



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Determinación de caudales de las cuencas sobre las que
se asienta la comunidad campesina Cujaca**

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Bachiller en Ingeniería Civil

Nancy Fernanda Panta Montero

Asesor:
Dra. Ing. Adriadna Del Socorro Chávez Jiménez

Piura, diciembre de 2020



Resumen

El presente trabajo de investigación abarca inicialmente la recolección de datos de precipitaciones máximas obtenidas de las estaciones cercanas a la zona de estudio, así como la caracterización geomorfológica de las cuencas en estudio obteniéndose parámetros como superficie, forma, pendiente, longitud del cauce principal, entre otros, y el cálculo de caudales máximos de diseño de las cuencas delimitadas, mediante método de hidrograma unitario.

Se delimitaron dos cuencas, ambas con forma alargada, en equilibrio, en fase de madurez y con resistencia a la erosión, susceptibles a inundaciones con tendencia a bajas velocidades de escorrentía superficial, con una respuesta lenta ante precipitaciones.

Para el cálculo de caudales se consideró dos escenarios: 42 años trabajándose con los datos de precipitación disponibles, y 51 años completando los datos faltantes. Para ambos análisis se obtuvieron caudales del mismo orden de magnitud y de valores próximos entre sí.

Debido a que tanto el abastecimiento de familias como las actividades económicas principales de la zona en estudio dependen del agua obtenida de las nacientes ubicadas en la parte alta de la comunidad, resulta necesario darle importancia al flujo hidrológico, ya que el suministro de agua no puede ser interrumpido, procurándose una correcta regulación de este recurso. Para el cálculo de caudales máximos de diseño se aplicó el método del hidrograma unitario al tenerse cuencas con áreas mayores a 13 km². La obtención de caudales de diseño se realizó con la finalidad de que estos datos puedan ser usados en un futuro para la construcción de obras hidráulicas.



Tabla de contenido

Introducción	11
Capítulo 1	13
Estado del arte	13
1.1. Caracterización de la cuenca	13
1.1.1. Definición de cuenca	13
1.1.2. Área y perímetro	14
1.1.3. Curvas representativas.....	14
1.1.4. Forma de la cuenca	14
1.1.5. Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius	15
1.1.6. Índice de forma	16
1.1.7. Rectángulo equivalente	16
1.1.8. Longitudes parciales del rectángulo equivalente	16
1.1.9. Pendiente del cauce.....	17
1.1.10. Pendiente de la cuenca	18
1.1.11. Curvas características.....	18
1.2. Determinación del caudal máximo.....	19
1.2.1. Obtención y proceso de datos hidrológicos	20
1.2.2. Obtención del hietograma	21
1.2.3. Estimación de caudales	26
2. Capítulo 2	29
Zona de estudio.....	29
2.1. Zona de estudio: comunidad campesina Cujaca.....	29
2.2. Ubicación de la comunidad campesina Cujaca	31
2.3. Valores ambientales.....	31
2.4. Condiciones socioeconómicas	32
2.5. Problemas	33
2.6. Razón de estudio.....	33

2.7.	Cuencas delimitadas	34
2.8.	Características geomorfológicas.....	36
2.8.1.	Área y perímetro	36
2.8.2.	Curvas representativas.....	36
2.8.3.	Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius	37
2.8.4.	Índice de forma	37
2.8.5.	Rectángulo equivalente	37
2.8.6.	Longitudes parciales del rectángulo equivalente	38
2.8.7.	Pendiente del cauce	40
2.8.8.	Pendiente de la cuenca	45
2.8.9.	Curvas características.....	46
2.8.10.	Resumen de características geomorfológicas.....	49
2.9.	Caudal máximo	50
2.9.1.	Estaciones hidrológicas	50
2.9.2.	Precipitación máxima diaria.....	51
2.9.3.	Ajuste a la distribución de probabilidad Log Normal II.....	55
2.9.4.	Curvas IDF.....	57
2.9.5.	Hietograma de diseño	63
2.9.6.	Lluvia efectiva.....	64
2.9.7.	Hidrograma unitario.....	64
2.9.8.	Convolución.....	65
	Conclusiones.....	69
	Referencias bibliográficas	71
	Apéndices	73
	Apéndice A: Hietograma de diseño.....	75
	Apéndice B: Hietograma de exceso de precipitación	107
	Apéndice C: Hidrograma unitario y de diseño. Caudal obtenido.....	139

Lista de tablas

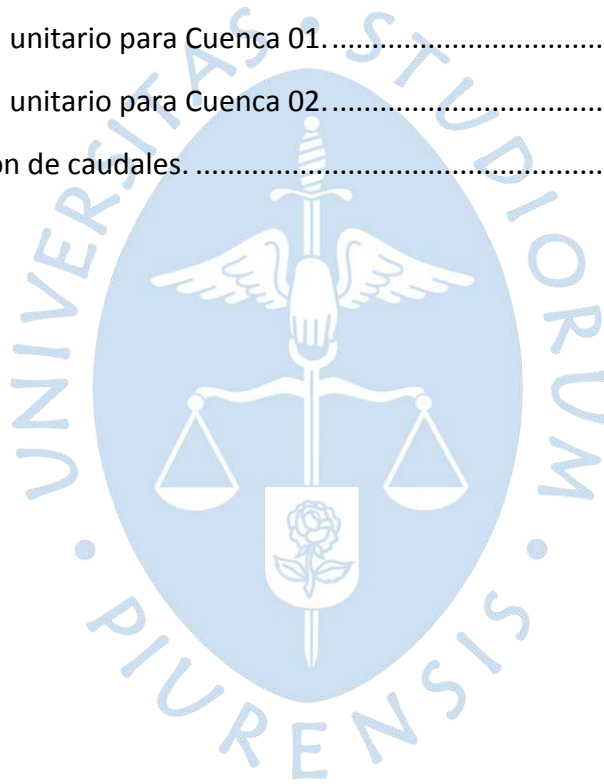
Tabla 1. Clasificación de tamaños de cuencas según área.....	14
Tabla 2. Clasificación del índice de compacidad o coeficiente Gravelius.	15
Tabla 3. Clasificación de pendientes medias.....	17
Tabla 4. Clasificación de la red de drenaje de las cuencas.....	19
Tabla 5. Coeficiente de duración.....	22
Tabla 6. Clasificación de AMC para diferentes condiciones	25
Tabla 7. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.2S$)	26
Tabla 8. Área y perímetro de cuencas delimitadas.....	36
Tabla 9. Cálculo de “D”	36
Tabla 10. Cálculo de “ K_c ”	37
Tabla 11. Cálculo de “F”	37
Tabla 12. Áreas comprendidas entre curvas de nivel.....	38
Tabla 13. Cálculo de “ L_e ”, “ I_e ”	38
Tabla 14. Cálculo de “ L_i ”,	38
Tabla 15. Progresivas y cotas de las cuencas en análisis.	40
Tabla 16. Cálculo de la pendiente con método de un solo tramo.	41
Tabla 17. Cálculo de la pendiente con método de áreas compensadas, Cuenca 01.	43
Tabla 18. Cálculo de la pendiente con método de áreas compensadas, Cuenca 02.	44
Tabla 19. Cálculo de la pendiente por criterio de Mociornita, Cuenca 01.	45
Tabla 20. Cálculo de la pendiente por criterio de Mociornita, Cuenca 02.	45
Tabla 21. Cálculo de la pendiente por criterio de Rectángulo Equivalente.....	46

Tabla 22. Distribución altimétrica de la cuenca 01.	47
Tabla 23. Distribución altimétrica de la cuenca 02.	48
Tabla 24. Cálculo de densidad de drenaje.	49
Tabla 25. Resumen de características geomorfológicas.	50
Tabla 26. Estaciones hidrológicas.	50
Tabla 27. Precipitación máxima diaria	52
Tabla 28 . Precipitación máxima diaria	53
Tabla 29 . Precipitación máxima diaria, datos incompletos.	54
Tabla 30. Precipitación máxima diaria, datos completos.	55
Tabla 31. Valor del delta teórico.	56
Tabla 32. Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, datos incompletos. ...	56
Tabla 33. Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, datos completos.	56
Tabla 34. Porcentaje de área de influencia de las estaciones respecto a las cuencas.	58
Tabla 35. Precipitación máxima diaria, en 24 h intensidad máxima en 24 horas en las cuencas, datos incompletos.	58
Tabla 36. Precipitación máxima diaria, en 24 h e intensidad máxima en 24 horas en las cuencas, datos completos.	59
Tabla 37. Intensidad según duración de la precipitación, datos incompletos – Cuenca 1.	59
Tabla 38. Intensidad según duración de la precipitación, datos incompletos – Cuenca 2.	60
Tabla 39. Intensidad según duración de la precipitación datos completos – Cuenca 1.	61
Tabla 40. Intensidad según duración de la precipitación, datos completos – Cuenca 2.	62
Tabla 41. Cálculo del tiempo de concentración, para ambas cuencas.	63
Tabla 42. Cálculo de CN III, S, Ia.	64
Tabla 43. Cálculo de qp	64
Tabla 44. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno.	66

Lista de figuras

Figura 1. Efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración.....	15
Figura 2. Representación del rectángulo equivalente.	16
Figura 3. Representación de método de áreas compensadas.	18
Figura 4. Tipos de curvas.	19
Figura 5 .Curvas IDF.....	21
Figura 6. Ejemplo de hietograma de diseño.	23
Figura 7 . Variables del método.	24
Figura 8 . Hidrograma Unitario Triangular del SCS.....	28
Figura 9. Mapa de Ubicación de Comunidad Campesina de Cujaca.....	30
Figura 10 .Cartas nacionales que cubren la región de Piura.....	34
Figura 11. Mapa de ubicación de cuencas delimitadas.	35
Figura 12. Rectángulo equivalente de Cuenca 01.....	39
Figura 13. Rectángulo equivalente de Cuenca 02.....	39
Figura 14. Perfil longitudinal del cauce perteneciente a la Cuenca 01.....	40
Figura 15. Perfil longitudinal del cauce perteneciente a la Cuenca 02.....	41
Figura 16. Perfil longitudinal del cauce perteneciente a la Cuenca 01.....	42
Figura 17. Perfil longitudinal de cauce con pendiente trazada, Cuenca 02.....	42
Figura 18. Perfil longitudinal de cauce con pendiente trazada. Método de áreas compensadas, Cuenca 01.....	43
Figura 19. Perfil longitudinal de cauce con pendiente trazada. Método de áreas compensadas, Cuenca 02.....	44
Figura 20. Curva hipsométrica, Cuenca 01 (Área en km ² y %)	47
Figura 21. Porcentaje del total de área correspondiente a cada curva, Cuenca 01.	47
Figura 22. Curva hipsométrica, Cuenca 02 (Área en km ² y %)	48

Figura 23. Porcentaje del total de área correspondiente a cada curva, Cuenca 02.	48
Figura 24. Mapa de ubicación de estaciones hidrológicas.....	51
Figura 25 . Grafica de correlación entre estaciones.	53
Figura 26. Grafica de correlación entre estaciones.	57
Figura 27. Polígonos de Thiessen en las cuencas en análisis.	58
Figura 28. Curvas IDF, datos incompletos – Cuenca 01.	60
Figura 29. Curvas IDF, datos incompletos – Cuenca 01.	61
Figura 30. Curvas IDF, datos completos – Cuenca 01.	62
Figura 31. Curvas IDF, datos completos – Cuenca 02.	63
Figura 32. Hidrograma unitario para Cuenca 01.....	65
Figura 33. Hidrograma unitario para Cuenca 02.....	65
Figura 34. Comparación de caudales.	66



Introducción

El agua es un recurso insustituible, y resulta de vital importancia para el desarrollo socioeconómico y ambiental de forma sostenible; ya que, es pieza clave en el bienestar, productividad, producción y preservación de diferentes beneficios y servicios de los que gozan las comunidades.

En la actualidad, millones de personas viven en cuencas fluviales, en las cuales el uso del agua supera a la recarga natural, el satisfacer la demanda futura de agua presenta un alto grado de incertidumbre debido al aumento poblacional, expansión de las áreas de cultivo y otras actividades productivas presentes en dichas cuencas, dándose lugar a una tendencia que prevé que para el año 2025, dos tercios de la población mundial enfrentaría problemas de escasez de agua, siendo Perú uno de los países más afectados (FAO, 2019).

Una de las posibles causas de la escasez de agua, es el inadecuado manejo de las cuencas hidrográficas debido a un déficit en estudios de ingeniería, sin estos estudios no es posible predecir el comportamiento de las cuencas a lo largo del tiempo, como consecuencia, las comunidades no cuentan con medidas de prevención ante la posibilidad de inundaciones o escasez de agua. El estudio hidrológico de la presente tesina consiste en analizar las cuencas que abastecen a la comunidad campesina Cujaca, ubicada en el departamento de Piura, provincia de Ayabaca, en el distrito de Ayabaca, con la finalidad de generar un diagnóstico del recurso hídrico, delimitación de las cuencas y caudal máximo.



Capítulo 1

Estado del arte

1.1. Caracterización de la cuenca

A continuación, se presenta la definición de cuenca, así como los parámetros que facilitan su caracterización.

1.1.1. Definición de cuenca

Cuenca es un territorio que colecta de manera natural agua de lluvia y la drena hacia un punto de salida. Está formada por varias superficies cuyos cursos de agua se vierten hacia una red de drenaje principal.

Consta de cuatro elementos:

- Divisoria de aguas: También llamada *divortium Aquarium*. Es la línea por la cual las cumbres se separa una cuenca de las cuencas vecinas, es decir, delimita el área de una cuenca.
- Red de drenaje: Conjunto de cauces por donde fluye el agua. En la cuenca se encuentran dos redes: Río principal y afluentes o tributarios.
- Terreno o relieve: Formado por los valles principales y secundarios. En él se encuentran las redes de drenaje. Formado por las montañas y sus laderas; por las quebradas o torrentes, valles y mesetas.
- Punto de salida: Por donde se drena la cuenca.

Una cuenca está integrada por un conjunto de subcuencas o microcuencas. Las subcuencas están constituidas por varias microcuencas, las cuales drenan a un cauce, y las microcuencas son aquellas áreas cuyos cauces drenan hacia el cauce principal de una subcuenca.

1.1.2. Área y perímetro

El área de la cuenca es la superficie de esta, la cual es definida mediante la delimitación del territorio de la cuenca en estudio, por medio de la divisoria de aguas, la cual es la línea trazada en los puntos altos del relieve, en las cumbres que dividen la cuenca de las cuencas vecinas. Se mide en km². La clasificación por tamaños se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de tamaños de cuencas según área

Rangos de áreas (km ²)	Clasificación
< 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente. Recuperado de Campos Aranda (1992)

El perímetro de la cuenca es la longitud del contorno de la superficie de la cuenca, es decir la extensión total de su límite exterior. Se mide en km.

1.1.3. Curvas representativas

Las curvas representativas son una cantidad de curvas suficientes para expresar la variación altitudinal de la cuenca. Se establecen para facilidad de trabajo y debido a que se requiere para estimar áreas entre curvas de nivel.

Para definir las curvas representativas se toma la diferencia entre las cotas máximas y mínimas presentes en las cuencas, dividiéndolas entre seis, según las formula mostrada a continuación:

$$D = \frac{Cota\ max - Cota\ min}{6} \quad (1)$$

1.1.4. Forma de la cuenca

Esta puede estar definida por la relación entre el área y perímetro de la cuenca, así se establece una tendencia de su comportamiento hidrológico. El perímetro en una cuenca puede indicar como es la forma de esta, por lo que, aunque tenga la misma área que otra, se diferenciaran por su forma alargada o redonda. Esta diferencia define la longitud del curso de agua principal y el tiempo de concentración, influyendo asimismo en la escorrentía, y para un evento de lluvia dado en el hidrograma resultante, así como en la probabilidad de inundación respecto de los caudales pico generados (Lozano-Rivas, 2018).

Si bien generalmente las cuencas tienen forma de pera, muchas pueden alejarse de esta forma y presentar formas muy diferentes entre sí, incluso si se trata de cuencas vecinas o subcuencas de una misma cuenca. Existen diferentes índices, coeficientes y expresiones

para describir el efecto de la forma de una cuenca sobre su dinámica hidrológica; los cuales se exponen a lo largo del presente trabajo. (Lozano-Rivas, 2018)

En la Figura 1 se muestra una representación del efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración.

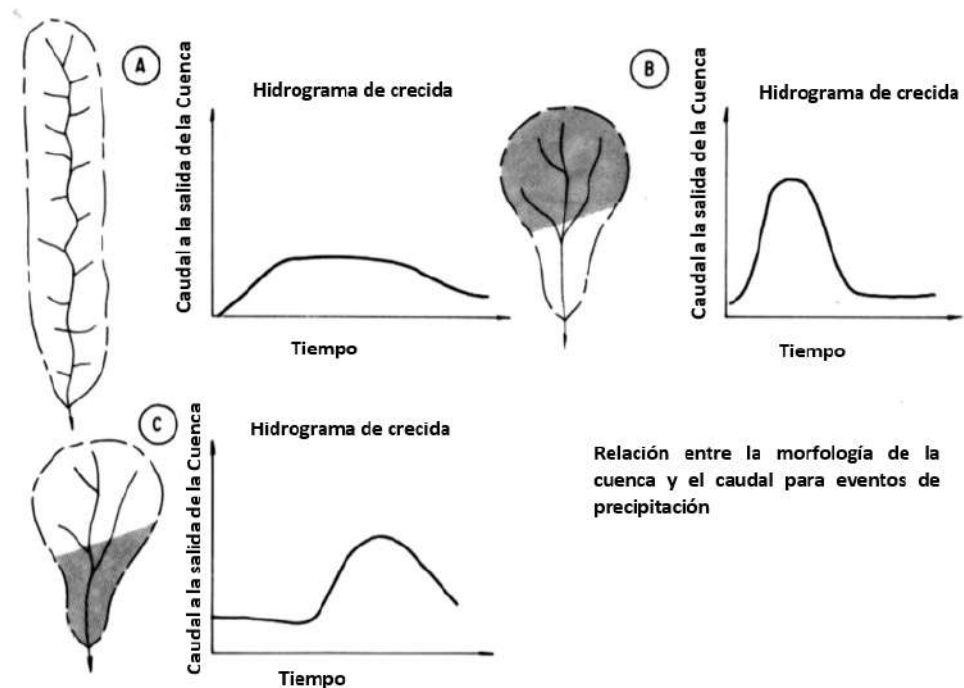


Figura 1. Efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración

Fuente: Bell (1999)

1.1.5. Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área de igual valor al área de la cuenca. Se determina según la formula a continuación:

$$Kc = \frac{P_{\text{cuenca}}}{P_{\text{circulo } A}} = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.2821 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Asimismo, en la Tabla 2 se presenta la clasificación correspondiente a este parámetro.

