s)	FLUJO TOTAL (m³/s)
1-Ene-00	00:00				0	0
1-Ene-00	00:10	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	00:20	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	00:30	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	00:40	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	00:50	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	01:00	0,42	0,42	0	0	0
1-Ene-00	01:10	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	01:20	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	01:30	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	01:40	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	01:50	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	02:00	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	02:10	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	02:20	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	02:30	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	02:40	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	02:50	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	03:00	0,46	0,46	0	0	0
1-Ene-00	03:10	0,49	0,49	0	0	0
1-Ene-00	03:20	0,49	0,49	0	0	0
1-Ene-00	03:30	0,49	0,49	0	0	0
1-Ene-00	03:40	0,49	0,49	0	0	0
1-Ene-00	03:50	0,49	0,49	0	0	0
1-Ene-00	04:00	0,49	0,49	0	0	0
1-Ene-00	04:10	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	04:20	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	04:30	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	04:40	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	04:50	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	05:00	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	05:10	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	05:20	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	05:30	0,61	0,61	0	0	0

Cuadro 43: Continuación...

1-Ene-00	05:40	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	05:50	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	06:00	0,61	0,61	0	0	0
1-Ene-00	06:10	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	06:20	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	06:30	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	06:40	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	06:50	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	07:00	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	07:10	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	07:20	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	07:30	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	07:40	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	07:50	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	08:00	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	08:10	1,03	1,03	0	0	0
1-Ene-00	08:20	1,03	1,03	0	0	0
1-Ene-00	08:30	1,03	1,03	0	0	0
1-Ene-00	08:40	1,03	1,03	0	0	0
1-Ene-00	08:50	1,03	1,03	0	0	0
1-Ene-00	09:00	1,03	1,03	0	0	0
1-Ene-00	09:10	1,29	1,29	0	0	0
1-Ene-00	09:20	1,29	1,29	0	0	0
1-Ene-00	09:30	1,29	1,29	0	0	0
1-Ene-00	09:40	1,29	1,29	0	0	0
1-Ene-00	09:50	1,29	1,29	0	0	0
1-Ene-00	10:00	1,29	1,29	0	0	0
1-Ene-00	10:10	2,09	2,07	0,02	0	0
1-Ene-00	10:20	2,09	2,03	0,06	0	0
1-Ene-00	10:30	2,09	1,99	0,1	0,1	0,1
1-Ene-00	10:40	2,09	1,96	0,13	0,1	0,1
1-Ene-00	10:50	2,09	1,92	0,17	0,3	0,3
1-Ene-00	11:00	2,09	1,88	0,21	0,6	0,6
1-Ene-00	11:10	16,22	13,48	2,75	1,3	1,3
1-Ene-00	11:20	16,22	11,74	4,48	3,4	3,4
1-Ene-00	11:30	16,22	10,33	5,9	7,6	7,6
1-Ene-00	11:40	16,22	9,15	7,07	14,9	14,9
1-Ene-00	11:50	16,22	8,16	8,06	26,3	26,3
1-Ene-00	12:00	16,22	7,33	8,89	43,1	43,1
1-Ene-00	12:10	4,29	1,82	2,48	65,6	65,6
1-Ene-00	12:20	4,29	1,77	2,52	93,7	93,7
1-Ene-00	12:30	4,29	1,72	2,57	127	127

Cuadro 43: Continuación...

1-Ene-00	12:40	4,29	1,68	2,62	164,6	164,6
1-Ene-00	12:50	4,29	1,64	2,66	204,9	204,9
1-Ene-00	13:00	4,29	1,59	2,7	245,6	245,6
1-Ene-00	13:10	1,86	0,68	1,18	283,6	283,6
1-Ene-00	13:20	1,86	0,67	1,19	316,5	316,5
1-Ene-00	13:30	1,86	0,66	1,2	343,6	343,6
1-Ene-00	13:40	1,86	0,66	1,2	364,6	364,6
1-Ene-00	13:50	1,86	0,65	1,21	379,6	379,6
1-Ene-00	14:00	1,86	0,64	1,22	388,9	388,9
1-Ene-00	14:10	1,18	0,4	0,77	392,8	392,8
1-Ene-00	14:20	1,18	0,4	0,78	390,7	390,7
1-Ene-00	14:30	1,18	0,4	0,78	383,3	383,3
1-Ene-00	14:40	1,18	0,4	0,78	371,8	371,8
1-Ene-00	14:50	1,18	0,39	0,78	356,9	356,9
1-Ene-00	15:00	1,18	0,39	0,79	339,3	339,3
1-Ene-00	15:10	0,95	0,31	0,64	320,2	320,2
1-Ene-00	15:20	0,95	0,31	0,64	300,7	300,7
1-Ene-00	15:30	0,95	0,31	0,64	282,4	282,4
1-Ene-00	15:40	0,95	0,31	0,64	265,5	265,5
1-Ene-00	15:50	0,95	0,31	0,64	249,6	249,6
1-Ene-00	16:00	0,95	0,31	0,64	234,5	234,5
1-Ene-00	16:10	0,84	0,27	0,57	220,2	220,2
1-Ene-00	16:20	0,84	0,27	0,57	206,9	206,9
1-Ene-00	16:30	0,84	0,26	0,57	194,7	194,7
1-Ene-00	16:40	0,84	0,26	0,57	183,5	183,5
1-Ene-00	16:50	0,84	0,26	0,57	173,2	173,2
1-Ene-00	17:00	0,84	0,26	0,57	163,6	163,6
1-Ene-00	17:10	0,72	0,22	0,5	154,9	154,9
1-Ene-00	17:20	0,72	0,22	0,5	147	147
1-Ene-00	17:30	0,72	0,22	0,5	139,8	139,8
1-Ene-00	17:40	0,72	0,22	0,5	133,2	133,2
1-Ene-00	17:50	0,72	0,22	0,5	127,1	127,1
1-Ene-00	18:00	0,72	0,22	0,5	121,5	121,5
1-Ene-00	18:10	0,61	0,18	0,42	116,4	116,4
1-Ene-00	18:20	0,61	0,18	0,42	111,7	111,7
1-Ene-00	18:30	0,61	0,18	0,42	107,3	107,3
1-Ene-00	18:40	0,61	0,18	0,42	103,3	103,3
1-Ene-00	18:50	0,61	0,18	0,43	99,6	99,6
1-Ene-00	19:00	0,61	0,18	0,43	96,1	96,1
1-Ene-00	19:10	0,57	0,17	0,4	92,8	92,8
1-Ene-00	19:20	0,57	0,17	0,4	89,7	89,7
1-Ene-00	19:30	0,57	0,17	0,4	86,8	86,8

Cuadro 43: Continuación...

1-Ene-00	19:40	0,57	0,17	0,4	84	84
1-Ene-00	19:50	0,57	0,17	0,4	81,4	81,4
1-Ene-00	20:00	0,57	0,17	0,4	79	79
1-Ene-00	20:10	0,46	0,13	0,32	76,8	76,8
1-Ene-00	20:20	0,46	0,13	0,32	74,7	74,7
1-Ene-00	20:30	0,46	0,13	0,32	72,7	72,7
1-Ene-00	20:40	0,46	0,13	0,32	70,8	70,8
1-Ene-00	20:50	0,46	0,13	0,32	69	69
1-Ene-00	21:00	0,46	0,13	0,32	67,3	67,3
1-Ene-00	21:10	0,46	0,13	0,32	65,6	65,6
1-Ene-00	21:20	0,46	0,13	0,32	63,9	63,9
1-Ene-00	21:30	0,46	0,13	0,32	62,3	62,3
1-Ene-00	21:40	0,46	0,13	0,33	60,7	60,7
1-Ene-00	21:50	0,46	0,13	0,33	59,2	59,2
1-Ene-00	22:00	0,46	0,13	0,33	57,7	57,7
1-Ene-00	22:10	0,46	0,13	0,33	56,4	56,4
1-Ene-00	22:20	0,46	0,13	0,33	55,1	55,1
1-Ene-00	22:30	0,46	0,13	0,33	53,9	53,9
1-Ene-00	22:40	0,46	0,13	0,33	52,8	52,8
1-Ene-00	22:50	0,46	0,13	0,33	51,8	51,8
1-Ene-00	23:00	0,46	0,13	0,33	51	51
1-Ene-00	23:10	0,42	0,12	0,3	50,2	50,2
1-Ene-00	23:20	0,42	0,12	0,3	49,6	49,6
1-Ene-00	23:30	0,42	0,12	0,3	49	49
1-Ene-00	23:40	0,42	0,12	0,3	48,5	48,5
1-Ene-00	23:50	0,42	0,12	0,3	48	48
2-Ene-00	00:00	0,42	0,12	0,3	47,6	47,6
2-Ene-00	00:10	0	0	0	47,1	47,1
2-Ene-00	00:20	0	0	0	46,5	46,5
2-Ene-00	00:30	0	0	0	45,9	45,9
2-Ene-00	00:40	0	0	0	45	45
2-Ene-00	00:50	0	0	0	44	44
2-Ene-00	01:00	0	0	0	42,7	42,7
2-Ene-00	01:10	0	0	0	41,1	41,1
2-Ene-00	01:20	0	0	0	39,2	39,2
2-Ene-00	01:30	0	0	0	37	37
2-Ene-00	01:40	0	0	0	34,7	34,7
2-Ene-00	01:50	0	0	0	32,1	32,1
2-Ene-00	02:00	0	0	0	29,6	29,6
2-Ene-00	02:10	0	0	0	27	27
2-Ene-00	02:20	0	0	0	24,4	24,4
2-Ene-00	02:30	0	0	0	22	22

Cuadro 43: Continuación...