Tabla 2. Clasificación del Índice de Compacidad o coeficiente Gravelius

Kc	Clasificación
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-oblonga
1,5 a 1,75	oval oblonga a rectangular oblonga
>1,75	Rectangular

Fuente. Recuperado de Gaspari et al. (2012)

1.1.6. Índice de forma

Es un parámetro adimensional, representa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud. Se determina según las fórmulas a continuación:

$$F = \frac{\text{Ancho}}{\text{Longitud}} = \frac{B}{L} \quad (3)$$

$$\text{Ancho Promedio} = B = \frac{A}{L} \quad (4)$$

1.1.7. Rectángulo equivalente

El objetivo de este cálculo es la transformación geométrica de la cuenca, que presenta un estado heterogéneo, a un rectángulo equivalente, este conservará la misma magnitud en área, perímetro y distribución tanto de altura como terreno.

El rectángulo equivalente consta de 2 lados mayores y 2 lados menores.

En la Figura 2 se presenta la representación de este parámetro, donde “Le” es la longitud mayor y “le” es la longitud menor

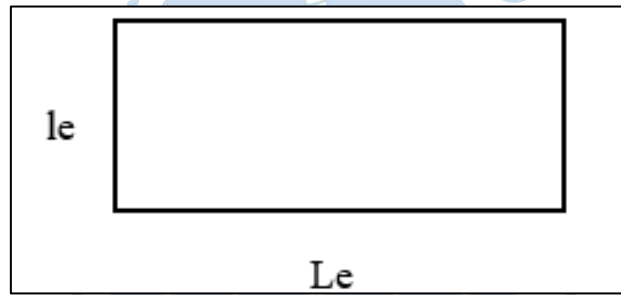


Figura 2. Representación del rectángulo equivalente

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo las longitudes descritas líneas arriba se hará uso de las fórmulas descritas a continuación.

$$Le = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16A}}{4} \quad (5)$$

$$le = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16A}}{4} \quad (6)$$

1.1.8. Longitudes parciales del rectángulo equivalente

Con los datos obtenidos con las Ecuaciones 5 y 6 es posible calcular las distancias parciales con el objetivo de dibujar el rectángulo en su forma escalonada con el uso de la siguiente expresión matemática:

$$L1 = \frac{A1}{le}; L2 = \frac{A2}{le}; \dots \quad (7)$$

1.1.9. Pendiente del cauce

Para la caracterización de este parámetro, se define el perfil longitudinal, así como 2 métodos para el cálculo de la pendiente.

1.1.9.1. Perfil longitudinal. El perfil longitudinal es la línea obtenida al representar distintas alturas del cauce de agua, desde su nacimiento a su desembocadura, estando esta última representada por la altura mínima.

Los ríos suelen definir perfiles longitudinales cóncavos, sin embargo, pueden presentar partes planas y abruptas debido a la presencia de rocas duras, actividad tectónica reciente o cambios súbitos en el canal. Para representar el perfil de estos ríos se toman las progresivas donde las curvas representativas cortan al cauce.

1.1.9.2. Método de un solo tramo. En base a los datos “progresiva-cota” requeridos para representar el perfil longitudinal, se puede calcular la pendiente de ambas cuencas según la formula adjunta (Ecuación 8).

$$Pendiente = \frac{Desnivel}{Longitud} \quad (8)$$

En la Tabla 3 se presenta la clasificación de los tipos de relieve según la pendiente obtenida.

Tabla 3. Clasificación de pendientes medias

Pendiente (%)	Tipo de relieve
0 - 3	Plano
3 - 7	Suave
7 - 12	Mediano
12 - 35	Accidentado
35 - 50	Fuerte
50 - 75	Muy Fuerte
>75	Escarpado

Fuente. Recuperado de Ortiz Vera (2004)

1.1.9.3. Método de áreas compensadas. Este método consiste en que las áreas que quedan entre la pendiente y el perfil (áreas encima y debajo de la pendiente) sean iguales, esto se logra haciendo que las áreas por debajo del perfil y por debajo de la pendiente sean las mismas (Figura 3).

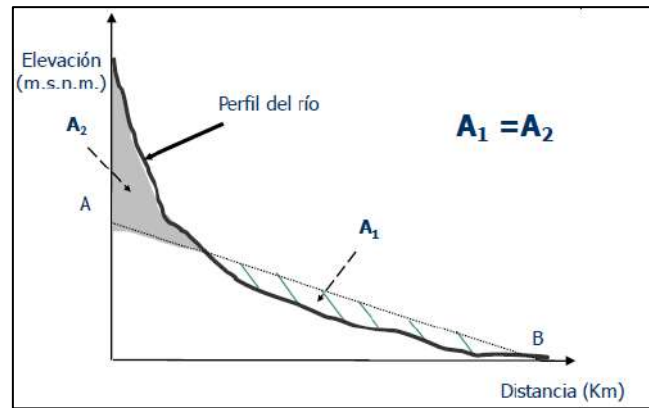


Figura 3. Representación de método de áreas compensadas

Fuente: Hidrología Udep (2019)

1.1.10. Pendiente de la cuenca

Resulta importante evaluar la pendiente de las cuencas de estudio, ya que, a mayor pendiente, menor tiempo de concentración de las aguas en la red de drenaje y afluentes del curso principal.

1.1.10.1. Criterio de Mociornita Este criterio presenta un perfil medio de las cuencas. Se hará uso de la siguiente formula:

$$S_g = \frac{A_v}{A_H} = \frac{D \sum L_i f_i}{A} \quad (9)$$

Donde se tiene "A" y "Li" como datos y se considera "f" 0.5 en la menor y mayor curva y 1 en las demás.

1.1.10.2. Criterio del rectángulo equivalente Se hará uso de la siguiente formula:

$$S_g = \frac{H}{Le} \quad (10)$$

Donde:

H es el desnivel total.

Le es el lado mayor del rectángulo equivalente.

Para el cálculo realizado en la Ecuación 10 se tiene como dato "Le".

1.1.11. Curvas características

Estas curvas muestran gráficamente la variación de la elevación de la cuenca.

1.1.11.1. Distribución altimétrica de la cuenca La curva hipsométrica es la relación existente entre una determinada cota y el porcentaje de área que se encuentra por encima o debajo de dicha cota. Proporciona una idea de cómo es el perfil longitudinal de una cuenca (Figura 4).

El grafico de barras de área – elevación permite estudiar las tendencias a mayor o menor saturación superficial en diferentes partes de la cuenca.

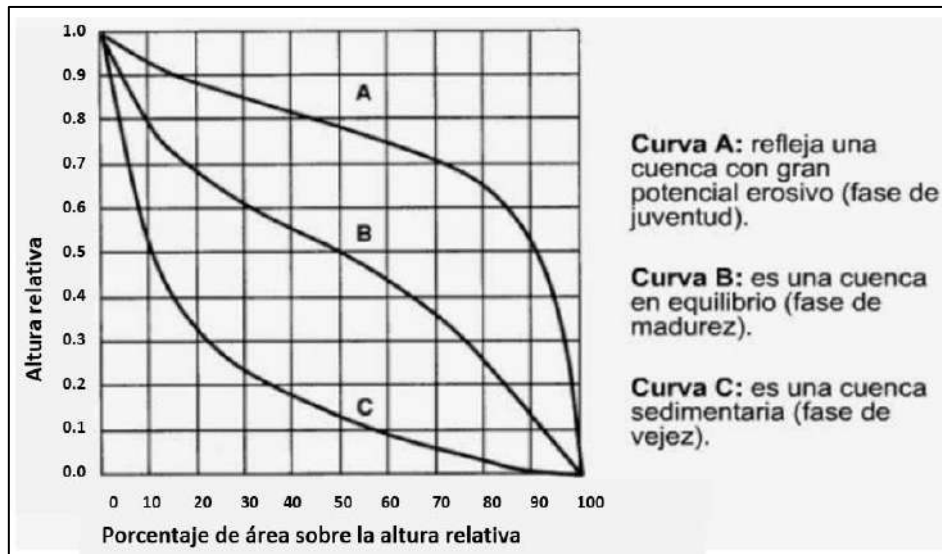


Figura 4. Tipos de curvas

Fuente: Hidrología Udep (2019)

1.1.11.2. Densidad de drenaje. Considera la longitud de todos los cauces de la cuenca respecto del área de esta. La clasificación se presenta en la Tabla 4, además, este parámetro se obtiene según la siguiente relación:

$$Dd = \frac{\sum L}{A} \quad (11)$$

Tabla 4. Clasificación de la red de drenaje de las cuencas

Clasificación de la red de drenaje			
Rangos (km/km ²)	Clases	Rangos (km/km ²)	Clases
Fuentes Junco (2004)		Delgadillo y Páez (2008)	
0,1-1,8	Baja	<1	Baja
1,9-3,6	Moderada	1-2	Moderada
3,7-5,6	Alta	2-3	Alta
		>3	Muy alta

Fuente. Recuperado de Fuentes Junco (2004) y Delgadillo y Páez (2008)

1.2. Determinación del caudal máximo

Uno de los métodos para obtener el caudal generado en las cuencas al no contar con caudales medidos o registros pluviográficos es el “Modelo P-Q”, es decir, el modelo lluvia caudal.

1.2.1. **Obtención y proceso de datos hidrológicos**

En los apartados siguientes se muestran las definiciones tanto de las estaciones de monitoreo como de los parámetros necesarios para el ajuste.

1.2.1.1. Estaciones hidrológicas. Las estaciones de medición son capaces de monitorear parámetros ambientales. Según Ochoa (2011) existen diferentes tipos:

- Estaciones Climáticas: Miden valores de precipitación, velocidad del viento, humedad, temperatura, radiación solar, evaporación, etc.
- Estaciones pluviográficas: Por medio de un pluviógrafo genera una carta pluviográfica que muestran el registro continuo de la precipitación acumulada en milímetros.
- Estaciones pluviométricas: Por medio de un pluviómetro se muestran el valor total de precipitación en milímetros, no produce un registro acumulativo.
- Estaciones limnigráficas: Registra de manera continua las variaciones del nivel de superficie de agua de una determinada zona de un curso de agua, produciendo indirectamente la variación del caudal
- Estaciones limnimétricas: Registran el nivel de superficie de agua de una determinada zona de un curso de agua, produciendo indirectamente el caudal.

1.2.1.2. Precipitación Máxima diaria. Valor de precipitación máxima medida en el transcurso de un año en milímetros.

1.2.1.3. Precipitación Máxima en 24 horas. Según lo recomendado por la *World Meteorological Organization* (1994), se debe de realizar el ajuste de la precipitación máximas diarias, para corregir sesgos de subestimación de mediciones tomadas en intervalos fijos cada 24 horas (Ver Ecuación 12).

Se utiliza en los modelos lluvia-caudal con el fin de producir el valor de un caudal, siendo conocidos los datos de precipitación máxima en 24 horas y las características de la cuenca.

$$p_{max}^{24h} = 1.1p_{max}^{diaria} \quad (12)$$

1.2.1.4. Intensidad Máxima en 24 horas Intensidad Máxima en 24 horas se obtiene de dividir la Precipitación Máxima en 24 horas entre 24 horas.

$$i_{max}^{24h} = \frac{p_{max}^{24h}}{24h} \quad (13)$$

1.2.1.5. Ajuste de los datos a la función de distribución de probabilidad Para la determinación de caudales máximos en diferentes periodos de retorno es necesario ajustar los datos de precipitación máxima diaria, esto debido a que existe una carencia de información pluviográfica.

Con el programa HidroEsta es posible ajustar los datos de precipitación a una función de probabilidad, teniéndose las siguientes distribuciones:

- Distribución normal.
- Distribución log normal.
- Distribución log normal II.
- Distribución log normal III.
- Distribución Pearson tipo III.
- Distribución log Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel.

Para la variable precipitación la distribución log normal II presentará un buen ajuste, ya que, según Valleumbrosco (2014), esta distribución es muy usada para el cálculo de valores como caudales y precipitaciones máximas y mínimas. Tiene como ventaja la tendencia a reducir la asimetría positiva, ya que, al sacar logaritmos, se reducen en mayor proporción los datos mayores que los menores, aun así, es necesario aplicar la prueba de bondad de ajuste para conocer si el modelo es o no aceptado. El programa HidroEsta presenta este análisis.

1.2.2. Obtención del hietograma

Se presentará conceptos como curvas IDF, necesarias para obtener el hietograma de diseño, y los dos métodos de análisis para obtener el caudal.

1.2.2.1. Curvas IDF Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (Figura 5), son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978).

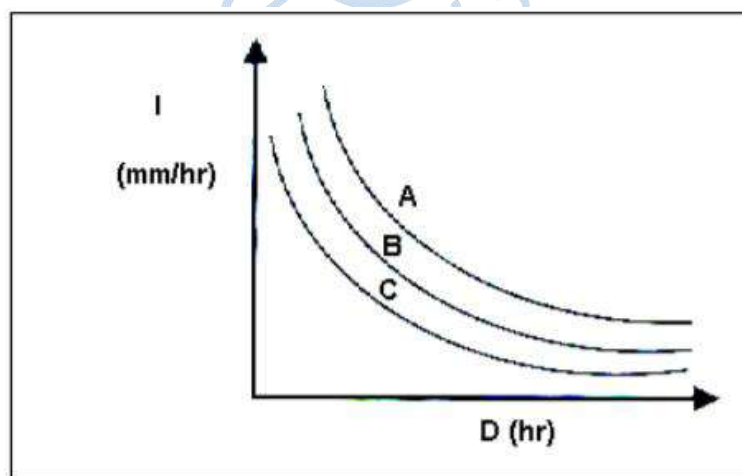


Figura 5 .Curvas IDF

Fuente: Témez (1978)

Para la construcción de las curvas IDF se aplican los coeficientes de la Tabla 5 a los valores de intensidad máxima en 24 horas, siendo posible estimar las intensidades máximas en diferentes duraciones de tiempo para los periodos de retorno evaluados.

Tabla 5. Coeficiente de duración

Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas																	
Duración, en horas																	
0.17	0.25	0.5	1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
24.6	17.08	9.55	5.76	3.72	3.04	2.64	2.40	2.24	1.95	1.75	1.58	1.42	1.31	1.21	1.13	1.06	1.00

Fuente. Recuperado de Hidrología Udep (2019)

1.2.2.2. Métodos de análisis A continuación, se presentan los dos métodos que permiten la obtención del caudal. Se usará uno u otro según el área de la cuenca.

- Método Racional:

Aplicable a cuencas pequeñas, de área menor a 13 km².

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un coeficiente de escorrentía constante estimado sobre la base de las características de la cuenca.

- Método Hidrograma unitario:

Aplicable a cuencas con área mayor a 13 km².

Representa la evolución a lo largo del tiempo del flujo de agua por unidad de escorrentía, aplica el concepto de lluvia efectiva.

El hidrograma unitario es el método lineal propuesto por Sherman en 1932, como un hidrograma típico para la cuenca. Se denomina unitario puesto que, el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm o 1 pulg. El hidrograma unitario se puede considerar como un impulso unitario en un sistema lineal. Por lo tanto, es aplicable el principio de superposición; 2 cm de escorrentía producirán un hidrograma con todas las ordenadas dos veces más grandes que aquellas del hidrograma unitario, es decir, la suma de dos hidrogramas unitarios (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2018).

La distribución temporal de la tormenta se puede obtener en base a las curvas IDF, y posteriormente aplicar el Método del Bloque Alternó.

1.2.2.3. Tiempo de concentración Es el tiempo que le toma a una gota de agua desplazarse desde el punto hidráulicamente más alto hasta la salida de la cuenca.

A continuación, se presenta la fórmula más usada:

$$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H} \right)^{0.385} \quad (14)$$

Donde:

L es la longitud del curso de agua más largo

H es la diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida.

1.2.2.4. Hietograma de diseño: Método del Bloque Alterno Es una forma sencilla de obtener el hietograma de diseño haciendo uso de la curva IDF. Especifica la profundidad de precipitación en “n” intervalos de tiempo sucesivos de duración “ Δt ”, sobre una duración total de $T_d = n \cdot \Delta t$, por lo que, para cada periodo diseño (ver Figura 6):

- Se lee la intensidad en el gráfico IDF para cada una de las duraciones Δt , $2 \Delta t$, $3 \Delta t$ y así sucesivamente.
- Precipitaciones acumuladas: $P_j = i_j \cdot j \Delta t$
- Desacumulando, se tiene la precipitación en cada intervalo, estos valores se irán acomodando alternadamente alrededor del valor mayor.