2-Ene-00	02:40	0	0	0	19,6	19,6
2-Ene-00	02:50	0	0	0	17,4	17,4
2-Ene-00	03:00	0	0	0	15,4	15,4
2-Ene-00	03:10	0	0	0	13,6	13,6
2-Ene-00	03:20	0	0	0	11,9	11,9
2-Ene-00	03:30	0	0	0	10,5	10,5
2-Ene-00	03:40	0	0	0	9,2	9,2
2-Ene-00	03:50	0	0	0	8,2	8,2
2-Ene-00	04:00	0	0	0	7,2	7,2
2-Ene-00	04:10	0	0	0	6,4	6,4
2-Ene-00	04:20	0	0	0	5,6	5,6
2-Ene-00	04:30	0	0	0	5	5
2-Ene-00	04:40	0	0	0	4,4	4,4
2-Ene-00	04:50	0	0	0	3,9	3,9
2-Ene-00	05:00	0	0	0	3,4	3,4
2-Ene-00	05:10	0	0	0	3	3
2-Ene-00	05:20	0	0	0	2,6	2,6
2-Ene-00	05:30	0	0	0	2,3	2,3
2-Ene-00	05:40	0	0	0	2,1	2,1
2-Ene-00	05:50	0	0	0	1,8	1,8
2-Ene-00	06:00	0	0	0	1,6	1,6
2-Ene-00	06:10	0	0	0	1,4	1,4
2-Ene-00	06:20	0	0	0	1,2	1,2
2-Ene-00	06:30	0	0	0	1,1	1,1
2-Ene-00	06:40	0	0	0	0,9	0,9
2-Ene-00	06:50	0	0	0	0,8	0,8
2-Ene-00	07:00	0	0	0	0,7	0,7
2-Ene-00	07:10	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	07:20	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	07:30	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	07:40	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	07:50	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	08:00	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	08:10	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	08:20	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:30	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:40	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	08:50	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:00	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:10	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:20	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:30	0	0	0	0,1	0,1

2-Ene-00	09:40	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	12:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.* PP: Precipitación total.**PP_e: Precipitación efectiva.
Resultados de modelamiento en software HEC-HMS.

Tabla 44: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 1000 años)

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T = 1000 AÑOS (MÉTODO DE PÉRDIDA DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS – HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS)						
FECHA	TIEMPO	PP* (mm)	PÉRDIDA	PP_e** (mm)	FLUJO DIRECTO (m³/s)	FLUJO TOTAL (m³/s)
1-Ene-00	00:00				0	0
1-Ene-00	00:10	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	00:20	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	00:30	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	00:40	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	00:50	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	01:00	0,7	0,7	0	0	0
1-Ene-00	01:10	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	01:20	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	01:30	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	01:40	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	01:50	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	02:00	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	02:10	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	02:20	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	02:30	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	02:40	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	02:50	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	03:00	0,76	0,76	0	0	0
1-Ene-00	03:10	0,83	0,83	0	0	0
1-Ene-00	03:20	0,83	0,83	0	0	0
1-Ene-00	03:30	0,83	0,83	0	0	0
1-Ene-00	03:40	0,83	0,83	0	0	0
1-Ene-00	03:50	0,83	0,83	0	0	0
1-Ene-00	04:00	0,83	0,83	0	0	0
1-Ene-00	04:10	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	04:20	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	04:30	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	04:40	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	04:50	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	05:00	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	05:10	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	05:20	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	05:30	1,02	1,02	0	0	0

Cuadro 44: Continuación...

1-Ene-00	05:40	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	05:50	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	06:00	1,02	1,02	0	0	0
1-Ene-00	06:10	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	06:20	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	06:30	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	06:40	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	06:50	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	07:00	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	07:10	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	07:20	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	07:30	1,27	1,27	0	0	0
1-Ene-00	07:40	1,27	1,26	0,01	0	0
1-Ene-00	07:50	1,27	1,24	0,03	0	0
1-Ene-00	08:00	1,27	1,23	0,04	0	0
1-Ene-00	08:10	1,72	1,64	0,08	0,1	0,1
1-Ene-00	08:20	1,72	1,61	0,11	0,2	0,2
1-Ene-00	08:30	1,72	1,58	0,13	0,3	0,3
1-Ene-00	08:40	1,72	1,56	0,16	0,5	0,5
1-Ene-00	08:50	1,72	1,53	0,18	0,9	0,9
1-Ene-00	09:00	1,72	1,51	0,2	1,4	1,4
1-Ene-00	09:10	2,16	1,87	0,29	2	2
1-Ene-00	09:20	2,16	1,83	0,33	2,8	2,8
1-Ene-00	09:30	2,16	1,8	0,36	3,9	3,9
1-Ene-00	09:40	2,16	1,77	0,39	5,2	5,2
1-Ene-00	09:50	2,16	1,73	0,43	6,8	6,8
1-Ene-00	10:00	2,16	1,7	0,46	8,6	8,6
1-Ene-00	10:10	3,5	2,69	0,81	10,7	10,7
1-Ene-00	10:20	3,5	2,61	0,89	13,3	13,3
1-Ene-00	10:30	3,5	2,54	0,96	16,3	16,3
1-Ene-00	10:40	3,5	2,46	1,03	19,8	19,8
1-Ene-00	10:50	3,5	2,4	1,1	23,7	23,7
1-Ene-00	11:00	3,5	2,33	1,16	28,3	28,3
1-Ene-00	11:10	27,14	16,14	11	35	35
1-Ene-00	11:20	27,14	13,32	13,82	46	46
1-Ene-00	11:30	27,14	11,18	15,96	63,5	63,5
1-Ene-00	11:40	27,14	9,51	17,62	89,3	89,3
1-Ene-00	11:50	27,14	8,2	18,94	125,5	125,5
1-Ene-00	12:00	27,14	7,14	20	175	175
1-Ene-00	12:10	7,18	1,74	5,44	238,5	238,5
1-Ene-00	12:20	7,18	1,68	5,5	315,5	315,5
1-Ene-00	12:30	7,18	1,62	5,56	403,4	403,4

Cuadro 44: Continuación...

1-Ene-00	12:40	7,18	1,57	5,61	499,2	499,2
1-Ene-00	12:50	7,18	1,52	5,66	598,1	598,1
1-Ene-00	13:00	7,18	1,48	5,71	694,4	694,4
1-Ene-00	13:10	3,11	0,63	2,49	780,7	780,7
1-Ene-00	13:20	3,11	0,62	2,5	852,8	852,8
1-Ene-00	13:30	3,11	0,61	2,5	909,1	909,1
1-Ene-00	13:40	3,11	0,6	2,51	948,9	948,9
1-Ene-00	13:50	3,11	0,59	2,52	973,5	973,5
1-Ene-00	14:00	3,11	0,59	2,53	984,1	984,1
1-Ene-00	14:10	1,97	0,37	1,6	981,8	981,8
1-Ene-00	14:20	1,97	0,36	1,61	965,4	965,4
1-Ene-00	14:30	1,97	0,36	1,61	936,4	936,4
1-Ene-00	14:40	1,97	0,36	1,61	898,6	898,6
1-Ene-00	14:50	1,97	0,35	1,62	853,9	853,9
1-Ene-00	15:00	1,97	0,35	1,62	804,6	804,6
1-Ene-00	15:10	1,59	0,28	1,31	753,2	753,2
1-Ene-00	15:20	1,59	0,28	1,31	702,3	702,3
1-Ene-00	15:30	1,59	0,28	1,31	655,1	655,1
1-Ene-00	15:40	1,59	0,28	1,31	612,2	612,2
1-Ene-00	15:50	1,59	0,27	1,31	572,2	572,2
1-Ene-00	16:00	1,59	0,27	1,32	534,5	534,5
1-Ene-00	16:10	1,4	0,24	1,16	499,2	499,2
1-Ene-00	16:20	1,4	0,24	1,16	466,5	466,5
1-Ene-00	16:30	1,4	0,24	1,16	436,7	436,7
1-Ene-00	16:40	1,4	0,23	1,16	409,4	409,4
1-Ene-00	16:50	1,4	0,23	1,16	384,4	384,4
1-Ene-00	17:00	1,4	0,23	1,17	361,4	361,4
1-Ene-00	17:10	1,21	0,2	1,01	340,5	340,5
1-Ene-00	17:20	1,21	0,2	1,01	321,6	321,6
1-Ene-00	17:30	1,21	0,2	1,01	304,4	304,4
1-Ene-00	17:40	1,21	0,2	1,01	288,6	288,6
1-Ene-00	17:50	1,21	0,2	1,01	274,2	274,2
1-Ene-00	18:00	1,21	0,19	1,01	261	261
1-Ene-00	18:10	1,02	0,16	0,85	248,9	248,9
1-Ene-00	18:20	1,02	0,16	0,85	237,9	237,9
1-Ene-00	18:30	1,02	0,16	0,85	227,8	227,8
1-Ene-00	18:40	1,02	0,16	0,86	218,5	218,5
1-Ene-00	18:50	1,02	0,16	0,86	209,9	209,9
1-Ene-00	19:00	1,02	0,16	0,86	201,8	201,8
1-Ene-00	19:10	0,95	0,15	0,8	194,3	194,3
1-Ene-00	19:20	0,95	0,15	0,8	187,2	187,2
1-Ene-00	19:30	0,95	0,15	0,8	180,6	180,6

Cuadro 44: Continuación...

1-Ene-00	19:40	0,95	0,15	0,81	174,4	174,4
1-Ene-00	19:50	0,95	0,15	0,81	168,7	168,7
1-Ene-00	20:00	0,95	0,15	0,81	163,3	163,3
1-Ene-00	20:10	0,76	0,12	0,65	158,3	158,3
1-Ene-00	20:20	0,76	0,12	0,65	153,6	153,6
1-Ene-00	20:30	0,76	0,12	0,65	149,2	149,2
1-Ene-00	20:40	0,76	0,12	0,65	145,1	145,1
1-Ene-00	20:50	0,76	0,12	0,65	141,1	141,1
1-Ene-00	21:00	0,76	0,12	0,65	137,3	137,3
1-Ene-00	21:10	0,76	0,12	0,65	133,6	133,6
1-Ene-00	21:20	0,76	0,11	0,65	130	130
1-Ene-00	21:30	0,76	0,11	0,65	126,5	126,5
1-Ene-00	21:40	0,76	0,11	0,65	123,1	123,1
1-Ene-00	21:50	0,76	0,11	0,65	119,8	119,8
1-Ene-00	22:00	0,76	0,11	0,65	116,6	116,6
1-Ene-00	22:10	0,76	0,11	0,65	113,6	113,6
1-Ene-00	22:20	0,76	0,11	0,65	110,9	110,9
1-Ene-00	22:30	0,76	0,11	0,65	108,3	108,3
1-Ene-00	22:40	0,76	0,11	0,65	106	106
1-Ene-00	22:50	0,76	0,11	0,65	104	104
1-Ene-00	23:00	0,76	0,11	0,65	102,3	102,3
1-Ene-00	23:10	0,7	0,1	0,6	100,7	100,7
1-Ene-00	23:20	0,7	0,1	0,6	99,3	99,3
1-Ene-00	23:30	0,7	0,1	0,6	98,1	98,1
1-Ene-00	23:40	0,7	0,1	0,6	97	97
1-Ene-00	23:50	0,7	0,1	0,6	96	96
2-Ene-00	00:00	0,7	0,1	0,6	95	95
2-Ene-00	00:10	0	0	0	94,1	94,1
2-Ene-00	00:20	0	0	0	92,9	92,9
2-Ene-00	00:30	0	0	0	91,5	91,5
2-Ene-00	00:40	0	0	0	89,8	89,8
2-Ene-00	00:50	0	0	0	87,7	87,7
2-Ene-00	01:00	0	0	0	85,1	85,1
2-Ene-00	01:10	0	0	0	81,9	81,9
2-Ene-00	01:20	0	0	0	78,1	78,1
2-Ene-00	01:30	0	0	0	73,8	73,8
2-Ene-00	01:40	0	0	0	69	69
2-Ene-00	01:50	0	0	0	64	64
2-Ene-00	02:00	0	0	0	58,8	58,8
2-Ene-00	02:10	0	0	0	53,7	53,7
2-Ene-00	02:20	0	0	0	48,6	48,6
2-Ene-00	02:30	0	0	0	43,7	43,7

Cuadro 44: Continuación...

2-Ene-00	02:40	0	0	0	39,1	39,1
2-Ene-00	02:50	0	0	0	34,7	34,7
2-Ene-00	03:00	0	0	0	30,7	30,7
2-Ene-00	03:10	0	0	0	27	27
2-Ene-00	03:20	0	0	0	23,7	23,7
2-Ene-00	03:30	0	0	0	20,8	20,8
2-Ene-00	03:40	0	0	0	18,4	18,4
2-Ene-00	03:50	0	0	0	16,2	16,2
2-Ene-00	04:00	0	0	0	14,3	14,3
2-Ene-00	04:10	0	0	0	12,7	12,7
2-Ene-00	04:20	0	0	0	11,2	11,2
2-Ene-00	04:30	0	0	0	9,9	9,9
2-Ene-00	04:40	0	0	0	8,7	8,7
2-Ene-00	04:50	0	0	0	7,7	7,7
2-Ene-00	05:00	0	0	0	6,8	6,8
2-Ene-00	05:10	0	0	0	6	6
2-Ene-00	05:20	0	0	0	5,3	5,3
2-Ene-00	05:30	0	0	0	4,6	4,6
2-Ene-00	05:40	0	0	0	4,1	4,1
2-Ene-00	05:50	0	0	0	3,6	3,6
2-Ene-00	06:00	0	0	0	3,2	3,2
2-Ene-00	06:10	0	0	0	2,8	2,8
2-Ene-00	06:20	0	0	0	2,4	2,4
2-Ene-00	06:30	0	0	0	2,1	2,1
2-Ene-00	06:40	0	0	0	1,9	1,9
2-Ene-00	06:50	0	0	0	1,7	1,7
2-Ene-00	07:00	0	0	0	1,4	1,4
2-Ene-00	07:10	0	0	0	1,3	1,3
2-Ene-00	07:20	0	0	0	1,1	1,1
2-Ene-00	07:30	0	0	0	1	1
2-Ene-00	07:40	0	0	0	0,8	0,8
2-Ene-00	07:50	0	0	0	0,7	0,7
2-Ene-00	08:00	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	08:10	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	08:20	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	08:30	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	08:40	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	08:50	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	09:00	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	09:10	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	09:20	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	09:30	0	0	0	0,1	0,1

Cuadro 44: Continuación...						
2-Ene-00	09:40	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:50	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:00	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	12:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.* PP: Precipitación total.**PP_e: Precipitación efectiva.
 Resultados de modelamiento en software HEC-HMS.

Tabla 45: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 2000 años)

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T = 2000 AÑOS (MÉTODO DE PÉRDIDA DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS – HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS)						
FECHA	TIEMPO	PP* (mm)	PÉRDIDA	PP _e ** (mm)	FLUJO DIRECTO (m ³ /s)	FLUJO TOTAL (m ³ /s)
1-Ene-00	00:00				0	0
1-Ene-00	00:10	0,77	0,77	0	0	0
1-Ene-00	00:20	0,77	0,77	0	0	0
1-Ene-00	00:30	0,77	0,77	0	0	0
1-Ene-00	00:40	0,77	0,77	0	0	0
1-Ene-00	00:50	0,77	0,77	0	0	0
1-Ene-00	01:00	0,77	0,77	0	0	0
1-Ene-00	01:10	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	01:20	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	01:30	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	01:40	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	01:50	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	02:00	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	02:10	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	02:20	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	02:30	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	02:40	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	02:50	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	03:00	0,84	0,84	0	0	0
1-Ene-00	03:10	0,91	0,91	0	0	0
1-Ene-00	03:20	0,91	0,91	0	0	0
1-Ene-00	03:30	0,91	0,91	0	0	0
1-Ene-00	03:40	0,91	0,91	0	0	0
1-Ene-00	03:50	0,91	0,91	0	0	0
1-Ene-00	04:00	0,91	0,91	0	0	0
1-Ene-00	04:10	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	04:20	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	04:30	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	04:40	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	04:50	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	05:00	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	05:10	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	05:20	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	05:30	1,12	1,12	0	0	0

Cuadro 45: Continuación...

1-Ene-00	05:40	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	05:50	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	06:00	1,12	1,12	0	0	0
1-Ene-00	06:10	1,4	1,4	0	0	0
1-Ene-00	06:20	1,4	1,4	0	0	0
1-Ene-00	06:30	1,4	1,4	0	0	0
1-Ene-00	06:40	1,4	1,4	0	0	0
1-Ene-00	06:50	1,4	1,4	0	0	0
1-Ene-00	07:00	1,4	1,4	0	0	0
1-Ene-00	07:10	1,4	1,39	0,02	0	0
1-Ene-00	07:20	1,4	1,37	0,04	0	0
1-Ene-00	07:30	1,4	1,35	0,05	0	0
1-Ene-00	07:40	1,4	1,33	0,07	0,1	0,1
1-Ene-00	07:50	1,4	1,32	0,09	0,2	0,2
1-Ene-00	08:00	1,4	1,3	0,11	0,3	0,3
1-Ene-00	08:10	1,9	1,73	0,17	0,6	0,6
1-Ene-00	08:20	1,9	1,7	0,2	0,9	0,9
1-Ene-00	08:30	1,9	1,67	0,23	1,4	1,4
1-Ene-00	08:40	1,9	1,64	0,26	2	2
1-Ene-00	08:50	1,9	1,61	0,28	2,8	2,8
1-Ene-00	09:00	1,9	1,59	0,31	3,8	3,8
1-Ene-00	09:10	2,39	1,96	0,43	5,1	5,1
1-Ene-00	09:20	2,39	1,92	0,47	6,6	6,6
1-Ene-00	09:30	2,39	1,88	0,51	8,4	8,4
1-Ene-00	09:40	2,39	1,84	0,54	10,5	10,5
1-Ene-00	09:50	2,39	1,81	0,58	12,9	12,9
1-Ene-00	10:00	2,39	1,77	0,62	15,6	15,6
1-Ene-00	10:10	3,86	2,79	1,07	18,6	18,6
1-Ene-00	10:20	3,86	2,71	1,16	22,1	22,1
1-Ene-00	10:30	3,86	2,62	1,24	26,2	26,2
1-Ene-00	10:40	3,86	2,54	1,32	30,7	30,7
1-Ene-00	10:50	3,86	2,47	1,39	35,9	35,9
1-Ene-00	11:00	3,86	2,4	1,46	41,7	41,7
1-Ene-00	11:10	29,97	16,48	13,49	50	50
1-Ene-00	11:20	29,97	13,45	16,52	63,6	63,6
1-Ene-00	11:30	29,97	11,18	18,79	84,9	84,9
1-Ene-00	11:40	29,97	9,44	20,53	115,9	115,9
1-Ene-00	11:50	29,97	8,08	21,89	159,1	159,1
1-Ene-00	12:00	29,97	6,99	22,98	217,7	217,7
1-Ene-00	12:10	7,93	1,7	6,24	292,7	292,7
1-Ene-00	12:20	7,93	1,64	6,29	383,3	383,3
1-Ene-00	12:30	7,93	1,58	6,35	486,3	486,3

Cuadro 45: Continuación...