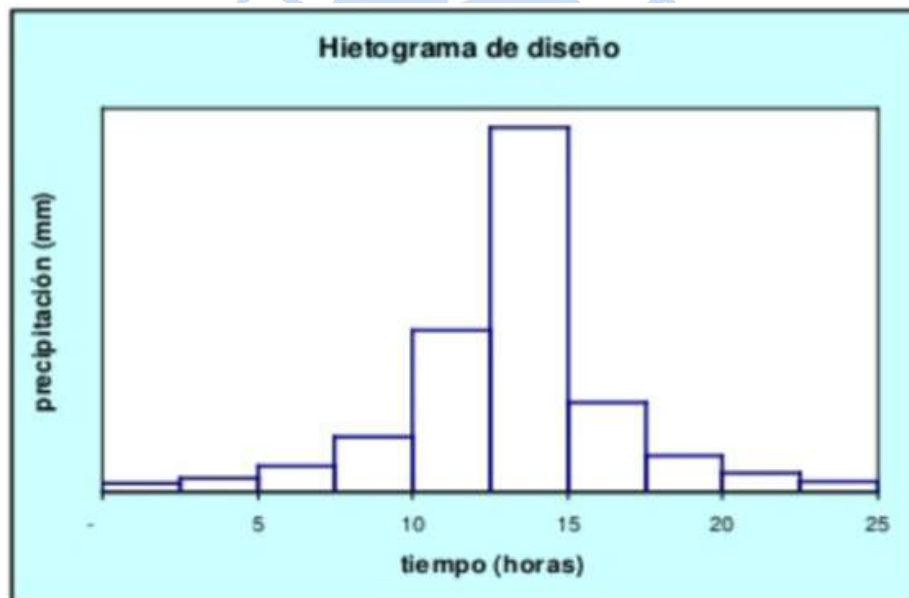


Figura 6. Ejemplo de Hietograma de diseño

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2018)

1.2.2.5. Lluvia Efectiva. Esguerrimiento directo e inmediato que produce una lluvia sobre una determinada cuenca y resulta igual a la lluvia total menos las pérdidas de agua.

Para el uso del modelo lluvia caudal, es necesario convertir la lluvia original en lluvia efectiva, para ello se deben descontar las pérdidas o abstracciones

Las abstracciones son el agua de las lluvias absorbida por infiltración con algo de intercepción y almacenamiento superficial.

A continuación, se comenta sobre el método SCS para abstracciones:

- **Método SCS para abstracciones**

Desarrollado por Soil Conservation Service (1972) para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta.

Variables involucradas (ver Figura 7):

I_a : Abstracciones iniciales antes del encharcamiento

F_a : Abstracción posterior

P_e : Lluvia efectiva

Donde P_e es siempre menor o igual a la profundidad de precipitación “ P ”; así mismo, una vez iniciada la escurrentía, la profundidad adicional del agua retenida en la cuenca F_a es menor o igual a alguna retención potencial máxima “ S ”. Existe una cierta cantidad de precipitación I_a para la cual no ocurrirá escurrentía, siendo la escurrentía potencial la diferencia entre P e I_a .

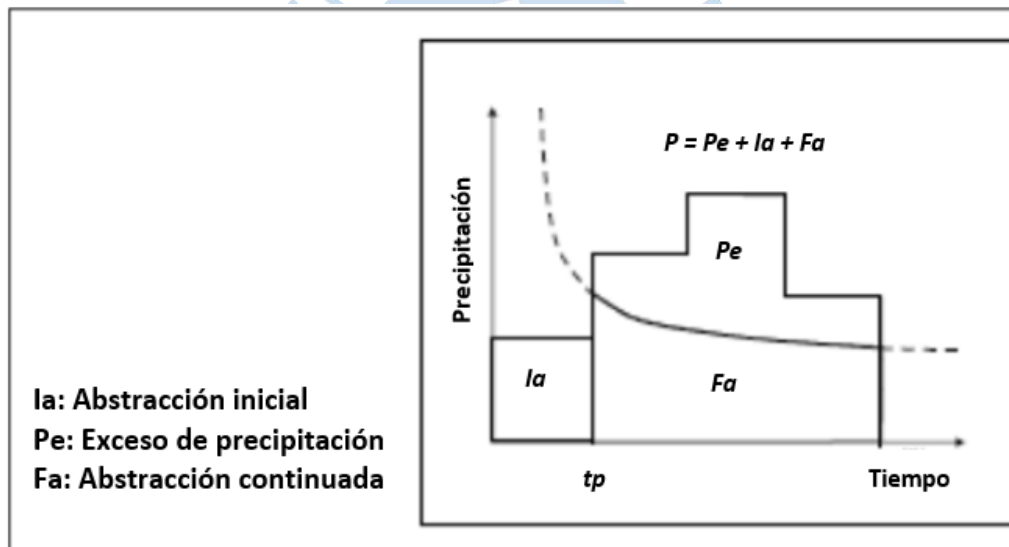


Figura 7 . Variables del método

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2018)

Se tiene entonces del principio de continuidad:

$$P = P_e + I_a + F_a \quad (15)$$

Según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje del Ministerio de transportes y comunicaciones al estudiar resultados para cuencas experimentales se tiene:

$$I_a = 0.2 S \quad (16)$$

Además, la hipótesis del método se basa en que las relaciones de las dos cantidades potenciales y las dos cantidades reales son iguales:

$$\frac{F_a}{S} = \frac{P_e}{P-I_a} \quad (17)$$

Se obtiene entonces dos ecuaciones para el cálculo de la profundidad de exceso de precipitación directa en una tormenta:

$$P_e = \frac{(P-I_a)^2}{P-I_a+S} \quad (18)$$

$$P_e = \frac{(P-0.2 S)^2}{P+0.8 S} \quad (19)$$

Para aplicar este método es necesario determinar el valor del CN, que es el número de curva de escorrentía, adimensional, se encuentra en tablas, en función de AMC, según el área en estudio. Posteriormente se corre el modelo hasta lograr coincidencias entre el hidrograma calculado con el real observado en el campo.

Como alternativa, tomando el valor de S en pulgadas, CN puede estimarse así:

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (20)$$

Los números de curvas se aplican para condiciones antecedentes de humedad normales (AMC II), para condiciones secas (AMC I) o condiciones húmedas (AMC III), (ver Tabla 6). Los números de curva equivalentes pueden calcularse por:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10-0.058CN(II)} \quad (21)$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10+0.13CN(II)} \quad (22)$$

Tabla 6. Clasificación de AMC para diferentes condiciones

Grupo AMC	Condición
I	Seca
II	Normal
III	Húmeda → diseño

Fuente. Recuperado de Hidrología Udep (2019)

Según el tipo de suelo y el uso de la tierra se definen cuatro grupos hidrológicos del suelo:

- Grupo A: Arena profunda, suelos profundos depositados por el viento, limos agregados.
- Grupo B: Suelos pocos profundos depositados por el viento, marga arenosa.
- Grupo C: Margas arcillosas, margas arenosas poco profundas, suelos con bajo contenido orgánico y suelos con altos contenidos de arcilla.

- Grupo D: Suelos que se expanden significativamente cuando se mojan, arcillas altamente plásticas y ciertos suelos salinos.

Los valores de CN se muestran en la Tabla 7. Calcular un CN compuesto si la cuenca presenta diferentes tipos de suelos y usos de la tierra.

Tabla 7. Números de curva de escorrentía para usos selectos de tierra agrícola, suburbana y urbana (condiciones antecedentes de humedad II, $I_a = 0.25$)

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada ¹ : sin tratamientos de conservación con tratamiento de conservación	72 62	81 71	88 78	91 81
Pastizales: condiciones pobres condiciones óptimas	68 39	79 61	86 74	89 80
Vegas de ríos: condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas, cubierta buena ²	45 25	66 55	77 70	83 77
Área abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc. óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o más condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50 al 75%	39 49	61 69	74 79	80 84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)	89	92	94	95
Distritos Industriales /72% impermeables)	81	88	91	93
Residencial ³ :				
Tamaño promedio del lote Porcentaje promedio impermeable ⁴				
1/8 acre o menos 65	77	85	90	92
1/4 acre 38	61	75	83	87
1/3 acre 30	57	72	81	86
1/2 acre 25	54	70	80	85
1 acre 20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc. ⁵	98	98	98	98
Calles y carreteras:				
Pavimentados con cunetas y alcantarillados ⁵	98	98	98	98
Grava	76	85	89	91
Tierra	72	82	87	89

Fuente. Recuperado de Ministerio de transportes y comunicaciones (2018)

1.2.3. Estimación de caudales

De ser el área de la cuenca menor a 13 km², se aplicaría el método racional. La obtención del caudal resulta del producto del coeficiente de escorrentía, la intensidad y el área de la cuenca.

$$Q = \frac{C_i A}{360} \quad (23)$$

Donde:

Q es el caudal de diseño en m³/s.

C es el coeficiente de escorrentía.

i es la intensidad de la lluvia de diseño en mm/h.

A es el área de la cuenca en Ha.

En caso la cuenca presente áreas mayores a 13 km²:

De existir suficiente cantidad de datos de aforo, se lleva a cabo un análisis estadístico de los caudales máximos instantáneos anuales para la estación más cercana a la zona de estudio. Se calculan los caudales para los períodos de retorno de interés usando la distribución de probabilidad que mejor se ajusta, ver ítem 2.1.5.

En caso no se cuente con datos de aforo, se hará uso de los valores de precipitación en la cuenca en estudio como datos de entrada que producen un caudal “Q”. Al darse las precipitaciones, la cuenca se humedece progresivamente, se infiltra una parte en el subsuelo y posteriormente, el flujo se convierte en flujo superficial. La metodología por aplicar es el hidrograma unitario.

Un hidrograma muestra la representación gráfica de la variación en el tiempo de variables como el caudal (Ochoa, 2011).

1.2.3.1. Hidrograma Unitario El hidrograma unitario (HU), fue propuesto por Sherman en 1932 como un hidrograma típico para la cuenca, es la respuesta a una precipitación efectiva de volumen unitario, ocurrida en un intervalo “Dt”. De allí que el volumen de escorrentía bajo el hidrograma se ajusta generalmente a 1 cm (o 1 pulg). Es decir, es el hidrograma de 1 cm (o 1”) de escorrentía directa de una tormenta con una duración especificada.

En general, no debe ser usado para cuencas con área mayor a 5000 Km², esto debido a la heterogeneidad espacial que presentan las cuencas mayores, donde debe pasarse a modelos distribuidos o semidistribuidos (Yong, 2019).

- **Hidrograma sintético triangular del SCS**

Hidrograma donde el tiempo es expresado en horas y el caudal en m³/s.cm (Figura 8).

El volumen generado por la separación de la lluvia en neta y las abstracciones es propagado a través del río mediante el uso del hidrograma unitario.

Se ha demostrado que:

$$tp = 0,6tc \quad (24)$$

Donde:

tp es el tiempo de retardo en horas (entre el centroide del hietograma y el pico de caudal).

tc es el tiempo de concentración de la cuenca.

El tiempo de ocurrencia del pico, Tp , puede ser expresado como:

$$T_p = \frac{D}{2} + t_p \quad (25)$$

Donde:

D es la duración de la lluvia (h).

El tiempo de recesión, t_r :

$$t_r = 1.67 T_p \quad (26)$$

Como el área bajo el HU debe ser igual a una escorrentía de 1 cm, queda demostrado:

$$q_p = \frac{2.08 A}{T_p} \quad (27)$$

Donde:

A es el área de drenaje en km^2

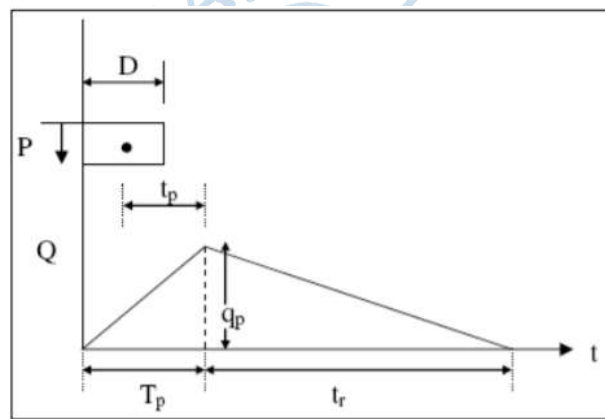


Figura 8 . Hidrograma Unitario Triangular del SCS

Fuente: Ministerio de transportes y comunicaciones (2018)

1.2.3.2. Convolución. Con el hidrograma unitario y con la lluvia de diseño, se halla el hidrograma de diseño; para lo cual se realiza el proceso de convolución:

$$Q(t) = Pe(t) \times HU(t) \quad (28)$$

Donde:

Pe es la precipitación efectiva en mm.

HU es el hidrograma unitario.

La precipitación efectiva está representada por el hietograma efectivo, el hidrograma unitario representa el pulso de caudal por unidad de tiempo que produce cada mm de precipitación efectiva. Correlacionando estas dos variables es posible calcular el caudal para la precipitación en evaluación

Dicha convolución es la una suma de multiplicaciones desfasadas en el tiempo

Capítulo 2

Zona de estudio

2.1. Zona de estudio: comunidad campesina Cujaca

El presente estudio, se va a realizar en la zona sobre la que se asienta la comunidad campesina Cujaca, debido a la gran importancia de la conservación y uso sostenible del agua a nivel de las cuencas hidrográficas, teniéndose como finalidad el cálculo de caudales de diseño para diferentes periodos de retorno.

Cujaca es una comunidad campesina ubicada en el distrito de Ayabaca, provincia de Ayabaca, departamento de Piura (Figura 9). Cuenta con una población censada de 1 233 y con 336 viviendas particulares según INEI - III Censo de Comunidades Indígenas 2017: III Censo de Comunidades Nativas y I Censo de Comunidades Campesinas.

El Ministerio del Ambiente con la finalidad de conservar las especies del bosque seco interandino (Puentecilla) y bosque nublado (Nogal) de la Comunidad Campesina de Cujaca, emitió la Resolución Ministerial Nº 134-2015-Minam, mediante la cual se reconocen dos áreas de conservación, el Área de Conservación Privada (ACP) Bosque de Nogal y Bosque de Puentecilla, de treinta y dos hectáreas con siete mil ochocientos metros cuadrados (32.78 ha) y cuatrocientos dieciséis hectáreas con cuatro mil ochocientos metros cuadrados (416.48 ha) respectivamente. Contribuyendo a mantener la biodiversidad existente y los recursos que estos bosques proveen para el beneficio de la población. Ambas áreas de conservación tienen en total una extensión de 449,26 hectáreas, y ofrecen diversos servicios como captación y filtración de agua, protección de la biodiversidad, retención del suelo y refugio de fauna silvestre.

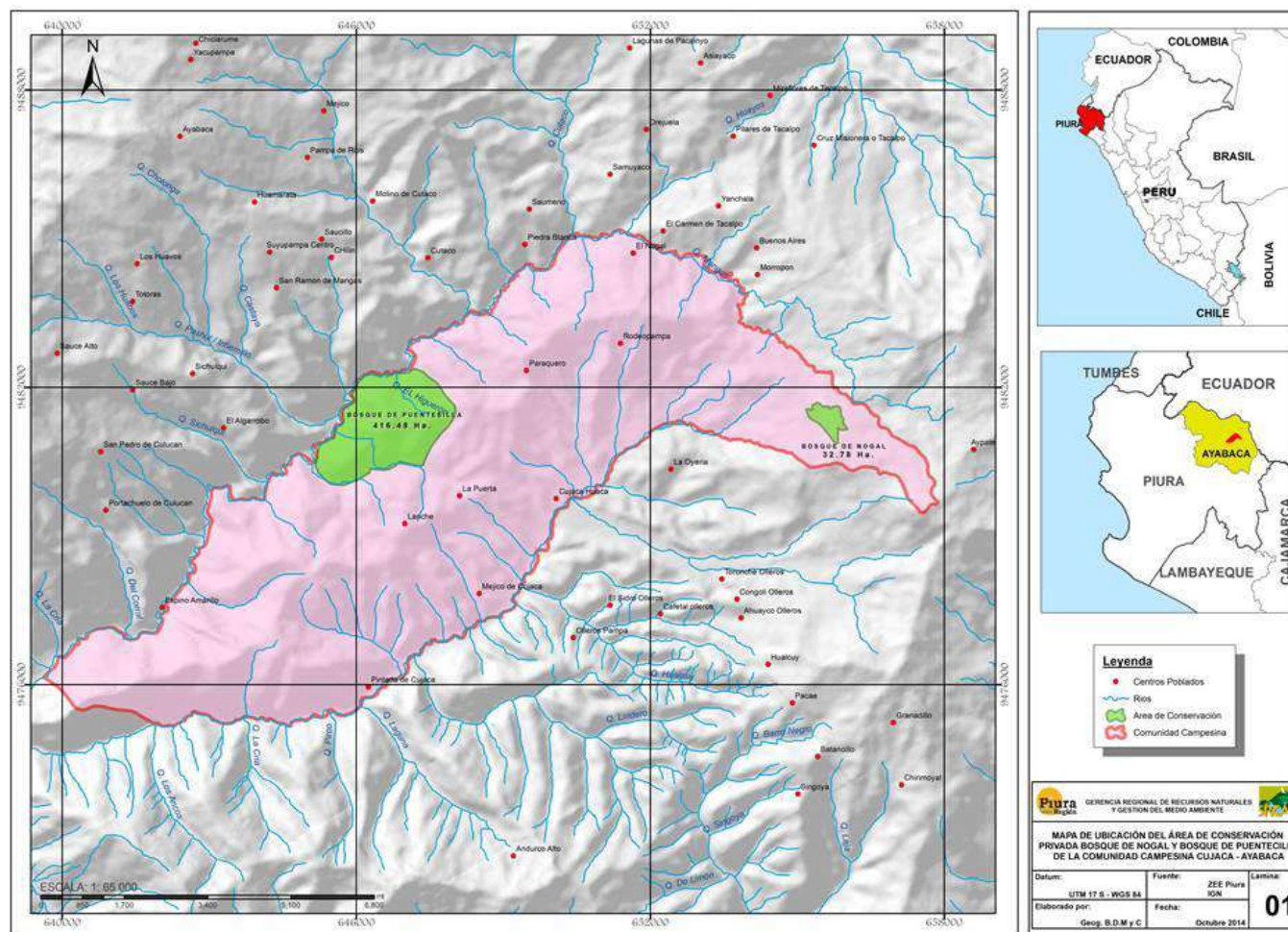


Figura 9. Mapa de Ubicación de Comunidad Campesina de Cujaca.

Fuente: ZEE Piura IGN

2.2. Ubicación de la comunidad campesina Cujaca

Se ubica en el Departamento de Piura, Provincia de Ayabaca, en el distrito de Ayabaca. Cartográficamente está ubicada en la zona 17 del Sistema de Proyección UTM.

Para llegar hasta el territorio de la comunidad campesina Cujaca, se inicia un recorrido por carretera asfaltada desde Piura hasta la ciudad de Paimas (pasando las ciudades de Tambogrande y las Lomas); continuando por trocha carrozable hasta la ciudad de Ayabaca (pasando por el puente Tondopa, los caserío Arreipite, Pingola, Chinchín y Chinchinpampa), en todos los cruces se toma la carretera que sigue la margen derecha hasta llegar al cruce del caserío Rodeopampa, posteriormente se encuentra la Comunidad Campesina de Cujaca.

Durante la época de lluvias el camino resulta de difícil acceso para camionetas llegándose hasta el cruce Cafetal, continuándose a partir de este punto mediante caminata por el lado derecho de la carretera, hasta llegar al Sector Olleros Cafetal, pasando por Olleros Pampa para finalmente llegar al Sector Méjico de la comunidad campesina Cujaca. El recorrido toma 9 h y 25 min.

2.3. Valores ambientales

Según Baca (2014), la comunidad campesina de Cujaca posee una diversidad de hábitats, los cuales sirven de alimentación y reproducción de especies con importancia ecológica y comercial; además esta zona posee servicios como:

- Captación y filtración de agua.
- Protección de la biodiversidad.
- Retención del suelo.
- Refugio de fauna silvestre.
- Belleza escénica.

En esta zona se encuentran dos ecosistemas:

- Bosque Seco:

También llamado bosque xerófilo o selva seca. Caracterizado por la alternancia de estaciones lluviosas y épocas secas prolongadas, con duración de varios meses. Se encuentran en zonas tropicales y subtropicales de climas secos (Arriols, 2020).

Características:

- Densa vegetación arbolada.
- Clima cálido gran parte del año (25 - 30 °C).
- Largas temporadas sin lluvias.
- Predominancia de árboles caducifolios.
- Variedad de vida silvestre.
- Árboles con corteza gruesa y rugosa, con profundas raíces.
- Sensibilidad a quema excesiva, deforestación y el sobrepastoreo.

- Bosque de neblina:

También llamado bosque nuboso. Es un bosque húmedo de montaña subtropical o tropical caracterizado por la alta densidad de niebla en su superficie, normalmente sobre el dosel forestal. Se encuentran en zonas montañosas intertropicales (Arriols, 2020).

Características:

- Altos niveles de precipitación, humedad, neblina, nieblas.
- Elevadas temperaturas durante todo el año.
- Densa comunidad de árboles.
- Plantas de origen templado y tropical, predominando la flora tropical.
- Árboles con raíces más superficiales, más cortas y pesadas.
- Altamente vulnerable a los cambios climáticos regionales.
- Alta biodiversidad.
- Elevada cantidad de endemismos.

Estos bosques presentes en la Comunidad Campesina de Cujaca son productores de agua, de recursos genéticos, recreación turística; además de presentar flora y fauna endémicas y muchas de ellas en estado de protección, resultando importante su conservación. Esta área es adecuada para promover la educación ambiental y el cuidado por la naturaleza tanto a nivel local como regional e internacional.

2.4. Condiciones socioeconómicas

La población de la comunidad de estudio tiene como actividades económicas principales la agricultura y la ganadería. Estas actividades mantienen una economía de subsistencia.

Las actividades realizadas pertenecen al ámbito agropecuario y agroindustrial, y son las formas principales de seguridad alimentaria, cuya producción se destina fundamentalmente al autoconsumo y un porcentaje menor a la comercialización, es decir al mercado local.

Se recurre también a los recursos del bosque para satisfacer las necesidades de combustible como es la leña, así como para producir ingresos económicos adicionales con la venta de madera.

La situación de la Comunidad Campesina Cujaca es de pobreza, ya que, según FONCODES (1999), la provincia de Ayabaca es principalmente rural, con signos de pobreza que están por encima del 90% de su población total, por lo que el área de estudio y sus alrededores están clasificados como "Población muy pobre".

2.5. Problemas

Según la Municipalidad provincial de Ayabaca (2012), se tiene como principal problemática el incremento en la degradación de los recursos de los bosques de la comunidad campesina de estudio.

Teniéndose como causas:

Causas Directas:

- Uso irracional de los recursos forestales.
- Baja conciencia ambiental.
- Deficiente vigilancia de los recursos del bosque.
- Tala indiscriminada.

Causas Secundarias:

- Escaso conocimiento en manejo de bosque.
- Escasa sensibilización ambiental de la población.
- Comités de vigilancia no organizados.
- Escasa difusión de normas.

Debido a esto, se podrían generar consecuencias que afectarían a los pobladores de Cujaca, como son:

- Agudizar problemas de escasez de agua.
- Erosión de suelos.
- Disminución de la infiltración del agua de lluvia en el subsuelo.
- Pérdida de la cobertura vegetal.
- Pérdida de suelos y de su fertilidad.
- Variación de microclimas.
- Deterioro del ecosistema.

Dándose lugar al deterioro del medio ambiente en la comunidad campesina de estudio.

2.6. Razón de estudio

La fuente principal de abastecimiento de agua la conforman las nacientes ubicadas en la parte alta de la comunidad, y esta producción de agua se destina al abastecimiento de familias y a las actividades económicas principales realizadas en la zona, las cuales son la agricultura y la ganadería. Las fuentes productoras abastecen también a los caseríos asentados en la microcuenca Olleros, ubicada al límite sur de la comunidad campesina Cujaca. Debido a esto, el suministro de agua no puede ser interrumpido, resultando necesaria una correcta regulación del agua, dándole importancia al flujo hidrológico, siendo de vital

importancia la conservación y uso sostenible de los recursos agua y suelo, a nivel de las cuencas hidrográficas.

Las nacientes de los ríos en la cuenca alta son afectadas por, malas prácticas de deforestación, sobre pastoreo, e inadecuadas técnicas de uso del recurso hídrico en el ámbito agrícola como durante el riego, lo cual tiene efectos negativos directos en los volúmenes del caudal registrados en diferentes períodos de tiempo, pudiendo verse reducidas las escorrentías superficiales.

A raíz de todo lo explicado anteriormente se ha propuesto el estudio de la zona en base a cuencas, con la finalidad de caracterizarlas y obtener caudales de diseño que posibiliten la construcción de obras hidráulicas para el beneficio de esta zona.

2.7. Cuencas delimitadas

A continuación, se presenta la delimitación de las cuencas en la zona de estudio:

Delimitación de automatizada de la cuenca en Arcgis y Autocad

Se hizo uso de la Carta Nacional de escala 1/100 000, del Instituto Geográfico Nacional – IGN en formato shp:

Código: 10 - d

Nombre: Ayabaca

Zona: 17 WGS84

Datum: Zona 17

En la Figura 10 se muestra la ubicación de la carta seleccionada.

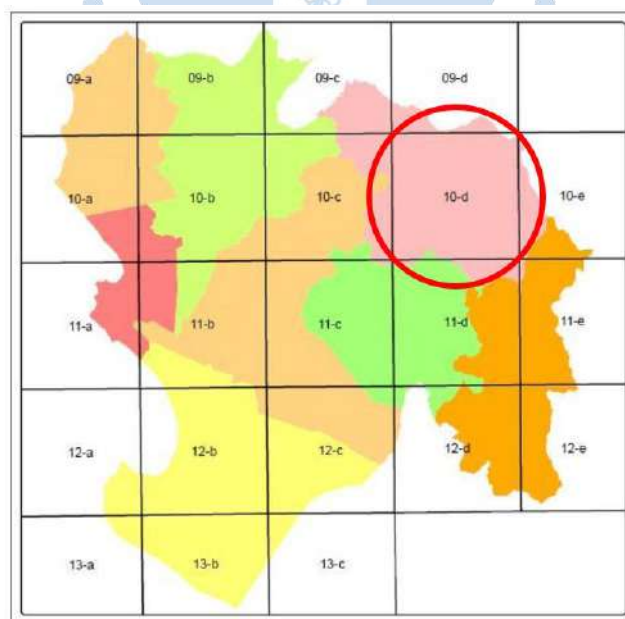


Figura 10 .Cartas nacionales que cubren la región de Piura

Fuente: Baca, D (2014)

Haciéndose uso del programa Arcgis, se ha delimitado de manera automatizada las cuencas presentes en la zona sobre la que se asienta la comunidad campesina Cujaca. La topografía de la zona en cuestión ha dado lugar a la generación de dos cuencas, debido a que gran parte de los límites de la comunidad se ven definidos por los cauces principales de estas.

A continuación, en la Figura 11 se detalla la ubicación de dichas cuencas.

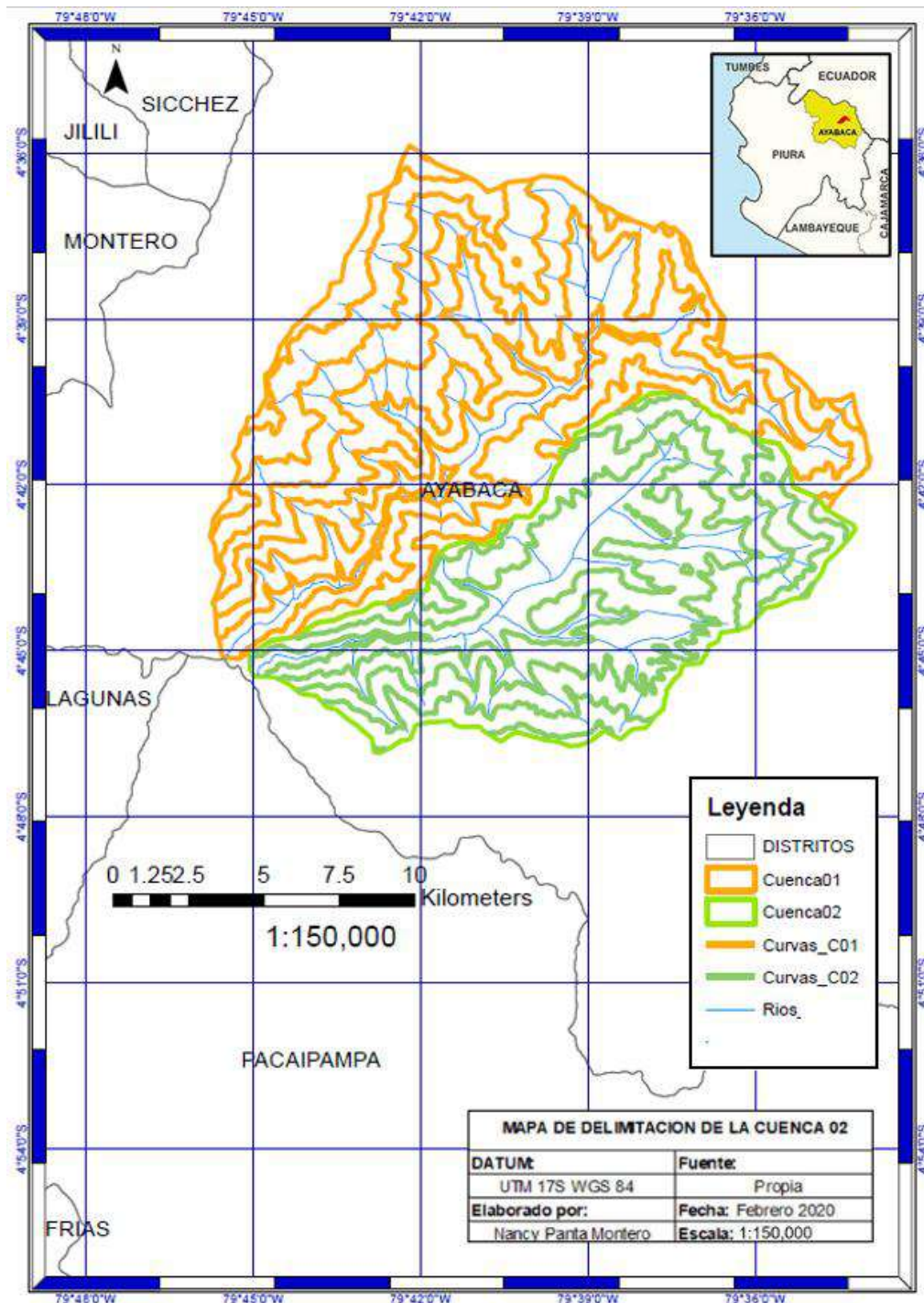


Figura 11. Mapa de ubicación de cuencas delimitadas

Fuente: Elaboración propia

2.8. Características geomorfológicas

En los siguientes apartados se procederá con el cálculo de los parámetros mencionados en el ítem 1.1.

2.8.1. Área y perímetro

Del programa ARCGIS se obtuvieron los siguientes datos (Tabla 8):

Tabla 8. Área y Perímetro de cuencas delimitadas

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Area	km2	173.66	119.25
Perímetro	km	70.57	52.89

Fuente. Elaboración propia

Según la Tabla 8. ambas cuencas pueden ser clasificadas como cuenca pequeña. Se tiene como características:

- Según Campos (1984): “La cantidad y distribución del escurrimiento son influenciadas principalmente de las condiciones físicas del suelo y cobertura, sobre las cuales el hombre tiene algún control”.
- Según Ven Te Chow (1994): “Es sensible a lluvias de alta intensidad y corta duración y en la cual predominan las características físicas del suelo con respecto a las del cauce principal”.

2.8.2. Curvas representativas

Según la Ecuación 1 se obtiene los datos de esta curva, que se muestran en la Tabla 9:

Tabla 9. Cálculo de “D”

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Cota máxima	msnm	3000	2900
Cota mínima	msnm	1000	1000
D	m	333.3	316.7
D Adoptado	m	300	300

Fuente. Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos, el valor de D adoptado ha sido seleccionado debido a que para ambas cuencas se obtienen valores próximos a 300 m. Así mismo, las curvas han sido seleccionadas teniéndose en cuenta que estén presentes en ambas cuencas, ya que se pretende realizar un análisis conjunto de estas, por lo que las curvas seleccionadas son: 1200, 1500, 1800, 2100, 2400, 2700.

2.8.3. Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius

Teniéndose como dato el área y el perímetro, y según la Ecuación 2 se adjunta los resultados obtenidos (Tabla 10):

Tabla 10. Cálculo de " K_c "

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Area	km ²	173.66	119.25
Perimetro	km	70.57	52.89
Kc		1.511	1.366

Fuente. Elaboración propia

Al resultar en ambas cuencas un valor mayor a 1.00 las cuencas serán irregulares y alargadas. Según la Tabla 2, la Cuenca 01 clasifica una cuenca oval oblonga a rectangular oblonga, y la Cuenca 02 como oval redonda a oval oblonga.

Esto significa que la posibilidad de que se generen crecidas es más elevada en la Cuenca 02 que en la Cuenca 01, presentando esta última menos peligrosidad de producir grandes avenidas debido a que es irregular, es decir, asimétrica. Sin embargo, ambas presentan susceptibilidad a inundaciones, ya que, para reducir esta susceptibilidad el valor de K_c debería ser mayor a 1.75, lo que no se observa en ninguna de las cuencas analizadas.

2.8.4. Índice de forma

Se adjunta en la Tabla 11 los resultados obtenidos:

Tabla 11. Cálculo de " F ".

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Area	km ²	123.21	119.25
Longitud	Km	30.48	21.92
B	Km	4.04	5.44
F		0.13	0.25

Fuente. Elaboración propia.

Según la Tabla 11, la Cuenca 02 tiene mayores posibilidades de ser cubierta por una tormenta que la Cuenca 01. Si la forma de las cuencas se aproximara a la forma circular el valor de F se acercaría a 1, sin embargo, al ser cuencas más alargadas, presentan un valor de F menor. En las cuencas alargadas, las descargas no son de gran volumen, esto debido a que el cauce de agua principal tiene una longitud mayor a las longitudes de los cauces secundarios.

2.8.5. Rectángulo equivalente

A continuación, se muestra en la Tabla 12 los datos de áreas entre curvas para las dos cuencas en análisis:

Tabla 12. Áreas comprendidas entre curvas de nivel

	Cuenca 01	Cuenca 02
Curvas	Área (Km2)	Área (Km2)
1000 - 1200	5.345	2.265
1200 - 1500	21.47	27.54
1500 - 1800	48.43	42.73
1800 - 2100	41.95	26.93
2100 - 2400	28.15	14.93
2400 - 2700	21.04	4.236
2700 - 3000	7.264	0.622
Total	173.7	119.3

Fuente. Elaboración propia

Haciendo uso de la Ecuación 5 y Ecuación 6, los datos obtenidos se muestran en la Tabla 13.

Tabla 13. Cálculo de “ L_e ”, “ l_e ”

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Área	Km2	173.7	119.3
Perímetro	Km	70.57	52.89
L_e	Km	29.37	20.68
l_e	Km	5.913	5.767

Fuente. Elaboración propia

2.8.6. Longitudes parciales del rectángulo equivalente

A continuación, según la Ecuación 8, se muestra los datos obtenidos en el cálculo de L_i en la Tabla 14, así como la distribución final del rectángulo equivalente Figura 12 y Figura 13, para cada cuenca.