1-Ene-00	12:40	7,93	1,53	6,4	598	598
1-Ene-00	12:50	7,93	1,48	6,45	712,8	712,8
1-Ene-00	13:00	7,93	1,43	6,5	824	824
1-Ene-00	13:10	3,44	0,61	2,83	923,2	923,2
1-Ene-00	13:20	3,44	0,6	2,84	1005,5	1005,5
1-Ene-00	13:30	3,44	0,59	2,85	1069,2	1069,2
1-Ene-00	13:40	3,44	0,58	2,86	1113,6	1113,6
1-Ene-00	13:50	3,44	0,57	2,86	1140,2	1140,2
1-Ene-00	14:00	3,44	0,57	2,87	1150,5	1150,5
1-Ene-00	14:10	2,18	0,35	1,82	1145,9	1145,9
1-Ene-00	14:20	2,18	0,35	1,82	1125	1125
1-Ene-00	14:30	2,18	0,35	1,83	1089,5	1089,5
1-Ene-00	14:40	2,18	0,35	1,83	1043,9	1043,9
1-Ene-00	14:50	2,18	0,34	1,83	990,6	990,6
1-Ene-00	15:00	2,18	0,34	1,84	932,2	932,2
1-Ene-00	15:10	1,75	0,27	1,48	871,7	871,7
1-Ene-00	15:20	1,75	0,27	1,48	812	812
1-Ene-00	15:30	1,75	0,27	1,49	756,7	756,7
1-Ene-00	15:40	1,75	0,27	1,49	706,5	706,5
1-Ene-00	15:50	1,75	0,27	1,49	659,9	659,9
1-Ene-00	16:00	1,75	0,26	1,49	615,9	615,9
1-Ene-00	16:10	1,54	0,23	1,31	574,8	574,8
1-Ene-00	16:20	1,54	0,23	1,32	536,7	536,7
1-Ene-00	16:30	1,54	0,23	1,32	502	502
1-Ene-00	16:40	1,54	0,23	1,32	470,3	470,3
1-Ene-00	16:50	1,54	0,23	1,32	441,2	441,2
1-Ene-00	17:00	1,54	0,22	1,32	414,5	414,5
1-Ene-00	17:10	1,33	0,19	1,14	390,3	390,3
1-Ene-00	17:20	1,33	0,19	1,14	368,4	368,4
1-Ene-00	17:30	1,33	0,19	1,14	348,4	348,4
1-Ene-00	17:40	1,33	0,19	1,14	330,2	330,2
1-Ene-00	17:50	1,33	0,19	1,15	313,4	313,4
1-Ene-00	18:00	1,33	0,19	1,15	298,1	298,1
1-Ene-00	18:10	1,12	0,16	0,97	284,2	284,2
1-Ene-00	18:20	1,12	0,16	0,97	271,5	271,5
1-Ene-00	18:30	1,12	0,16	0,97	259,8	259,8
1-Ene-00	18:40	1,12	0,16	0,97	249,1	249,1
1-Ene-00	18:50	1,12	0,15	0,97	239,1	239,1
1-Ene-00	19:00	1,12	0,15	0,97	229,8	229,8
1-Ene-00	19:10	1,05	0,14	0,91	221,1	221,1
1-Ene-00	19:20	1,05	0,14	0,91	213	213
1-Ene-00	19:30	1,05	0,14	0,91	205,4	205,4

Cuadro 45: Continuación...

1-Ene-00	19:40	1,05	0,14	0,91	198,3	198,3
1-Ene-00	19:50	1,05	0,14	0,91	191,6	191,6
1-Ene-00	20:00	1,05	0,14	0,91	185,4	185,4
1-Ene-00	20:10	0,84	0,11	0,73	179,7	179,7
1-Ene-00	20:20	0,84	0,11	0,73	174,3	174,3
1-Ene-00	20:30	0,84	0,11	0,73	169,3	169,3
1-Ene-00	20:40	0,84	0,11	0,73	164,5	164,5
1-Ene-00	20:50	0,84	0,11	0,73	160	160
1-Ene-00	21:00	0,84	0,11	0,73	155,7	155,7
1-Ene-00	21:10	0,84	0,11	0,73	151,5	151,5
1-Ene-00	21:20	0,84	0,11	0,73	147,3	147,3
1-Ene-00	21:30	0,84	0,11	0,73	143,3	143,3
1-Ene-00	21:40	0,84	0,11	0,73	139,4	139,4
1-Ene-00	21:50	0,84	0,11	0,73	135,7	135,7
1-Ene-00	22:00	0,84	0,11	0,73	132	132
1-Ene-00	22:10	0,84	0,11	0,73	128,6	128,6
1-Ene-00	22:20	0,84	0,11	0,73	125,4	125,4
1-Ene-00	22:30	0,84	0,11	0,73	122,5	122,5
1-Ene-00	22:40	0,84	0,11	0,73	119,9	119,9
1-Ene-00	22:50	0,84	0,11	0,73	117,6	117,6
1-Ene-00	23:00	0,84	0,11	0,74	115,6	115,6
1-Ene-00	23:10	0,77	0,1	0,67	113,8	113,8
1-Ene-00	23:20	0,77	0,1	0,67	112,2	112,2
1-Ene-00	23:30	0,77	0,1	0,67	110,8	110,8
1-Ene-00	23:40	0,77	0,1	0,67	109,6	109,6
1-Ene-00	23:50	0,77	0,1	0,68	108,5	108,5
2-Ene-00	00:00	0,77	0,1	0,68	107,4	107,4
2-Ene-00	00:10	0	0	0	106,3	106,3
2-Ene-00	00:20	0	0	0	105	105
2-Ene-00	00:30	0	0	0	103,4	103,4
2-Ene-00	00:40	0	0	0	101,5	101,5
2-Ene-00	00:50	0	0	0	99,1	99,1
2-Ene-00	01:00	0	0	0	96,1	96,1
2-Ene-00	01:10	0	0	0	92,6	92,6
2-Ene-00	01:20	0	0	0	88,2	88,2
2-Ene-00	01:30	0	0	0	83,3	83,3
2-Ene-00	01:40	0	0	0	77,9	77,9
2-Ene-00	01:50	0	0	0	72,3	72,3
2-Ene-00	02:00	0	0	0	66,5	66,5
2-Ene-00	02:10	0	0	0	60,6	60,6
2-Ene-00	02:20	0	0	0	54,9	54,9
2-Ene-00	02:30	0	0	0	49,3	49,3

Cuadro 45: Continuación...

2-Ene-00	02:40	0	0	0	44,1	44,1
2-Ene-00	02:50	0	0	0	39,2	39,2
2-Ene-00	03:00	0	0	0	34,6	34,6
2-Ene-00	03:10	0	0	0	30,5	30,5
2-Ene-00	03:20	0	0	0	26,7	26,7
2-Ene-00	03:30	0	0	0	23,5	23,5
2-Ene-00	03:40	0	0	0	20,7	20,7
2-Ene-00	03:50	0	0	0	18,3	18,3
2-Ene-00	04:00	0	0	0	16,2	16,2
2-Ene-00	04:10	0	0	0	14,3	14,3
2-Ene-00	04:20	0	0	0	12,6	12,6
2-Ene-00	04:30	0	0	0	11,2	11,2
2-Ene-00	04:40	0	0	0	9,9	9,9
2-Ene-00	04:50	0	0	0	8,7	8,7
2-Ene-00	05:00	0	0	0	7,6	7,6
2-Ene-00	05:10	0	0	0	6,7	6,7
2-Ene-00	05:20	0	0	0	5,9	5,9
2-Ene-00	05:30	0	0	0	5,2	5,2
2-Ene-00	05:40	0	0	0	4,6	4,6
2-Ene-00	05:50	0	0	0	4,1	4,1
2-Ene-00	06:00	0	0	0	3,6	3,6
2-Ene-00	06:10	0	0	0	3,1	3,1
2-Ene-00	06:20	0	0	0	2,8	2,8
2-Ene-00	06:30	0	0	0	2,4	2,4
2-Ene-00	06:40	0	0	0	2,1	2,1
2-Ene-00	06:50	0	0	0	1,9	1,9
2-Ene-00	07:00	0	0	0	1,6	1,6
2-Ene-00	07:10	0	0	0	1,4	1,4
2-Ene-00	07:20	0	0	0	1,3	1,3
2-Ene-00	07:30	0	0	0	1,1	1,1
2-Ene-00	07:40	0	0	0	1	1
2-Ene-00	07:50	0	0	0	0,8	0,8
2-Ene-00	08:00	0	0	0	0,7	0,7
2-Ene-00	08:10	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	08:20	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	08:30	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	08:40	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	08:50	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	09:00	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	09:10	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	09:20	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	09:30	0	0	0	0,1	0,1

Cuadro 45: Continuación...						
2-Ene-00	09:40	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:50	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:00	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	12:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.* PP: Precipitación total.**PP_e: Precipitación efectiva.
 Resultados de modelamiento en software HEC-HMS.