Tabla 14. Cálculo de “ L_i ”

	Cuenca 01		Cuenca 02	
Curvas	Área (Km2)	L_i (Km)	Área (Km2)	L_i (Km)
1000 - 1200	5.345	0.904	2.265	0.927
1200 - 1500	21.47	3.632	27.54	4.775
1500 - 1800	48.43	8.191	42.73	7.409
1800 - 2100	41.95	7.096	26.93	4.669
2100 - 2400	28.15	4.761	14.93	2.590
2400 - 2700	21.04	3.558	4.236	0.734
2700 - 3000	7.264	1.228	0.622	0.108
Total	173.7	29.37	119.3	21.21

Fuente. Elaboración propia

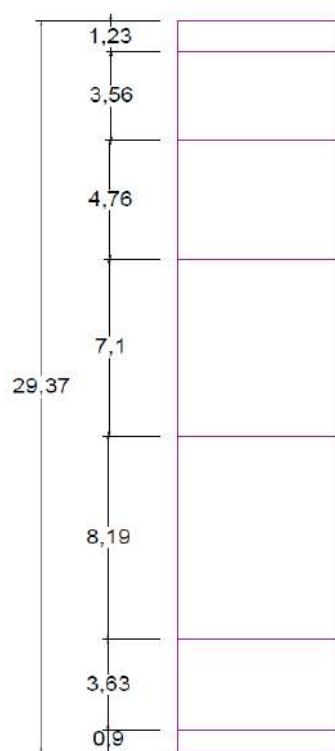


Figura 12. Rectángulo equivalente de Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

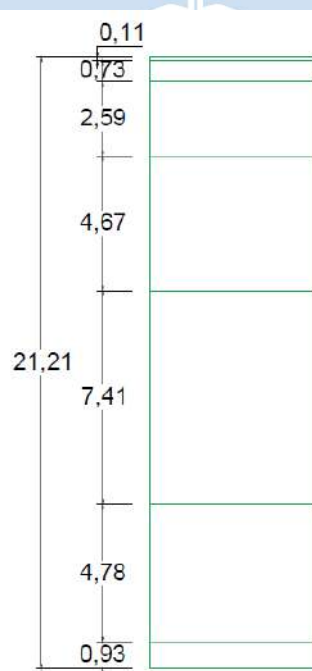


Figura 13. Rectángulo equivalente de Cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

2.8.7. Pendiente del cauce

A continuación, se presentan los cálculos referentes a la pendiente del cauce, siendo estos: perfil longitudinal, método de un solo tramo y método de áreas compensadas.

2.8.7.1. Perfil longitudinal Para el trazo del perfil longitudinal se adjuntan en la Tabla 15, las progresivas del curso de agua donde las curvas representativas cortan al cauce, así como sus cotas respectivas para cada cuenca.

Tabla 15. Progresivas y cotas de las cuencas en análisis

Cuenca 01		Cuenca 02	
Progresiva	Cota	Progresiva	Cota
km	msnm	km	msnm
0	1000	0	1000
11.9	1200	6.56	1200
22.0	1500	17.1	1500
26.4	1800	20.1	1800
28.7	2100	21.0	2100
30.3	2400	21.8	2400
30.5	2700	21.9	2700

Fuente. Elaboración propia

A continuación, se adjuntan los perfiles longitudinales (Figura 14 y 15):

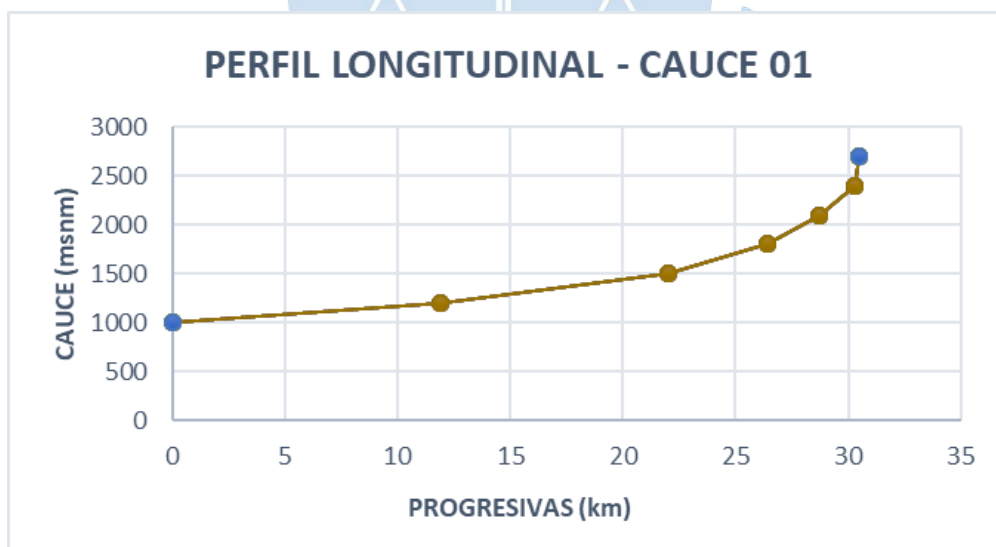


Figura 14. Perfil longitudinal del cauce perteneciente a la Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

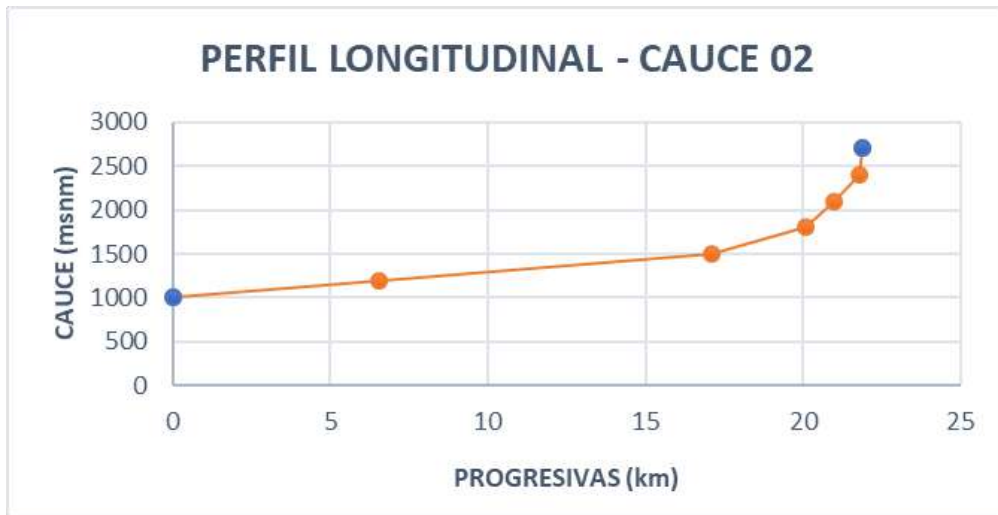


Figura 15. Perfil longitudinal del cauce perteneciente a la Cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

Se aprecia que en ambos perfiles longitudinales se tienen pendientes crecientes, por lo que el relieve es empinado en la parte derecha del tramo, el agua discurre de derecha a izquierda.

2.8.7.2. Método de un solo tramo Para el cálculo se ha hecho uso de la Ecuación 8. Cabe resaltar que la longitud del cauce de agua para la Cuenca 01 es de 30.48 km y para la Cuenca 02 es de 21.92 km, sin embargo, para efectos de análisis estos valores han sido redondeados.

En la Tabla 16 y en las Figuras 16 y 17 se muestran los resultados.

Tabla 16. Cálculo de la pendiente con método de un solo tramo

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Cota máxima	msnm	2700	2700
Cota mínima	msnm	1000	1000
Desnivel	m	1700	1700
Longitud	m	30500	21900
Pendiente		5.6%	7.8%

Fuente. Elaboración propia

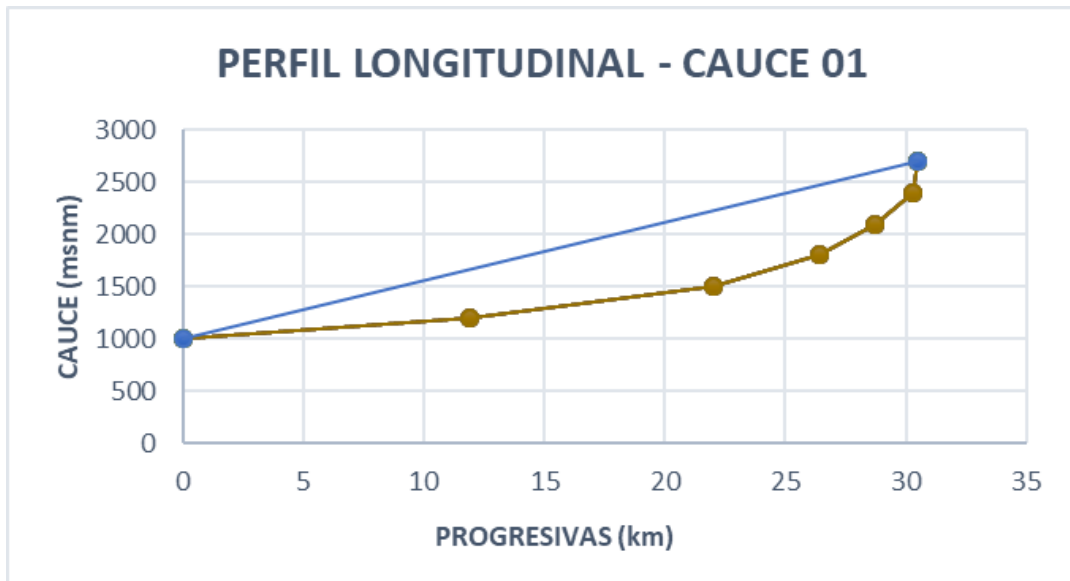


Figura 16. Perfil longitudinal del cauce perteneciente a la Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

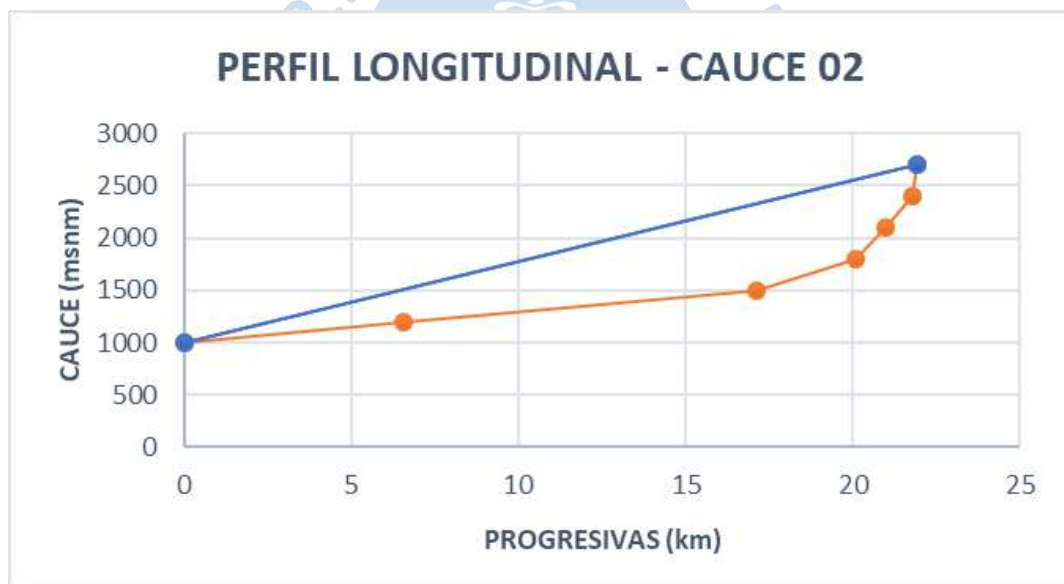


Figura 17. Perfil longitudinal de cauce con pendiente trazada, Cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

Con el método de “Un solo tramo” se obtuvo (según Tabla 03):

Cuenca 01: Pendiente de **5.6%** lo que corresponde a un **relieve suave**.

Cuenca 02: Pendiente de **7.8%** lo que corresponde a un **relieve mediano**.

La pendiente influye directamente sobre el drenaje, infiltración, diseño de cauces, velocidad del escurrimiento superficial, humedad presente en el suelo y la contribución del agua subterránea al cauce de agua, y por ello influencia en las crecidas y proceso erosivo de las cuencas.

En las cuencas en análisis, las velocidades de escorrentía superficial serán bajas, por lo que su respuesta ante precipitaciones será con poca rapidez, y las crecidas podrían durar un tiempo considerable.

2.8.7.3. Método de áreas compensadas Los cálculos a continuación se han realizado según lo explicado en el ítem 1.1.9.3. Los resultados se presentan en la Tabla 17 y Figura 18 para la Cuenca 01 y Tabla 18 y Figura 19 para la Cuenca 02.

Tabla 17. Cálculo de la pendiente con método de áreas compensadas, Cuenca 01

Cauce - Cuenca 01						
Progresiva km	Cota msnm	h1	h2	h media	DL	A parcial
0	1000	0.0				
11.9	1200	0.0	200.0	100.0	11.9	1190.0
22.0	1500	200.0	500.0	350.0	10.1	3535.0
26.4	1800	500.0	800.0	650.0	4.4	2860.0
28.7	2100	800.0	1100.0	950.0	2.3	2185.0
30.3	2400	1100.0	1400.0	1250.0	1.6	2000.0
30.5	2700	1400.0	1700.0	1550.0	0.2	310.0
Area						12080.0
Base						30.5
$h=2A/b$						792.1
Pendiente						2.6%

Fuente. Elaboración propia.

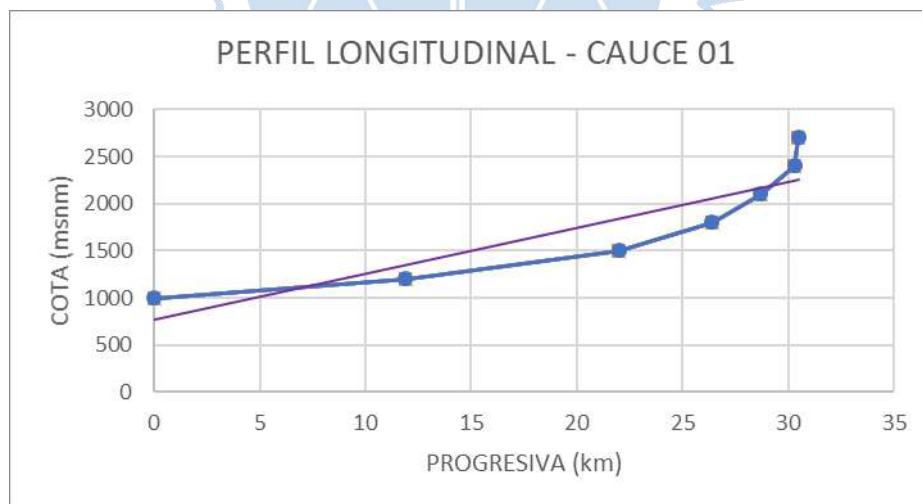


Figura 18. Perfil longitudinal de cauce con pendiente trazada. Método de áreas compensadas, Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

La altura está medida a partir de la cota 1000 m.s.n.m., entonces la línea que representa la pendiente está a $1000 + 792.1 = 1792.1$ m.s.n.m. Por lo que la pendiente será: $h/L = 2.6\%$, lo que corresponde a un relieve plano (Tabla 03).

Tabla 18. Cálculo de la pendiente con método de áreas compensadas, Cuenca 02

Cauce - Cuenca 02						
Progresiva	Cota	h1	h2	h media	DL	A parcial
km	msnm					
0	1000	0.0				
6.56	1200	0.0	200.0	100.0	6.6	656.0
17.1	1500	200.0	500.0	350.0	10.5	3689.0
20.1	1800	500.0	800.0	650.0	3.0	1950.0
21.0	2100	800.0	1100.0	950.0	0.9	855.0
21.8	2400	1100.0	1400.0	1250.0	0.8	1000.0
21.9	2700	1400.0	1700.0	1550.0	0.1	155.0
Area						8305.0
Base						21.9
$h=2A/b$						758.4
Pendiente						3.5%

Fuente. Elaboración propia

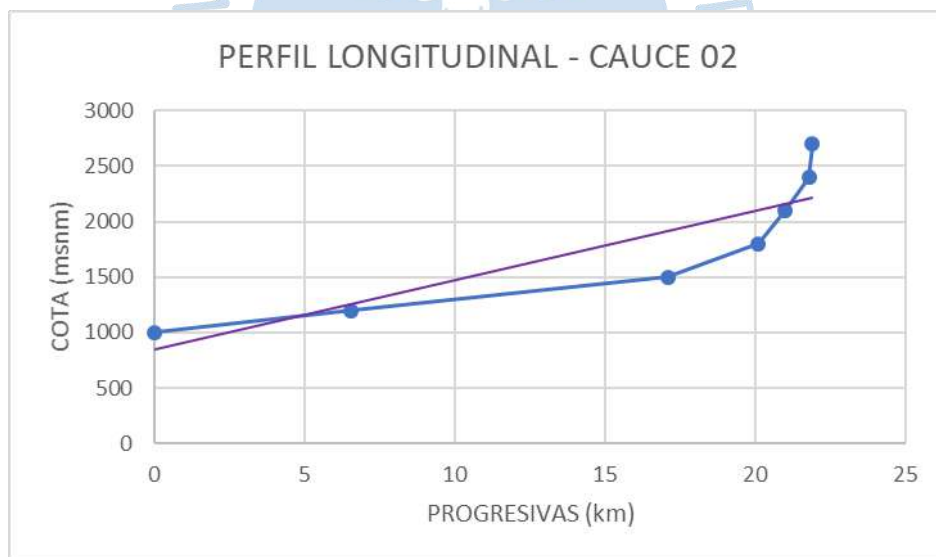


Figura 19. Perfil longitudinal de cauce con pendiente trazada. Método de áreas compensadas, Cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

La altura está medida a partir de la cota 1000 m.s.n.m., entonces la línea que representa la pendiente está a $1000 + 758.4 = 1758.4$ m.s.n.m. Por lo que la pendiente será: $h/L = 3.5\%$, lo que corresponde a un relieve suave (Tabla 03).

2.8.8. Pendiente de la cuenca

A continuación, se presentan los cálculos referentes a la pendiente de la cuenca, siendo estos: el criterio de Mociornita y del rectángulo equivalente.8

2.8.8.1. Criterio de Mociornita Según la Ecuación 9 y teniéndose en cuenta lo explicado en el ítem 1.1.10.1, en la Tabla 19 y Tabla 20 se presentan los resultados obtenidos:

Tabla 19. Cálculo de la pendiente por criterio de Mociornita, Cuenca 01

Cuenca 01			
Cota de curva	Li	Fi	LiFi
1200	28.654	0.5	14.327
1500	65.81	1	65.81
1800	91.83	1	91.83
2100	50.74	1	50.74
2400	38.00	1	38.00
2700	20.960	0.5	10.480
$\sum LiFi$			271.2
D			0.3
Area (Km2)			173.7
Sg (km/km)			0.47

Fuente. Elaboración propia

Tabla 20. Cálculo de la pendiente por criterio de Mociornita, Cuenca 02

Cuenca 02			
Cota de curva	Li	Fi	LiFi
1200	13.531	0.5	6.765
1500	71.13	1	71.13
1800	67.76	1	67.76
2100	34.81	1	34.81
2400	14.81	1	14.81
2700	3.141	0.5	1.571
$\sum LiFi$			196.8
D			0.3
Area (Km2)			119.3
Sg (km/km)			0.50

Fuente. Elaboración propia

Con el cálculo de la pendiente de la cuenca según Mociornita se obtiene una idea del relieve en estudio, ya que muestra la variación de altura de las cuencas desde el punto de salida hacia aguas arriba.

Según los cálculos realizados (Tabla 19, Tabla 20) se tiene una pendiente de 0.47 Km/Km y 0.50 Km/Km en las Cuencas 01 y 02 respectivamente.

Según este criterio, se trataría de un tipo de relieve con probabilidad de generar crecida baja, con tiempo de concentración bajo, la pendiente de la cuenca resulta importante por el efecto que tiene el agua al caer a la superficie, ya que influye en la velocidad que adquirirá esta, y la erosión que producirá en el terreno, en este caso, se trataría de cuencas con velocidades altas.

2.8.8.2. Criterio del rectángulo equivalente Cálculo realizado según la Ecuación 10 y teniéndose como dato “Le” (Tabla 13).

Tabla 21. Cálculo de la pendiente por Criterio de Rectángulo Equivalente

Parametro	Cuenca 01		Cuenca 02	
	m	Km	m	Km
Cota Mayor	3000	3	2900	2.9
Cota Menor	1200	1.2	1200	1.2
H=Desnivel	1800	1.8	1700	1.7
Le	29369.98	29.37	20678.49	20.68
Sg	0.061	6.13%	0.082	8.22%

Fuente. Elaboración propia

Según este criterio, se trataría de un tipo de relieve con probabilidad de generar crecida alta, con tiempo de concentración alto, se trataría de cuencas con velocidades de escorrentía bajas.

Se puede apreciar una incompatibilidad entre los resultados obtenidos por los dos métodos utilizados para calcular la pendiente de la cuenca, sin embargo, debido a que los otros parámetros indican que presenta poca pendiente, se puede asumir que el criterio de Mociornita arrojó valores elevados debido a la orientación de las curvas de nivel, ya que, como puede verse en la Figura 11, las cuencas presentan forma alargada y las curvas de nivel tienen grandes longitudes, y el criterio de Mociornita al trabajar con dichas longitudes arrojó valores elevados.

2.8.9. Curvas características

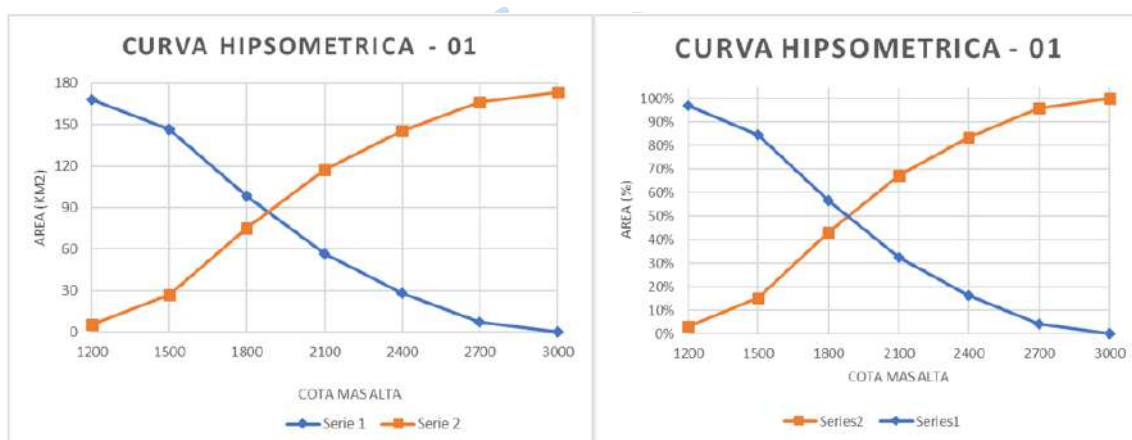
Se presenta la distribución altimétrica y la densidad de drenaje de ambas cuencas.

2.8.9.1. Distribución altimétrica de la cuenca Los resultados obtenidos según lo explicado en el ítem 1.1.11.1 se presentan en la Tabla 22 para la Cuenca 01 y Tabla 23 para la Cuenca 02. Estos resultados se representan gráficamente en la Figura 20 y Figura 21 para la Cuenca 01, y Figura 22 y Figura 23 para la Cuenca 02.

Tabla 22. Distribución altimétrica de la cuenca 01

Cuenca 01							
Cota		Áreas Parciales Km2	% del total	Áreas referidas a la cota mas alta			
Menor	Mayor			Por debajo		Por encima	
				Km2	%	Km2	%
1000	1200	5.345	3%	5.345	3%	168.31	97%
1200	1500	21.47	12%	26.818	15%	146.84	85%
1500	1800	48.43	28%	75.25	43%	98.40	57%
1800	2100	41.95	24%	117.20	67%	56.45	33%
2100	2400	28.15	16%	145.35	84%	28.301	16%
2400	2700	21.04	12%	166.39	96%	7.264	4%
2700	3000	7.264	4%	173.65	100%	0	0%
		173.65	100%				

Fuente. Elaboración propia

Figura 20. Curva hipsométrica, cuenca 01 (Área en km² y %)

Fuente: Elaboración propia

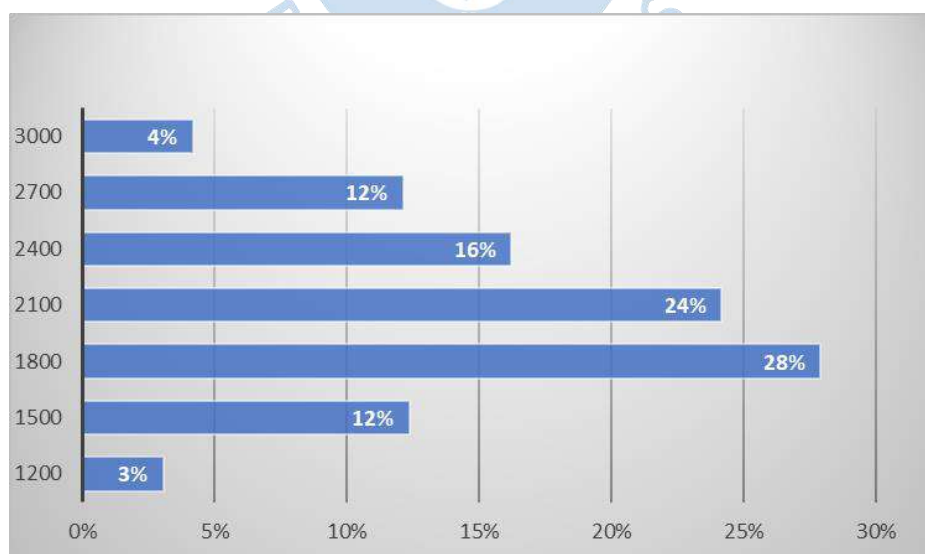


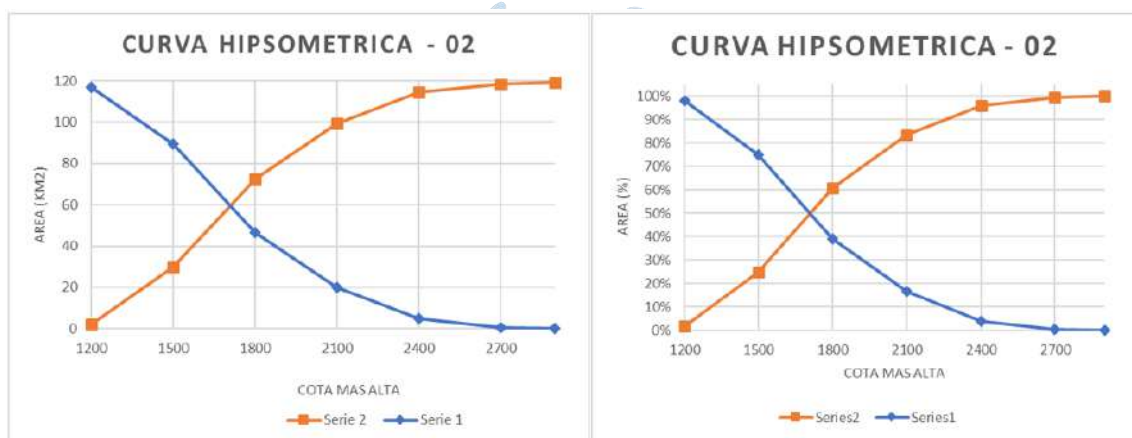
Figura 21. Porcentaje del total de área correspondiente a cada curva, Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23. Distribución altimétrica de la cuenca 02

Cuenca 02							
Cota		Áreas	% del total	Áreas referidas a la cota mas alta			
Menor	Mayor	Parciales		Por debajo		Por encima	
		Km2		Km2	%	Km2	%
1000	1200	2.265	2%	2.265	2%	116.99	98%
1200	1500	27.54	23%	29.805	25%	89.45	75%
1500	1800	42.73	36%	72.53	61%	46.72	39%
1800	2100	26.93	23%	99.46	83%	19.79	17%
2100	2400	14.93	13%	114.40	96%	4.858	4%
2400	2700	4.236	4%	118.63	99%	0.622	1%
2700	2900	0.622	1%	119.25	100%	0	0%
		119.25	100%				

Fuente. Elaboración propia

Figura 22. Curva hipsométrica, cuenca 02 (Área en km² y %)

Fuente: Elaboración propia

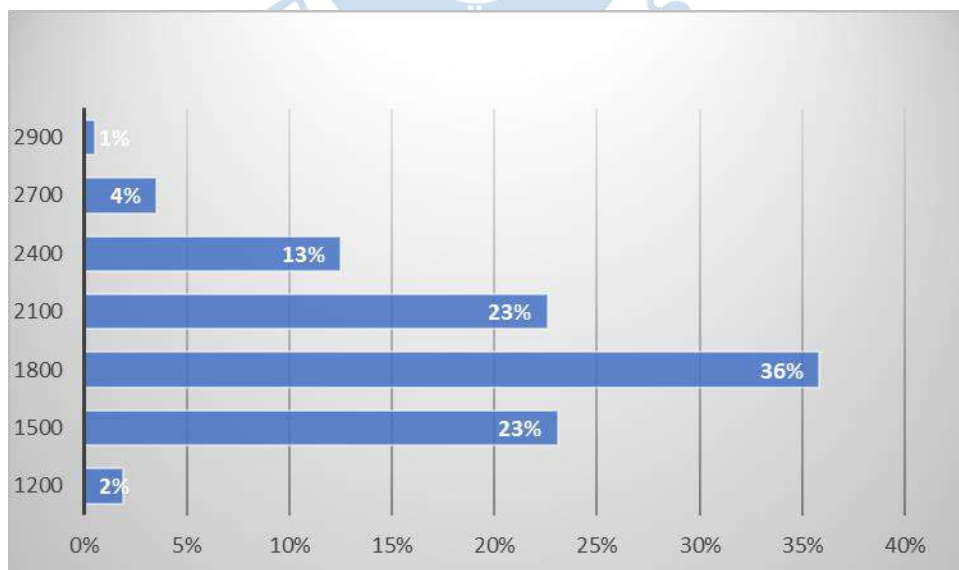


Figura 23. Porcentaje del total de área correspondiente a cada curva, cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

La curva hipsométrica muestra el porcentaje de área o superficie de la cuenca que existe por encima de una determinada cota. Según las Figuras 20 y 22, las curvas obtenidas pueden ser clasificadas según la Figura 4 como “Curva B”, es decir una cuenca en equilibrio, en fase de madurez, estable respecto a procesos erosivos y con una altitud media 1887.5 m.s.n.m. para la Cuenca 01 y 1708.33 m.s.n.m. para la Cuenca 02.

2.8.9.2. Densidad de drenaje Del programa ArcGis se obtuvo que la longitud total de los cauces es:

Cuenca 01: 123207.19 m.

Cuenca 02: 84478.30 m.

Con la Ecuación 11 se obtuvo los resultados de la Tabla 24.

Tabla 24. Cálculo de densidad de drenaje

Parametro	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Long. Total	Km	123.21	84.48
Area	Km ²	173.66	119.25
Dd	km/km ²	0.71	0.71

Fuente. Elaboración propia

Según la Tabla 4, al resultar en ambas cuencas la densidad 0.71 km/km², se trata de una densidad baja según Junco y según Delgadillo y Pérez, presentaría entonces cobertura de vegetación escasa, siendo además una cuenca permeable y con velocidades de escorrentía bajas y resistente a la erosión.

2.8.10. Resumen de características geomorfológicas

En la Tabla 25 se muestra el resumen de las características geomorfológicas obtenidas del ítem 2.8.1. al ítem 2.8.9.

Tabla 25. Resumen de características geomorfológicas

Características Geomorfológicas	Unidad	Cuenca 01	Cuenca 02
Área	Km ²	173.7	119.3
Perímetro	Km	70.57	52.89
Curvas representativas: D adoptado	m	300	300
Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius	-	1.511	1.366
Índice de forma	-	0.13	0.25
Rectángulo equivalente			
Le	km	29.37	20.68
le	km	5.913	5.767
Pendiente del cauce			
Método de un solo tramo	%	5.60%	7.80%
Método de áreas compensadas	%	2.60%	3.50%
Pendiente de la cuenca			
Criterio de Mociornita	km/km	0.47	0.5
Criterio del rectángulo equivalente	%	6.13%	8.22%
Curvas características			
Distribución altimétrica de la cuenca	-	Curva B	Curva B
Densidad de drenaje	km/km ²	0.71	0.71

Fuente. Elaboración propia

Debido a sus características geomorfológicas, ambas cuencas son susceptible a inundaciones presentando tendencia a generar bajas velocidades de escorrentía superficial, en consecuencia, la respuesta ante precipitaciones será lenta pudiéndose dar crecidas con duraciones prolongadas de tiempo. Se trataría, además, de cuencas con forma alargada, en equilibrio, en fase de madurez y con resistencia a la erosión.

2.9. Caudal máximo

A continuación, se muestran los cálculos realizados para obtener el caudal de las cuencas en estudio, se aplicará el método del Hidrograma Unitario, ya que el área es mayor a 13 km².

2.9.1. Estaciones hidrológicas

Las estaciones de medición utilizadas para la obtención de datos de precipitación fueron estaciones pluviométricas de SENAMHI, de las cuales se muestran sus datos en la Tabla 26, y su ubicación en la Figura 24.

Tabla 26. Estaciones hidrológicas

Coordenadas			Tipo de estación	Nombre de la estación
X	Y	Z		
643004.8	9487247.3	2633	Automática	Ayabaca
637750.9	9474584	997	Convencional	Sausal de Culucan

Fuente. Senamhi (2020)

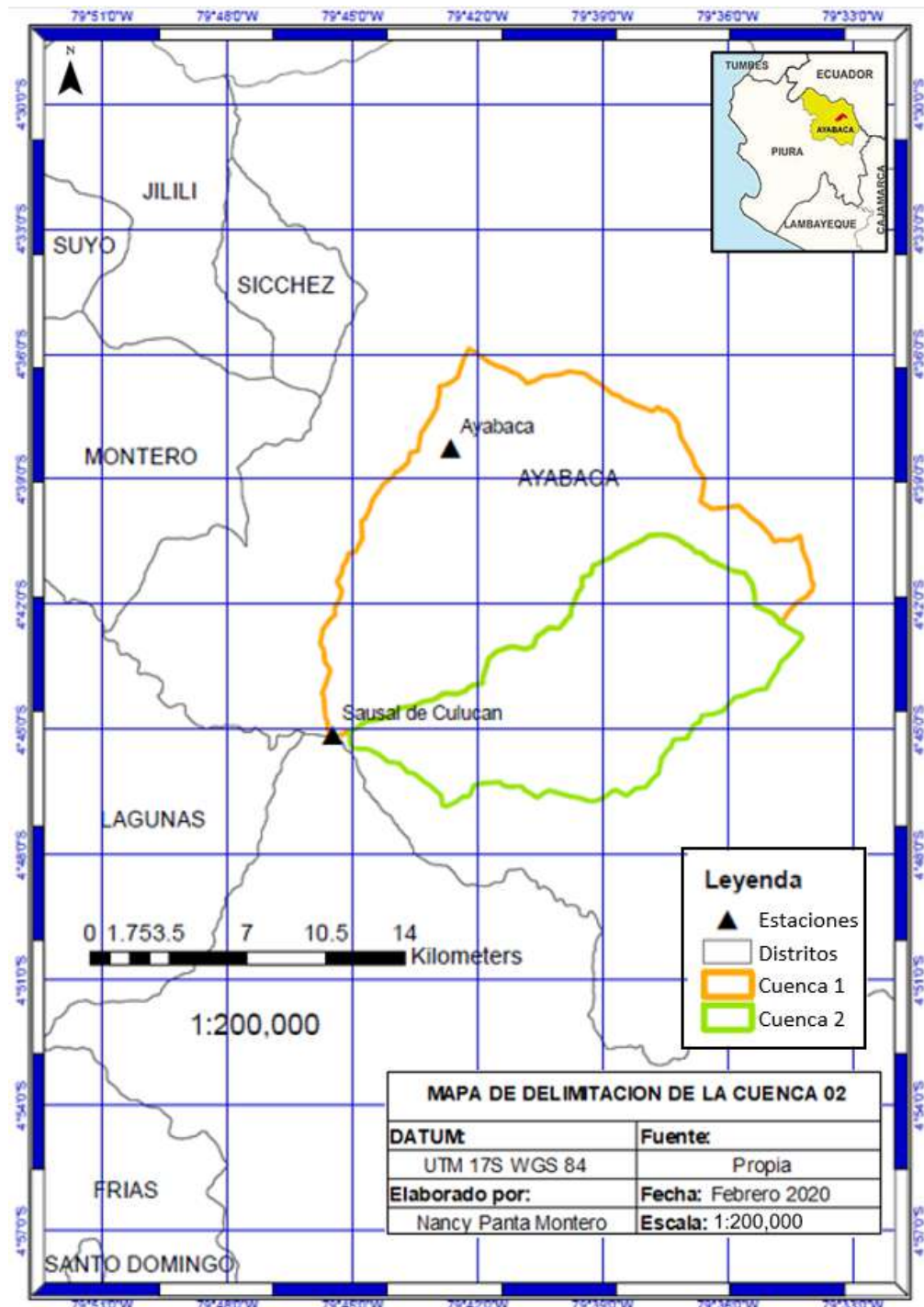


Figura 24. Mapa de ubicación de estaciones hidrológicas

Fuente: Elaboración propia

2.9.2. Precipitación máxima diaria

Al existir una carencia de información pluviográfica es necesario contar con el dato de la Precipitación Máxima Diaria el cual se analizará para diferentes tiempos de retorno.