Tabla 46: Detalle de resultados del HEC-HMS (Tr = 10000 años)

ESTIMACIÓN DE HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA PARA UN PERIODO DE RETORNO T = 10000 AÑOS (MÉTODO DE PÉRDIDA DEL NÚMERO DE CURVA DEL SCS – HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS)						
FECHA	TIEMPO	PP* (mm)	PÉRDIDA	PP_e** (mm)	FLUJO DIRECTO (m³/s)	FLUJO TOTAL (m³/s)
1-Ene-00	00:00				0	0
1-Ene-00	00:10	0,95	0,95	0	0	0
1-Ene-00	00:20	0,95	0,95	0	0	0
1-Ene-00	00:30	0,95	0,95	0	0	0
1-Ene-00	00:40	0,95	0,95	0	0	0
1-Ene-00	00:50	0,95	0,95	0	0	0
1-Ene-00	01:00	0,95	0,95	0	0	0
1-Ene-00	01:10	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	01:20	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	01:30	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	01:40	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	01:50	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	02:00	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	02:10	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	02:20	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	02:30	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	02:40	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	02:50	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	03:00	1,04	1,04	0	0	0
1-Ene-00	03:10	1,13	1,13	0	0	0
1-Ene-00	03:20	1,13	1,13	0	0	0
1-Ene-00	03:30	1,13	1,13	0	0	0
1-Ene-00	03:40	1,13	1,13	0	0	0
1-Ene-00	03:50	1,13	1,13	0	0	0
1-Ene-00	04:00	1,13	1,13	0	0	0
1-Ene-00	04:10	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	04:20	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	04:30	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	04:40	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	04:50	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	05:00	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	05:10	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	05:20	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	05:30	1,39	1,39	0	0	0

Cuadro 46: Continuación...

1-Ene-00	05:40	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	05:50	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	06:00	1,39	1,39	0	0	0
1-Ene-00	06:10	1,74	1,72	0,02	0	0
1-Ene-00	06:20	1,74	1,69	0,04	0	0
1-Ene-00	06:30	1,74	1,66	0,07	0	0
1-Ene-00	06:40	1,74	1,64	0,1	0,1	0,1
1-Ene-00	06:50	1,74	1,61	0,13	0,2	0,2
1-Ene-00	07:00	1,74	1,59	0,15	0,4	0,4
1-Ene-00	07:10	1,74	1,56	0,18	0,7	0,7
1-Ene-00	07:20	1,74	1,54	0,2	1,2	1,2
1-Ene-00	07:30	1,74	1,51	0,22	1,7	1,7
1-Ene-00	07:40	1,74	1,49	0,25	2,5	2,5
1-Ene-00	07:50	1,74	1,47	0,27	3,4	3,4
1-Ene-00	08:00	1,74	1,44	0,29	4,6	4,6
1-Ene-00	08:10	2,34	1,91	0,43	6	6
1-Ene-00	08:20	2,34	1,88	0,47	7,5	7,5
1-Ene-00	08:30	2,34	1,84	0,51	9,4	9,4
1-Ene-00	08:40	2,34	1,8	0,54	11,5	11,5
1-Ene-00	08:50	2,34	1,77	0,58	13,8	13,8
1-Ene-00	09:00	2,34	1,73	0,61	16,5	16,5
1-Ene-00	09:10	2,95	2,14	0,82	19,4	19,4
1-Ene-00	09:20	2,95	2,09	0,87	22,7	22,7
1-Ene-00	09:30	2,95	2,04	0,92	26,4	26,4
1-Ene-00	09:40	2,95	1,99	0,96	30,4	30,4
1-Ene-00	09:50	2,95	1,94	1,01	34,8	34,8
1-Ene-00	10:00	2,95	1,9	1,05	39,6	39,6
1-Ene-00	10:10	4,78	2,98	1,79	44,8	44,8
1-Ene-00	10:20	4,78	2,88	1,9	50,6	50,6
1-Ene-00	10:30	4,78	2,78	2	57,2	57,2
1-Ene-00	10:40	4,78	2,68	2,09	64,4	64,4
1-Ene-00	10:50	4,78	2,59	2,18	72,5	72,5
1-Ene-00	11:00	4,78	2,51	2,27	81,5	81,5
1-Ene-00	11:10	37,07	16,97	20,1	94,2	94,2
1-Ene-00	11:20	37,07	13,51	23,57	114,4	114,4
1-Ene-00	11:30	37,07	11,01	26,07	145,6	145,6
1-Ene-00	11:40	37,07	9,14	27,93	190	190
1-Ene-00	11:50	37,07	7,71	29,36	251,2	251,2
1-Ene-00	12:00	37,07	6,59	30,48	333,4	333,4
1-Ene-00	12:10	9,81	1,59	8,22	437,8	437,8
1-Ene-00	12:20	9,81	1,53	8,28	563,2	563,2
1-Ene-00	12:30	9,81	1,47	8,34	704,8	704,8

Cuadro 46: Continuación...

1-Ene-00	12:40	9,81	1,42	8,39	857,1	857,1
1-Ene-00	12:50	9,81	1,37	8,44	1012,3	1012,3
1-Ene-00	13:00	9,81	1,32	8,49	1161,1	1161,1
1-Ene-00	13:10	4,25	0,56	3,69	1292,5	1292,5
1-Ene-00	13:20	4,25	0,55	3,7	1400,3	1400,3
1-Ene-00	13:30	4,25	0,54	3,71	1482,3	1482,3
1-Ene-00	13:40	4,25	0,54	3,72	1537,5	1537,5
1-Ene-00	13:50	4,25	0,53	3,73	1568,4	1568,4
1-Ene-00	14:00	4,25	0,52	3,73	1577,3	1577,3
1-Ene-00	14:10	2,69	0,33	2,37	1566,2	1566,2
1-Ene-00	14:20	2,69	0,32	2,37	1533,1	1533,1
1-Ene-00	14:30	2,69	0,32	2,37	1480,5	1480,5
1-Ene-00	14:40	2,69	0,32	2,37	1414,6	1414,6
1-Ene-00	14:50	2,69	0,31	2,38	1338,8	1338,8
1-Ene-00	15:00	2,69	0,31	2,38	1257,1	1257,1
1-Ene-00	15:10	2,17	0,25	1,92	1173,1	1173,1
1-Ene-00	15:20	2,17	0,25	1,92	1090,8	1090,8
1-Ene-00	15:30	2,17	0,25	1,92	1014,8	1014,8
1-Ene-00	15:40	2,17	0,24	1,93	946	946
1-Ene-00	15:50	2,17	0,24	1,93	882,2	882,2
1-Ene-00	16:00	2,17	0,24	1,93	822,1	822,1
1-Ene-00	16:10	1,91	0,21	1,7	766,1	766,1
1-Ene-00	16:20	1,91	0,21	1,7	714,4	714,4
1-Ene-00	16:30	1,91	0,21	1,7	667,2	667,2
1-Ene-00	16:40	1,91	0,21	1,7	624,2	624,2
1-Ene-00	16:50	1,91	0,21	1,7	584,8	584,8
1-Ene-00	17:00	1,91	0,2	1,71	548,7	548,7
1-Ene-00	17:10	1,65	0,18	1,47	515,9	515,9
1-Ene-00	17:20	1,65	0,17	1,48	486,3	486,3
1-Ene-00	17:30	1,65	0,17	1,48	459,3	459,3
1-Ene-00	17:40	1,65	0,17	1,48	434,7	434,7
1-Ene-00	17:50	1,65	0,17	1,48	412,2	412,2
1-Ene-00	18:00	1,65	0,17	1,48	391,6	391,6
1-Ene-00	18:10	1,39	0,14	1,25	372,9	372,9
1-Ene-00	18:20	1,39	0,14	1,25	355,8	355,8
1-Ene-00	18:30	1,39	0,14	1,25	340,1	340,1
1-Ene-00	18:40	1,39	0,14	1,25	325,7	325,7
1-Ene-00	18:50	1,39	0,14	1,25	312,4	312,4
1-Ene-00	19:00	1,39	0,14	1,25	299,9	299,9
1-Ene-00	19:10	1,3	0,13	1,17	288,3	288,3
1-Ene-00	19:20	1,3	0,13	1,17	277,5	277,5
1-Ene-00	19:30	1,3	0,13	1,17	267,4	267,4

Cuadro 46: Continuación...

1-Ene-00	19:40	1,3	0,13	1,17	257,9	257,9
1-Ene-00	19:50	1,3	0,13	1,17	249,1	249,1
1-Ene-00	20:00	1,3	0,13	1,17	240,9	240,9
1-Ene-00	20:10	1,04	0,1	0,94	233,3	233,3
1-Ene-00	20:20	1,04	0,1	0,94	226,2	226,2
1-Ene-00	20:30	1,04	0,1	0,94	219,5	219,5
1-Ene-00	20:40	1,04	0,1	0,94	213,2	213,2
1-Ene-00	20:50	1,04	0,1	0,94	207,3	207,3
1-Ene-00	21:00	1,04	0,1	0,94	201,5	201,5
1-Ene-00	21:10	1,04	0,1	0,94	196	196
1-Ene-00	21:20	1,04	0,1	0,94	190,5	190,5
1-Ene-00	21:30	1,04	0,1	0,94	185,3	185,3
1-Ene-00	21:40	1,04	0,1	0,94	180,2	180,2
1-Ene-00	21:50	1,04	0,1	0,94	175,2	175,2
1-Ene-00	22:00	1,04	0,1	0,94	170,4	170,4
1-Ene-00	22:10	1,04	0,1	0,94	165,9	165,9
1-Ene-00	22:20	1,04	0,1	0,94	161,8	161,8
1-Ene-00	22:30	1,04	0,1	0,94	158	158
1-Ene-00	22:40	1,04	0,1	0,94	154,6	154,6
1-Ene-00	22:50	1,04	0,1	0,94	151,6	151,6
1-Ene-00	23:00	1,04	0,1	0,94	149	149
1-Ene-00	23:10	0,95	0,09	0,87	146,7	146,7
1-Ene-00	23:20	0,95	0,09	0,87	144,6	144,6
1-Ene-00	23:30	0,95	0,09	0,87	142,7	142,7
1-Ene-00	23:40	0,95	0,09	0,87	141,1	141,1
1-Ene-00	23:50	0,95	0,09	0,87	139,6	139,6
2-Ene-00	00:00	0,95	0,09	0,87	138,2	138,2
2-Ene-00	00:10	0	0	0	136,8	136,8
2-Ene-00	00:20	0	0	0	135,1	135,1
2-Ene-00	00:30	0	0	0	133	133
2-Ene-00	00:40	0	0	0	130,5	130,5
2-Ene-00	00:50	0	0	0	127,4	127,4
2-Ene-00	01:00	0	0	0	123,7	123,7
2-Ene-00	01:10	0	0	0	119	119
2-Ene-00	01:20	0	0	0	113,5	113,5
2-Ene-00	01:30	0	0	0	107,1	107,1
2-Ene-00	01:40	0	0	0	100,2	100,2
2-Ene-00	01:50	0	0	0	92,9	92,9
2-Ene-00	02:00	0	0	0	85,4	85,4
2-Ene-00	02:10	0	0	0	78	78
2-Ene-00	02:20	0	0	0	70,6	70,6
2-Ene-00	02:30	0	0	0	63,4	63,4

Cuadro 46: Continuación...

2-Ene-00	02:40	0	0	0	56,7	56,7
2-Ene-00	02:50	0	0	0	50,4	50,4
2-Ene-00	03:00	0	0	0	44,5	44,5
2-Ene-00	03:10	0	0	0	39,2	39,2
2-Ene-00	03:20	0	0	0	34,4	34,4
2-Ene-00	03:30	0	0	0	30,2	30,2
2-Ene-00	03:40	0	0	0	26,7	26,7
2-Ene-00	03:50	0	0	0	23,6	23,6
2-Ene-00	04:00	0	0	0	20,8	20,8
2-Ene-00	04:10	0	0	0	18,4	18,4
2-Ene-00	04:20	0	0	0	16,2	16,2
2-Ene-00	04:30	0	0	0	14,4	14,4
2-Ene-00	04:40	0	0	0	12,7	12,7
2-Ene-00	04:50	0	0	0	11,2	11,2
2-Ene-00	05:00	0	0	0	9,8	9,8
2-Ene-00	05:10	0	0	0	8,7	8,7
2-Ene-00	05:20	0	0	0	7,6	7,6
2-Ene-00	05:30	0	0	0	6,7	6,7
2-Ene-00	05:40	0	0	0	5,9	5,9
2-Ene-00	05:50	0	0	0	5,2	5,2
2-Ene-00	06:00	0	0	0	4,6	4,6
2-Ene-00	06:10	0	0	0	4	4
2-Ene-00	06:20	0	0	0	3,5	3,5
2-Ene-00	06:30	0	0	0	3,1	3,1
2-Ene-00	06:40	0	0	0	2,7	2,7
2-Ene-00	06:50	0	0	0	2,4	2,4
2-Ene-00	07:00	0	0	0	2,1	2,1
2-Ene-00	07:10	0	0	0	1,8	1,8
2-Ene-00	07:20	0	0	0	1,6	1,6
2-Ene-00	07:30	0	0	0	1,4	1,4
2-Ene-00	07:40	0	0	0	1,2	1,2
2-Ene-00	07:50	0	0	0	1,1	1,1
2-Ene-00	08:00	0	0	0	0,9	0,9
2-Ene-00	08:10	0	0	0	0,8	0,8
2-Ene-00	08:20	0	0	0	0,7	0,7
2-Ene-00	08:30	0	0	0	0,6	0,6
2-Ene-00	08:40	0	0	0	0,5	0,5
2-Ene-00	08:50	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	09:00	0	0	0	0,4	0,4
2-Ene-00	09:10	0	0	0	0,3	0,3
2-Ene-00	09:20	0	0	0	0,2	0,2
2-Ene-00	09:30	0	0	0	0,2	0,2

Cuadro 46: Continuación...

2-Ene-00	09:40	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	09:50	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:00	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:10	0	0	0	0,1	0,1
2-Ene-00	10:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	10:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:00	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:10	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:20	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:30	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:40	0	0	0	0	0
2-Ene-00	11:50	0	0	0	0	0
2-Ene-00	12:00	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.* PP: Precipitación total.**PPe: Precipitación efectiva.
Resultados de modelamiento en software HEC-HMS.

Anexo 6: Detalle de resultados de transito de hidrogramas en el embalse "El Limón"

Tabla 47: Resultado de transito hidrograma de máxima avenida (T = 1000 años)

DETALLE DE RESULTADO DE TRANSITO DEL HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA (T = 1000 AÑOS) EN EL EMBALSE "EL LIMÓN" (LONGITUD DE VERTEDERO 30 M)				
TIEMPO (horas)	GASTO DE ENTRADA (m³/s)	ELEVACIÓN (m)	ALMACENAMIENTO (1000 m³)	GASTO EN VERTEDOR (m³/s)
00:00	0	0,01	0	0
00:30	0	0,01	0	0
01:00	0	0,01	0	0
01:30	0	0,01	0	0
02:00	0	0,01	0	0
02:30	0	0,01	0	0
03:00	0	0,01	0	0
03:30	0	0,01	0	0
04:00	0	0,01	0	0
04:30	0	0,01	0	0
05:00	0	0,01	0	0
05:30	0	0,01	0	0
06:00	0	0,01	0	0
06:30	0	0,01	0	0
07:00	0	0,01	0	0
07:30	0	0,01	0	0
08:00	0	0,01	0	0
08:30	0,3	0,01	0,27	0
09:00	1,4	0,011	1,797	0,001
09:30	3,9	0,012	6,559	0,006
10:00	8,6	0,016	17,751	0,027
10:30	16,3	0,023	40,051	0,093
11:00	28,3	0,037	79,871	0,261
11:30	63,5	0,064	161,578	0,752
12:00	175	0,134	373,153	2,631
12:30	403,4	0,303	882,777	9,519
13:00	694,4	0,614	1836,86	28,188
13:30	909,1	1,048	3197,55	63,433
14:00	984,1	1,527	4743,479	112,066
14:30	936,4	1,974	6222,453	165,128
15:00	804,6	2,337	7449,016	213,023

Cuadro 47: Continuación...

15:30	655,1	2,599	8346,082	249,936
16:00	534,5	2,771	8943,982	275,329
16:30	436,7	2,876	9308,289	291,084
17:00	361,4	2,929	9495,278	299,248
17:30	304,4	2,946	9553,546	301,808
18:00	261	2,936	9520,46	300,353
18:30	227,8	2,909	9423,563	296,108
19:00	201,8	2,869	9282,728	289,974
19:30	180,6	2,819	9111,617	282,548
20:00	163,3	2,765	8919,962	274,3
20:30	149,2	2,706	8715,35	265,545
21:00	137,3	2,644	8503,273	256,556
21:30	126,5	2,582	8287,073	247,465
22:00	116,6	2,518	8068,618	238,361
22:30	108,3	2,455	7850,087	229,349
23:00	102,3	2,392	7634,724	220,541
23:30	98,1	2,33	7425,72	212,083
24:00:00	95	2,271	7224,994	204,044
24:30:00	91,5	2,215	7032,444	196,399
25:00:00	85,1	2,159	6844,472	189,022
25:30:00	73,8	2,102	6653,916	181,605
26:00:00	58,8	2,043	6453,305	173,894
26:30:00	43,7	1,979	6239,845	165,783
27:00:00	30,7	1,912	6015,952	157,386
27:30:00	20,8	1,843	5786,629	148,915
28:00:00	14,3	1,774	5557,667	140,584
28:30:00	9,9	1,706	5333,619	132,557
29:00:00	6,8	1,641	5116,915	124,924
29:30:00	4,6	1,577	4908,802	117,711
30:00:00	3,2	1,516	4710,04	110,934
30:30:00	2,1	1,458	4520,831	104,597
31:00:00	1,4	1,403	4341,045	98,663
31:30:00	1	1,351	4170,551	93,139
32:00:00	0,6	1,301	4008,982	87,981
32:30:00	0,4	1,253	3855,836	83,179
33:00:00	0,2	1,208	3710,692	78,69
33:30:00	0,1	1,165	3573,078	74,512
34:00:00	0,1	1,125	3442,655	70,602
34:30:00	0	1,086	3318,943	66,955
35:00:00	0	1,049	3201,49	63,547
35:30:00	0	1,014	3089,98	60,352
36:00:00	0	0,981	2983,999	57,368
36:30:00	0	0,949	2883,253	54,571
37:00:00	0	0,918	2787,387	51,944
37:30:00	0	0,889	2696,103	49,482

Cuadro 47: Continuación...