Este dato fue obtenido de las estaciones utilizadas para el análisis, ver Tabla 26.

En la Tabla 27 se presentan los datos obtenidos:

Tabla 27. Precipitación máxima diaria

	Ayabaca	Sausal de Culucan		Ayabaca	Sausal de Culucan
Año	P max diaria	P max diaria	Año	P max diaria	P max diaria
1963	45.0	-	1992	57.6	-
1964	42.0	-	1993	-	-
1965	-	21.9	1994	-	-
1966	53.5	20.1	1995	44.7	30.6
1967	40.0	26.5	1996	76.0	25.7
1968	33.5	15	1997	64.0	24.5
1969	68.4	22.9	1998	67.5	34.6
1970	58.8	44.4	1999	124.3	34.4
1971	68.8	36.6	2000	56.9	39.2
1972	62.4	-	2001	71	22.3
1973	71.1	-	2002	76.5	35.1
1974	45.5	14.6	2003	72	14.7
1975	60.2	31.2	2004	58.5	21.3
1976		20	2005	53.1	25.2
1977	48.7	18.4	2006	62.1	38.9
1978	46.0	29.4	2007	64.2	31.5
1979	-	21.4	2008	59.6	28.8
1980	65.3	23.5	2009	67.3	39.4
1981	74.3	25.5	2010	72.8	
1982	56.1	24.5	2011	90.7	33.1
1983	78.1	-	2012	59.2	34.4
1984	59.8	20.5	2013	61.5	30.6
1985	34.5	29.8	2014	61.3	-
1986	42.4	19.2	2015	47	-
1987	55.2	20.5	2016	55.0	26.7
1988	62.6	23.9	2017	60.0	39
1989	76.3	26.7	2018	63.5	22.3
1990	45.9	35.6	2019	72.1	19.6

Fuente: Senamhi (2020)

Se observa en la Tabla 27 que para algunos años no se cuenta con información, por lo que el cálculo de los caudales máximos para los diferentes periodos de retorno se realizará con los datos de precipitación con los que se cuenta, eliminándose aquellos años para los cuales no se dispone de información en alguna de las estaciones (Tabla 29) y completando los datos faltantes (Tabla 30).

Para completar los datos faltantes se realizó una correlación entre las dos estaciones utilizadas para el análisis (Figura 25):

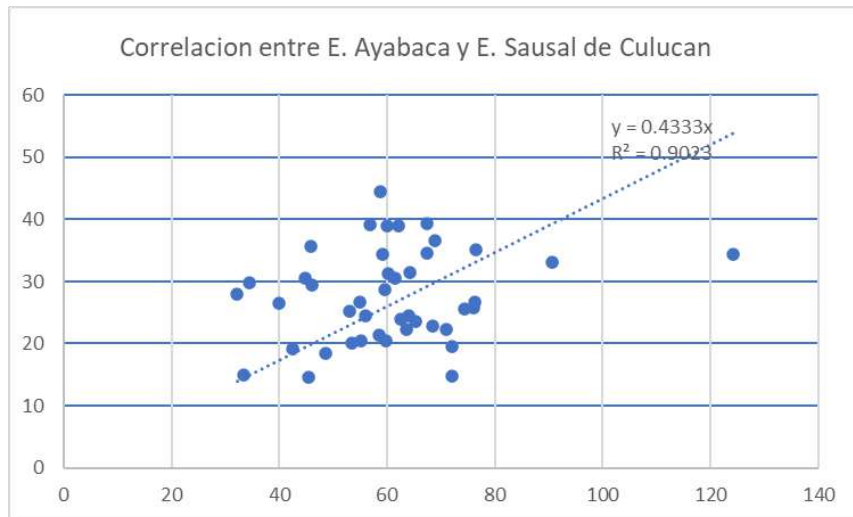


Figura 25 . Grafica de correlación entre estaciones

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28 . Precipitación máxima diaria

Correlación entre estaciones	
R	0.95
Ecuación	$y = 0.4333 x$

Fuente. Elaboración propia

Se observa en la Tabla 28, que el coeficiente de correlación se acerca a la unidad, por lo cual existe correlación óptima entre las estaciones. Con la ecuación obtenida de la correlación es posible completar los datos faltantes, ver Tabla 29.

Tabla 29 . Precipitación máxima diaria, datos incompletos

	Ayabaca	Sausal de Culucan		Ayabaca	Sausal de Culucan
Año	P max diaria	P max diaria	Año	P max diaria	P max diaria
1966	53.5	20.1	1996	76	25.7
1967	40	26.5	1997	64	24.5
1968	33.5	15	1998	67.5	34.6
1969	68.4	22.9	1999	124.3	34.4
1970	58.8	44.4	2000	56.9	39.2
1971	68.8	36.6	2001	71	22.3
1974	45.5	14.6	2002	76.5	35.1
1975	60.2	31.2	2003	72	14.7
1977	48.7	18.4	2004	58.5	21.3
1978	46	29.4	2005	53.1	25.2
1980	65.3	23.5	2006	62.1	38.9
1981	74.3	25.5	2007	64.2	31.5
1982	56.1	24.5	2008	59.6	28.8
1984	59.8	20.5	2009	67.3	39.4
1985	34.5	29.8	2011	90.7	33.1
1986	42.4	19.2	2012	59.2	34.4
1987	55.2	20.5	2013	61.5	30.6
1988	62.6	23.9	2016	55	26.7
1989	76.3	26.7	2017	60	39
1990	45.9	35.6	2018	63.5	22.3
1995	44.7	30.6	2019	72.1	19.6

Fuente. Elaboración propia

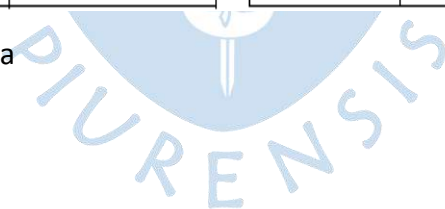


Tabla 30. Precipitación máxima diaria, datos completos

	Ayabaca	Sausal de Culucan		Ayabaca	Sausal de Culucan
Año	P max diaria	P max diaria	Año	P max diaria	P max diaria
1963	45.0	19.5	1991	72.7	31.5
1964	42.0	18.2	1992	57.6	25.0
1965	50.5	21.9	1995	44.7	30.6
1966	53.5	20.1	1996	76.0	25.7
1967	40.0	26.5	1997	64.0	24.5
1968	33.5	15.0	1998	67.5	34.6
1969	68.4	22.9	1999	124.3	34.4
1970	58.8	44.4	2000	56.9	39.2
1971	68.8	36.6	2001	71.0	22.3
1972	62.4	27.0	2002	76.5	35.1
1973	71.1	30.8	2003	72.0	14.7
1974	45.5	14.6	2004	58.5	21.3
1975	60.2	31.2	2005	53.1	25.2
1976	46.2	20.0	2006	62.1	38.9
1977	48.7	18.4	2007	64.2	31.5
1978	46.0	29.4	2008	59.6	28.8
1979	49.4	21.4	2009	67.3	39.4
1980	65.3	23.5	2010	72.8	31.5
1981	74.3	25.5	2011	90.7	33.1
1982	56.1	24.5	2012	59.2	34.4
1983	78.1	33.8	2013	61.5	30.6
1984	59.8	20.5	2014	61.3	26.6
1985	34.5	29.8	2015	47.0	20.4
1986	42.4	19.2	2016	55.0	26.7
1987	55.2	20.5	2017	60.0	39.0
1988	62.6	23.9	2018	63.5	22.3
1989	76.3	26.7	2019	72.1	19.6
1990	45.9	35.6			

Fuente. Elaboración propia

2.9.3. Ajuste a la distribución de probabilidad Log Normal II

Con el programa HidroEsta, se ajustan los datos de precipitación máxima diaria (Tabla 29 y Tabla 30) a una función de probabilidad, cabe resaltar que Gumbel queda descartada al no ajustarse correctamente al departamento de Piura (Apuntes Hidrología UDEP, 2019).

La distribución log normal II presenta un buen ajuste, en la Tabla 31 se muestran los resultados de bondad de ajuste, lo cual indica que el ajuste es correcto, al ser el delta teórico menor al delta tabular (Delta tabular = 0.1834)

Tabla 31. Valor del Delta teórico

	Ayabaca	Sausal de Culucan
Datos de precipitación incompletos	0.0721	0.0742
Datos de precipitación completos	0.0768	0.0789

Fuente. Elaboración propia

En la Tabla 32 y Tabla 33, se presentan los datos de precipitación máxima obtenidos de HidroEsta para diferentes periodos de retorno tanto de datos incompletos como completos.

Tabla 32. Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, datos incompletos

Periodo de retorno	Ayabaca	Sausal de Culucan
TR	P max diaria	
2	59.6	26.6
5	73.1	33.7
10	81.4	38.2
25	91.2	43.6
50	98.2	47.5
100	104.9	51.3
200	111.5	55.1
500	120.0	60.0

Fuente. Elaboración propia

Tabla 33. Precipitación máxima para diferentes periodos de retorno, datos completos

Periodo de retorno	Ayabaca	Sausal de Culucan
TR	P max diaria	
2	58.9	26.1
5	71.8	32.7
10	79.7	36.8
25	89.0	41.8
50	95.6	45.3
100	101.9	48.7
200	108.1	52.1
500	116.1	56.5

Fuente. Elaboración propia

En la Figura 26 se presenta un gráfico que muestra una comparación entre los valores de ambas tablas. Se aprecia que los valores presentan una misma tendencia.

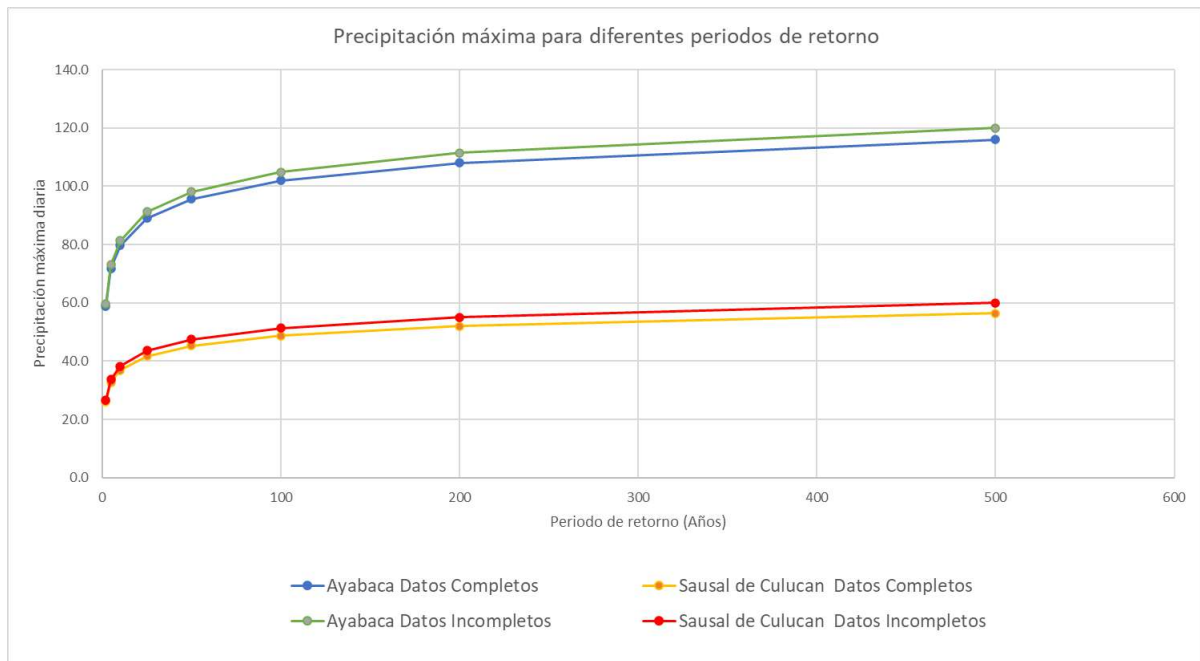


Figura 26. Grafica de correlación entre estaciones

Fuente: Elaboración propia

2.9.4. Curvas IDF

Para generar las curvas IDF, en primer lugar, se requiere obtener los valores de precipitación promedio máxima diaria en la Cuenca 01 y Cuenca 02, para esto se hará uso de los polígonos de Thiessen (Figura 27). Para aplicar la metodología de los polígonos de Thiessen se afecta los valores de precipitación máxima para diferentes periodos de retorno por el porcentaje de área de influencia de cada estación a las cuencas.

Los resultados se presentan en la Tabla 35 para los datos de precipitación sin completar datos faltantes y Tabla 36 para los datos de precipitación completando datos faltantes. En estas mismas tablas, se presentan los resultados de precipitación máxima diaria afectados por un factor de amplificación de valor igual a 1.1, obteniéndose la Precipitación Máxima en 24 horas. Con los resultados obtenidos anteriormente se ha calculado las intensidades máximas en 24 horas.

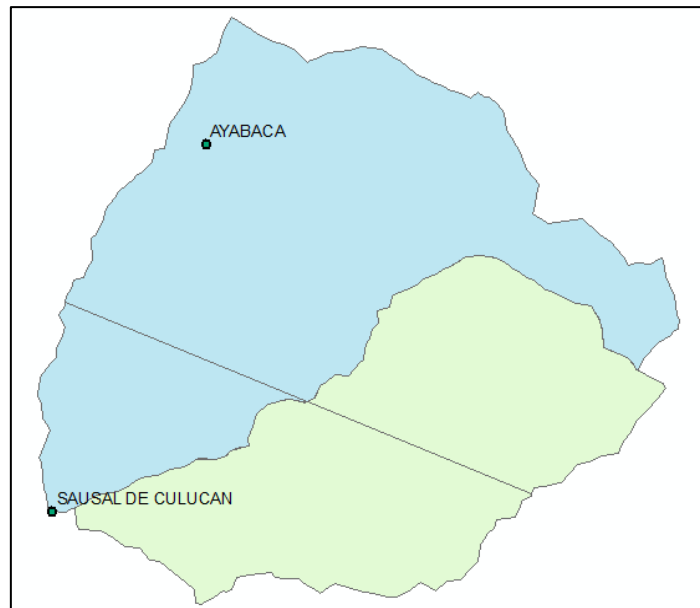


Figura 27. Polígonos de Thiessen en las cuencas en análisis

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Porcentaje de área de influencia de las estaciones respecto a las cuencas

Nombre Estación	Cuenca 01		Cuenca 02	
	Area km2	Area %	Area km2	Area %
Ayabaca	139.02	80.05%	56.78	47.62%
Sausal de culucan	34.64	19.95%	62.47	52.38%
Area total	173.66		119.25	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 35. Precipitación máxima diaria, en 24 h intensidad máxima en 24 horas en las cuencas, datos incompletos

Tr (Años)	CUENCA 1			CUENCA 2		
	P max diaria	P max 24 h	i max 24 h	P max diaria	P max 24 h	i max 24 h
2	53.0	58.3	2.4	42.3	46.5	1.9
5	65.2	71.8	3.0	52.5	57.7	2.4
10	72.8	80.0	3.3	58.8	64.6	2.7
25	81.7	89.9	3.7	66.3	72.9	3.0
50	88.1	96.9	4.0	71.6	78.8	3.3
100	94.2	103.7	4.3	76.8	84.5	3.5
200	100.2	110.3	4.6	81.9	90.1	3.8
500	108.0	118.8	5.0	88.6	97.4	4.1

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 36. Precipitación máxima diaria, en 24 h e intensidad máxima en 24 horas en las cuencas, datos completos

Tr (Años)	CUENCA 1			CUENCA 2		
	P max diaria	P max 24 h	i max 24 h	P max diaria	P max 24 h	i max 24 h
2	52.4	57.6	2.4	41.8	45.9	1.9
5	64.0	70.5	2.9	51.4	56.5	2.4
10	71.1	78.3	3.3	57.2	63.0	2.6
25	79.6	87.5	3.6	64.3	70.7	2.9
50	85.6	94.1	3.9	69.2	76.2	3.2
100	91.3	100.5	4.2	74.1	81.5	3.4
200	96.9	106.6	4.4	78.8	86.6	3.6
500	104.2	114.6	4.8	84.9	93.3	3.9

Fuente. Elaboración propia.

Se puede entonces estimar las intensidades máximas en diferentes duraciones de tiempo para los tiempos de retorno evaluados, multiplicando los valores de las Tablas 35 y 36, según lo explicado en el ítem 1.2.2.1 (Tabla 5).

Los resultados se presentan en las Tabla 37 a Tabla 40.

En la Figura 28 a Figura 31, con los valores obtenidos en las Tablas 37 a 40, se presentan las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia para los periodos de retorno analizados, resultado de unir los puntos representativos de la intensidad máxima en 24 horas en intervalos de diferente duración.