38:00:00	0	0,862	2609,112	47,173
38:30:00	0	0,835	2526,16	44,994
39:00:00	0	0,81	2447,014	42,945
39:30:00	0	0,786	2371,443	41,02
40:00:00	0	0,763	2299,238	39,207
40:30:00	0	0,741	2230,208	37,491
41:00:00	0	0,72	2164,179	35,872
41:30:00	0	0,699	2100,982	34,345
42:00:00	0	0,68	2040,457	32,904
42:30:00	0	0,661	1982,455	31,542
43:00:00	0	0,643	1926,845	30,246
43:30:00	0	0,626	1873,503	29,02
44:00:00	0	0,61	1822,31	27,86
44:30:00	0	0,594	1773,15	26,76
45:00:00	0	0,578	1725,918	25,718
45:30:00	0	0,564	1680,515	24,729
46:00:00	0	0,55	1636,85	23,786
46:30:00	0	0,536	1594,842	22,888
47:00:00	0	0,523	1554,409	22,036
47:30:00	0	0,51	1515,473	21,225
48:00:00	0	0,498	1477,962	20,453
48:30:00	0	0,486	1441,807	19,718
49:00:00	0	0,475	1406,942	19,018
49:30:00	0	0,464	1373,308	18,351
50:00:00	0	0,453	1340,849	17,712
50:30:00	0	0,443	1309,516	17,101
51:00:00	0	0,433	1279,256	16,518
51:30:00	0	0,424	1250,024	15,961
52:00:00	0	0,414	1221,772	15,429
52:30:00	0	0,405	1194,456	14,92
53:00:00	0	0,397	1168,037	14,433
53:30:00	0	0,388	1142,475	13,968
54:00:00	0	0,38	1117,733	13,522
54:30:00	0	0,372	1093,777	13,094
55:00:00	0	0,365	1070,574	12,685
55:30:00	0	0,358	1048,093	12,292
56:00:00	0	0,35	1026,307	11,913
56:30:00	0	0,343	1005,189	11,55
57:00:00	0	0,337	984,713	11,201
57:30:00	0	0,33	964,851	10,866
58:00:00	0	0,324	945,581	10,544
58:30:00	0	0,318	926,878	10,235

Cuadro 47: Continuación...

59:00:00	0	0,312	908,72	9,938
59:30:00	0	0,306	891,088	9,652
60:00:00	0	0,3	873,96	9,377
60:30:00	0	0,295	857,317	9,113
61:00:00	0	0,289	841,142	8,858
61:30:00	0	0,284	825,416	8,613
62:00:00	0	0,279	810,124	8,377
62:30:00	0	0,274	795,25	8,149
63:00:00	0	0,269	780,778	7,929
63:30:00	0	0,265	766,695	7,717
64:00:00	0	0,26	752,986	7,513
64:30:00	0	0,256	739,639	7,315
65:00:00	0	0,252	726,643	7,124
65:30:00	0	0,247	713,985	6,939
66:00:00	0	0,243	701,653	6,761
66:30:00	0	0,239	689,638	6,588
67:00:00	0	0,235	677,927	6,422
67:30:00	0	0,232	666,511	6,261
68:00:00	0	0,228	655,379	6,105
68:30:00	0	0,224	644,524	5,955
69:00:00	0	0,221	633,935	5,809
69:30:00	0	0,217	623,603	5,668
70:00:00	0	0,214	613,521	5,532
70:30:00	0	0,211	603,681	5,4
71:00:00	0	0,208	594,074	5,272
71:30:00	0	0,205	584,694	5,148
72:00:00	0	0,202	575,534	5,028

Fuente: Elaboración propia. Resultados de simulación en software SISTAE.

Tabla 48: Resultado de transito hidrograma de máxima avenida (T = 2000 años)

DETALLE DE RESULTADO DE TRANSITO DEL HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA (T = 2000 AÑOS) EN EL EMBALSE "EL LIMÓN" (LONGITUD DE VERTEDERO 30 M)				
TIEMPO (horas)	GASTO DE ENTRADA (m³/s)	ELEVACIÓN (m)	ALMACENAMIENTO (1000 m³)	GASTO EN VERTEDEDOR (m³/s)
00:00	0	0,01	0	0
00:30	0	0,01	0	0
01:00	0	0,01	0	0
01:30	0	0,01	0	0
02:00	0	0,01	0	0
02:30	0	0,01	0	0
03:00	0	0,01	0	0
03:30	0	0,01	0	0
04:00	0	0,01	0	0
04:30	0	0,01	0	0
05:00	0	0,01	0	0
05:30	0	0,01	0	0
06:00	0	0,01	0	0
06:30	0	0,01	0	0
07:00	0	0,01	0	0
07:30	0	0,01	0	0
08:00	0,3	0,01	0,27	0
08:30	1,4	0,011	1,797	0,001
09:00	3,8	0,012	6,47	0,006
09:30	8,4	0,016	17,391	0,027
10:00	15,6	0,023	38,886	0,089
10:30	26,2	0,035	76,206	0,244
11:00	41,7	0,056	136,569	0,584
11:30	84,9	0,093	248,692	1,433
12:00	217,7	0,182	515,898	4,271
12:30	486,3	0,385	1133,232	13,8
13:00	824	0,752	2265,55	38,367
13:30	1069,2	1,255	3859,922	83,307
14:00	1150,5	1,803	5653,042	144,035
14:30	1089,5	2,309	7351,23	209,088
15:00	932,2	2,713	8742,546	266,704
15:30	756,7	3	9743,373	310,165
16:00	615,9	3,184	10394,249	339,237
16:30	502	3,29	10774,178	356,477
17:00	414,5	3,34	10950,122	364,529
17:30	348,4	3,348	10979,369	365,873

Cuadro 48: Continuación...

18:00	298,1	3,327	10905,692	362,49
18:30	259,8	3,287	10761,26	355,888
19:00	229,8	3,233	10569,164	347,15
19:30	205,4	3,17	10345,086	337,024
20:00	185,4	3,101	10100,064	326,021
20:30	169,3	3,028	9842,764	314,566
21:00	155,7	2,953	9579,498	302,95
21:30	143,3	2,877	9313,753	291,321
22:00	132	2,801	9047,529	279,781
22:30	122,5	2,725	8783,18	268,438
23:00	115,6	2,65	8524,178	257,441
23:30	110,8	2,578	8274,012	246,92
24:00:00	107,4	2,509	8034,896	236,964
24:30:00	103,4	2,442	7806,544	227,559
25:00:00	96,1	2,377	7584,631	218,509
25:30:00	83,3	2,311	7360,903	209,476
26:00:00	66,5	2,243	7127,061	200,147
26:30:00	49,3	2,169	6879,786	190,401
27:00:00	34,6	2,093	6621,611	180,358
27:30:00	23,5	2,014	6358,336	170,269
28:00:00	16,2	1,936	6096,468	160,393
28:30:00	11,2	1,86	5840,949	150,915
29:00:00	7,6	1,785	5594,327	141,908
29:30:00	5,2	1,714	5358,046	133,425
30:00:00	3,6	1,645	5132,915	125,484
30:30:00	2,4	1,58	4919,118	118,066
31:00:00	1,6	1,518	4716,423	111,149
31:30:00	1,1	1,46	4524,568	104,722
32:00:00	0,7	1,404	4343,08	98,73
32:30:00	0,5	1,351	4171,45	93,168
33:00:00	0,3	1,301	4009,131	87,986
33:30:00	0,1	1,253	3855,452	83,167
34:00:00	0,1	1,208	3709,978	78,669
34:30:00	0	1,165	3572,228	74,486
35:00:00	0	1,124	3441,674	70,572
35:30:00	0	1,086	3317,925	66,925
36:00:00	0	1,049	3200,524	63,519
36:30:00	0	1,014	3089,032	60,325
37:00:00	0	0,98	2983,129	57,343
37:30:00	0	0,948	2882,425	54,549
38:00:00	0	0,918	2786,6	51,922
38:30:00	0	0,889	2695,353	49,462
39:00:00	0	0,862	2608,397	47,154
39:30:00	0	0,835	2525,449	44,975
40:00:00	0	0,81	2446,334	42,928

Cuadro 48: Continuación...

40:30:00	0	0,786	2370,795	41,003
41:00:00	0	0,763	2298,618	39,192
41:30:00	0	0,741	2229,614	37,476
42:00:00	0	0,72	2163,612	35,858
42:30:00	0	0,699	2100,439	34,332
43:00:00	0	0,68	2039,937	32,891
43:30:00	0	0,661	1981,956	31,53
44:00:00	0	0,643	1926,366	30,235
44:30:00	0	0,626	1873,044	29,01
45:00:00	0	0,609	1821,869	27,85
45:30:00	0	0,594	1772,727	26,751
46:00:00	0	0,578	1725,512	25,709
46:30:00	0	0,564	1680,124	24,72
47:00:00	0	0,55	1636,474	23,778
47:30:00	0	0,536	1594,48	22,881
48:00:00	0	0,523	1554,061	22,028
48:30:00	0	0,51	1515,138	21,218
49:00:00	0	0,498	1477,639	20,446
49:30:00	0	0,486	1441,466	19,711
50:00:00	0	0,475	1406,614	19,012
50:30:00	0	0,464	1372,991	18,345
51:00:00	0	0,453	1340,543	17,706
51:30:00	0	0,443	1309,22	17,096
52:00:00	0	0,433	1278,971	16,513
52:30:00	0	0,424	1249,748	15,956
53:00:00	0	0,414	1221,505	15,424
53:30:00	0	0,405	1194,198	14,915
54:00:00	0	0,397	1167,787	14,429
54:30:00	0	0,388	1142,204	13,963
55:00:00	0	0,38	1117,471	13,517
55:30:00	0	0,372	1093,523	13,09
56:00:00	0	0,365	1070,328	12,681
56:30:00	0	0,357	1047,855	12,288
57:00:00	0	0,35	1026,077	11,909
57:30:00	0	0,343	1004,966	11,546
58:00:00	0	0,337	984,496	11,197
58:30:00	0	0,33	964,641	10,862
59:00:00	0	0,324	945,377	10,541
59:30:00	0	0,318	926,68	10,232
60:00:00	0	0,312	908,529	9,935
60:30:00	0	0,306	890,901	9,649
61:00:00	0	0,3	873,778	9,374

Cuadro 48: Continuación...

61:30:00	0	0,295	857,141	9,11
62:00:00	0	0,289	840,971	8,855
62:30:00	0	0,284	825,221	8,61
63:00:00	0	0,279	809,935	8,374
63:30:00	0	0,274	795,066	8,146
64:00:00	0	0,269	780,599	7,926
64:30:00	0	0,265	766,521	7,715
65:00:00	0	0,26	752,816	7,511
65:30:00	0	0,256	739,474	7,313
66:00:00	0	0,252	726,483	7,121
66:30:00	0	0,247	713,829	6,937
67:00:00	0	0,243	701,502	6,759
67:30:00	0	0,239	689,49	6,586
68:00:00	0	0,235	677,755	6,419
68:30:00	0	0,232	666,344	6,259
69:00:00	0	0,228	655,217	6,103
69:30:00	0	0,224	644,365	5,953
70:00:00	0	0,221	633,781	5,807
70:30:00	0	0,217	623,453	5,666
71:00:00	0	0,214	613,374	5,53
71:30:00	0	0,211	603,538	5,398
72:00:00	0	0,208	593,934	5,27

Fuente: Elaboración propia. Resultados de simulación en software SISTAE.

Tabla 49: Resultado de transito hidrograma de máxima avenida (T = 10000 años)

DETALLE DE RESULTADO DE TRANSITO DEL HIDROGRAMA DE MÁXIMA AVENIDA (T = 10000 AÑOS) EN EL EMBALSE “EL LIMÓN” (LONGITUD DE VERTEDERO 30 M)				
TIEMPO (horas)	GASTO DE ENTRADA (m³/s)	ELEVACIÓN (m)	ALMACENAMIENTO (1000 m³)	GASTO EN VERTEDEDOR (m³/s)
00:00	0	0,01	0	0
00:30	0	0,01	0	0
01:00	0	0,01	0	0
01:30	0	0,01	0	0
02:00	0	0,01	0	0
02:30	0	0,01	0	0
03:00	0	0,01	0	0
03:30	0	0,01	0	0
04:00	0	0,01	0	0
04:30	0	0,01	0	0
05:00	0	0,01	0	0
05:30	0	0,01	0	0
06:00	0	0,01	0	0
06:30	0	0,01	0	0
07:00	0,4	0,01	0,359	0
07:30	1,7	0,011	2,247	0,001
08:00	4,6	0,013	7,907	0,008
08:30	9,4	0,017	20,467	0,034
09:00	16,5	0,025	43,65	0,106
09:30	26,4	0,037	81,92	0,271
10:00	39,6	0,057	140,525	0,61
10:30	57,2	0,085	225,978	1,241
11:00	81,5	0,126	347,56	2,365
11:30	145,6	0,192	545,641	4,643
12:00	333,4	0,329	962,811	10,832
12:30	704,8	0,622	1861,568	28,748
13:00	1161,1	1,127	3451,232	70,857
13:30	1482,3	1,798	5637,399	143,467
14:00	1577,3	2,512	8048,155	237,513
14:30	1480,5	3,153	10285,503	334,343
15:00	1257,1	3,651	12073,283	416,834
15:30	1014,8	3,989	13314,163	476,309
16:00	822,1	4,195	14076,414	513,645
16:30	667,2	4,301	14474,472	533,367
17:00	548,7	4,336	14602,959	539,768
17:30	459,3	4,319	14541,341	536,695

Cuadro 49: Continuación...

18:00	391,6	4,268	14349,668	527,174
18:30	340,1	4,194	14071,669	513,411
19:00	299,9	4,104	13738,288	497,011
19:30	267,4	4,005	13370,409	479,042
20:00	240,9	3,899	12982,517	460,247
20:30	219,5	3,791	12585,591	441,181
21:00	201,5	3,682	12187,42	422,23
21:30	185,3	3,573	11792,289	403,603
22:00	170,4	3,465	11402,312	385,403
22:30	158	3,359	11020,037	367,745
23:00	149	3,255	10649,603	350,809
23:30	142,7	3,156	10295,104	334,776
24:00:00	138,2	3,061	9958,856	319,731
24:30:00	133	2,97	9640,122	305,616
25:00:00	123,7	2,883	9333,148	292,165
25:30:00	107,1	2,795	9026,914	278,893
26:00:00	85,4	2,704	8710,36	265,333
26:30:00	63,4	2,609	8379,283	251,329
27:00:00	44,5	2,509	8036,855	237,045
27:30:00	30,2	2,408	7690,223	222,8
28:00:00	20,8	2,307	7347,524	208,939
28:30:00	14,4	2,209	7015,017	195,711
29:00:00	9,8	2,115	6695,753	183,225
29:30:00	6,7	2,024	6391,326	171,525
30:00:00	4,6	1,938	6102,563	160,622
30:30:00	3,1	1,856	5829,488	150,493
31:00:00	2,1	1,778	5571,741	141,092
31:30:00	1,4	1,705	5328,761	132,384
32:00:00	0,9	1,635	5099,792	124,325
32:30:00	0,6	1,57	4884,07	116,864
33:00:00	0,4	1,507	4680,838	109,948
33:30:00	0,2	1,449	4489,202	103,545
34:00:00	0,1	1,393	4308,44	97,6
34:30:00	0	1,341	4137,812	92,086
35:00:00	0	1,291	3976,668	86,961
35:30:00	0	1,244	3824,421	82,201
36:00:00	0	1,199	3680,45	77,766
36:30:00	0	1,156	3544,182	73,642
37:00:00	0	1,116	3415,097	69,784
37:30:00	0	1,078	3292,719	66,19
38:00:00	0	1,041	3176,601	62,829
38:30:00	0	1,006	3066,339	59,682
39:00:00	0	0,973	2961,527	56,741
39:30:00	0	0,942	2861,875	53,982
40:00:00	0	0,912	2767,038	51,391

Cuadro 49: Continuación...

40:30:00	0	0,883	2676,716	48,964
41:00:00	0	0,856	2590,63	46,685
41:30:00	0	0,83	2508,531	44,535
42:00:00	0	0,805	2430,185	42,514
42:30:00	0	0,781	2355,369	40,614
43:00:00	0	0,758	2283,873	38,824
43:30:00	0	0,736	2215,514	37,129
44:00:00	0	0,715	2150,119	35,53
44:30:00	0	0,695	2087,519	34,023
45:00:00	0	0,676	2027,558	32,599
45:30:00	0	0,657	1970,091	31,252
46:00:00	0	0,64	1914,987	29,972
46:30:00	0	0,622	1862,126	28,761
47:00:00	0	0,606	1811,386	27,614
47:30:00	0	0,59	1762,658	26,527
48:00:00	0	0,575	1715,834	25,497
48:30:00	0	0,561	1670,818	24,519
49:00:00	0	0,547	1627,523	23,585
49:30:00	0	0,533	1585,866	22,698
50:00:00	0	0,52	1545,768	21,855
50:30:00	0	0,507	1507,15	21,053
51:00:00	0	0,495	1469,941	20,289
51:30:00	0	0,484	1434,073	19,562
52:00:00	0	0,472	1399,483	18,87
52:30:00	0	0,462	1366,11	18,209
53:00:00	0	0,451	1333,902	17,576
53:30:00	0	0,441	1302,808	16,971
54:00:00	0	0,431	1272,777	16,394
54:30:00	0	0,422	1243,763	15,843
55:00:00	0	0,412	1215,719	15,316
55:30:00	0	0,404	1188,603	14,812
56:00:00	0	0,395	1162,374	14,33
56:30:00	0	0,387	1136,995	13,868
57:00:00	0	0,379	1112,428	13,427
57:30:00	0	0,371	1088,639	13,003
58:00:00	0	0,363	1065,596	12,598
58:30:00	0	0,356	1043,27	12,208
59:00:00	0	0,349	1021,605	11,832
59:30:00	0	0,342	1000,631	11,472
60:00:00	0	0,335	980,291	11,126
60:30:00	0	0,329	960,562	10,794
61:00:00	0	0,322	941,418	10,475

Cuadro 49: Continuación...

61:30:00	0	0,316	922,837	10,169
62:00:00	0	0,31	904,797	9,874
62:30:00	0	0,305	887,277	9,591
63:00:00	0	0,299	870,257	9,318
63:30:00	0	0,293	853,719	9,056
64:00:00	0	0,288	837,644	8,803
64:30:00	0	0,283	822,016	8,56
65:00:00	0	0,278	806,817	8,326
65:30:00	0	0,273	792,033	8,1
66:00:00	0	0,268	777,648	7,882
66:30:00	0	0,264	763,648	7,672
67:00:00	0	0,259	750,019	7,469
67:30:00	0	0,255	736,751	7,272
68:00:00	0	0,251	723,83	7,083
68:30:00	0	0,246	711,245	6,899
69:00:00	0	0,242	698,984	6,722
69:30:00	0	0,238	687,037	6,551
70:00:00	0	0,235	675,392	6,386
70:30:00	0	0,231	664,039	6,226
71:00:00	0	0,227	652,969	6,072
71:30:00	0	0,224	642,173	5,922
72:00:00	0	0,22	631,641	5,778

Fuente: Elaboración propia. Resultados de simulación en software SISTAE.