Para análisis realizado con los datos de precipitación, sin completar datos faltantes:

Tabla 37. Intensidad según duración de la precipitación, datos incompletos – Cuenca 1

Intensidades de lluvia, según Duración de precipitación - CUENCA 01									
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	1440	2.4	3.0	3.3	3.7	4.0	4.3	4.6	5.0
22 hr	1320	2.6	3.2	3.5	4.0	4.3	4.6	4.9	5.2
20 hr	1200	2.7	3.4	3.8	4.2	4.6	4.9	5.2	5.6
18 hr	1080	2.9	3.6	4.0	4.5	4.9	5.2	5.6	6.0
16 hr	960	3.2	3.9	4.4	4.9	5.3	5.7	6.0	6.5
14 hr	840	3.4	4.2	4.7	5.3	5.7	6.1	6.5	7.0
12 hr	720	3.8	4.7	5.3	5.9	6.4	6.8	7.3	7.8
10 hr	600	4.3	5.2	5.8	6.6	7.1	7.6	8.0	8.7
8 hr	480	4.7	5.8	6.5	7.3	7.9	8.4	9.0	9.7
6 hr	360	5.4	6.7	7.5	8.4	9.0	9.7	10.3	11.1
5 hr	300	5.8	7.2	8.0	9.0	9.7	10.4	11.0	11.9
4 hr	240	6.4	7.9	8.8	9.9	10.7	11.4	12.1	13.1
3 hr	180	7.4	9.1	10.1	11.4	12.3	13.1	14.0	15.1
2 hr	120	9.0	11.1	12.4	13.9	15.0	16.1	17.1	18.4
1 hr	60	14.0	17.2	19.2	21.6	23.3	24.9	26.5	28.5
0.5 hr	30	23.2	28.6	31.8	35.8	38.6	41.2	43.9	47.3
0.25 hr	15	41.5	51.1	57.0	64.0	69.0	73.8	78.5	84.6
0.17 hr	10.2	59.7	73.6	82.0	92.1	99.3	106.3	113.0	121.8

Fuente. Elaboración propia.

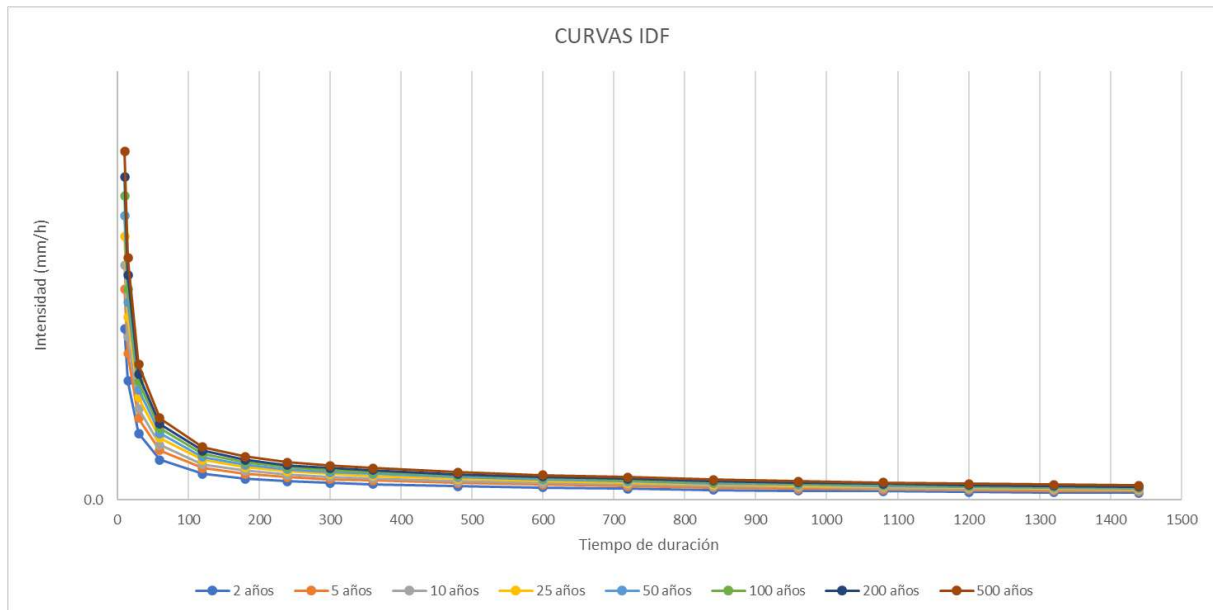


Figura 28. Curvas IDF, datos incompletos – Cuenca 01.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38. Intensidad según duración de la precipitación, datos incompletos – Cuenca 2

Intensidades de lluvia, según Duración de precipitación - CUENCA 02									
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	1440	1.9	2.4	2.7	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1
22 hr	1320	2.1	2.5	2.9	3.2	3.5	3.7	4.0	4.3
20 hr	1200	2.2	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.2	4.6
18 hr	1080	2.3	2.9	3.3	3.7	4.0	4.3	4.5	4.9
16 hr	960	2.5	3.2	3.5	4.0	4.3	4.6	4.9	5.3
14 hr	840	2.8	3.4	3.8	4.3	4.7	5.0	5.3	5.8
12 hr	720	3.1	3.8	4.3	4.8	5.2	5.6	5.9	6.4
10 hr	600	3.4	4.2	4.7	5.3	5.7	6.2	6.6	7.1
8 hr	480	3.8	4.7	5.3	5.9	6.4	6.9	7.3	7.9
6 hr	360	4.3	5.4	6.0	6.8	7.4	7.9	8.4	9.1
5 hr	300	4.7	5.8	6.5	7.3	7.9	8.5	9.0	9.7
4 hr	240	5.1	6.4	7.1	8.0	8.7	9.3	9.9	10.7
3 hr	180	5.9	7.3	8.2	9.2	10.0	10.7	11.4	12.3
2 hr	120	7.2	8.9	10.0	11.3	12.2	13.1	14.0	15.1
1 hr	60	11.2	13.9	15.5	17.5	18.9	20.3	21.6	23.4
0.5 hr	30	18.5	23.0	25.7	29.0	31.4	33.6	35.9	38.8
0.25 hr	15	33.1	41.1	46.0	51.9	56.1	60.2	64.1	69.3
0.17 hr	10.2	47.7	59.2	66.3	74.7	80.8	86.6	92.4	99.8

Fuente. Elaboración propia

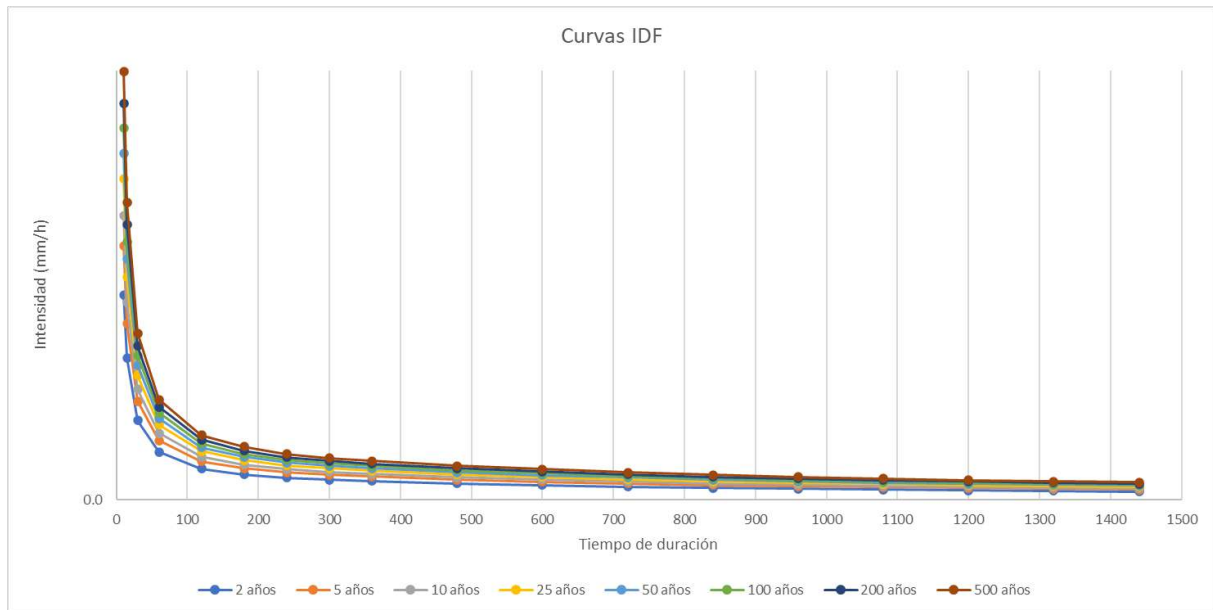


Figura 29. Curvas IDF, datos incompletos – Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

Para los análisis realizados con los datos de precipitación, completando datos faltantes:

Tabla 39. Intensidad según duración de la precipitación datos completos – Cuenca 1

Intensidades de lluvia, según Duración de precipitación - CUENCA 01									
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	1440	2.4	2.9	3.3	3.6	3.9	4.2	4.4	4.8
22 hr	1320	2.5	3.1	3.5	3.9	4.2	4.4	4.7	5.1
20 hr	1200	2.7	3.3	3.7	4.1	4.4	4.7	5.0	5.4
18 hr	1080	2.9	3.6	3.9	4.4	4.7	5.1	5.4	5.8
16 hr	960	3.1	3.8	4.3	4.8	5.1	5.5	5.8	6.3
14 hr	840	3.4	4.2	4.6	5.2	5.6	5.9	6.3	6.8
12 hr	720	3.8	4.6	5.2	5.8	6.2	6.6	7.0	7.5
10 hr	600	4.2	5.1	5.7	6.4	6.9	7.3	7.8	8.4
8 hr	480	4.7	5.7	6.4	7.1	7.6	8.2	8.7	9.3
6 hr	360	5.4	6.6	7.3	8.2	8.8	9.4	10.0	10.7
5 hr	300	5.8	7.0	7.8	8.8	9.4	10.0	10.7	11.5
4 hr	240	6.3	7.7	8.6	9.6	10.4	11.1	11.7	12.6
3 hr	180	7.3	8.9	9.9	11.1	11.9	12.7	13.5	14.5
2 hr	120	8.9	10.9	12.1	13.6	14.6	15.6	16.5	17.8
1 hr	60	13.8	16.9	18.8	21.0	22.6	24.1	25.6	27.5
0.5 hr	30	22.9	28.0	31.1	34.8	37.5	40.0	42.4	45.6
0.25 hr	15	41.0	50.1	55.7	62.3	67.0	71.5	75.9	81.6
0.17 hr	10.2	59.1	72.2	80.2	89.7	96.5	103.0	109.3	117.5

Fuente. Elaboración propia

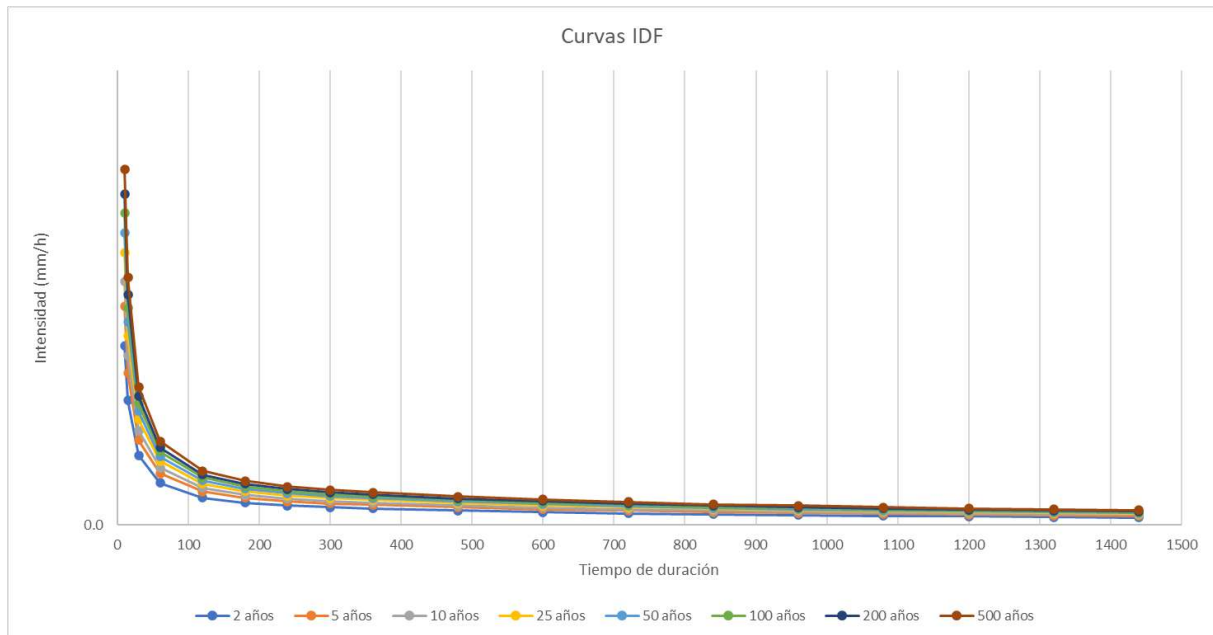


Figura 30. Curvas IDF, datos completos – Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Intensidad según duración de la precipitación, datos completos – Cuenca 2

Intensidades de lluvia, según Duración de precipitación - CUENCA 02									
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno							
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	200 años	500 años
24 hr	1440	1.9	2.4	2.6	2.9	3.2	3.4	3.6	3.9
22 hr	1320	2.0	2.5	2.8	3.1	3.4	3.6	3.8	4.1
20 hr	1200	2.2	2.7	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4
18 hr	1080	2.3	2.8	3.2	3.6	3.8	4.1	4.4	4.7
16 hr	960	2.5	3.1	3.4	3.9	4.2	4.4	4.7	5.1
14 hr	840	2.7	3.3	3.7	4.2	4.5	4.8	5.1	5.5
12 hr	720	3.0	3.7	4.1	4.7	5.0	5.4	5.7	6.1
10 hr	600	3.3	4.1	4.6	5.2	5.6	5.9	6.3	6.8
8 hr	480	3.7	4.6	5.1	5.7	6.2	6.6	7.0	7.6
6 hr	360	4.3	5.3	5.9	6.6	7.1	7.6	8.1	8.7
5 hr	300	4.6	5.7	6.3	7.1	7.6	8.1	8.7	9.3
4 hr	240	5.1	6.2	6.9	7.8	8.4	9.0	9.5	10.3
3 hr	180	5.8	7.2	8.0	9.0	9.6	10.3	11.0	11.8
2 hr	120	7.1	8.8	9.8	11.0	11.8	12.6	13.4	14.5
1 hr	60	11.0	13.6	15.1	17.0	18.3	19.6	20.8	22.4
0.5 hr	30	18.3	22.5	25.1	28.1	30.3	32.4	34.5	37.1
0.25 hr	15	32.7	40.2	44.8	50.3	54.2	58.0	61.7	66.4
0.17 hr	10.2	47.1	57.9	64.5	72.5	78.1	83.5	88.8	95.7

Fuente. Elaboración propia

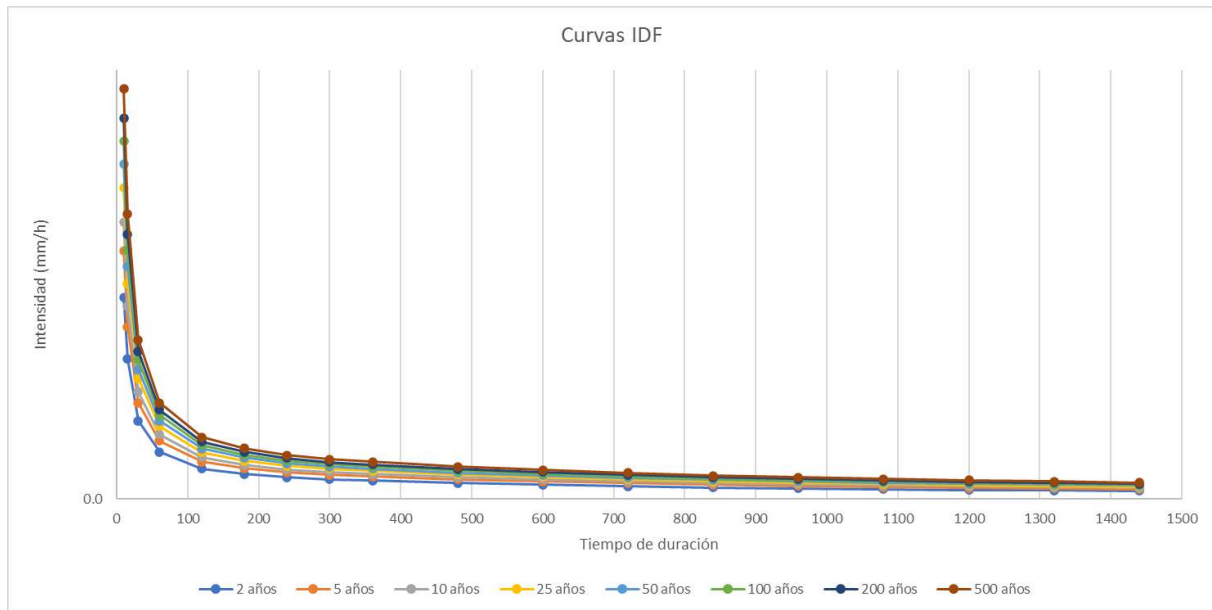


Figura 31. Curvas IDF, datos completos – Cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

2.9.5. Hietograma de diseño

Para obtener el hietograma de diseño se utilizará el método del bloque alterno. Se hizo uso de las curvas IDF, de las cuales se obtuvo la ecuación de la curva para cada periodo de retorno, además, la profundidad de precipitación se tomó en intervalos de tiempo sucesivos de 10 minutos sobre la duración del tiempo de concentración (Tabla 41), con estos datos y aplicando lo explicado en el inciso 1.2.2.4 es posible obtener el hietograma de diseño.

Se realiza en primer lugar el cálculo del tiempo de concentración. Ver Ecuación 14, para los datos de “L” y “H” ver Tabla 16.

Tabla 41. Cálculo del tiempo de concentración, para ambas cuencas

Parametro	Unidades	Cuenca 01	Cuenca 02
L	m	30500	21900
H	m	1700	1700
tc	min	168.14	114.69
tc	hrs	2.80	1.91
tc	hrs	3	3

Fuente. Elaboración propia

Para uniformizar los cálculos se analizará un tiempo de concentración de 3 horas, es decir 180 min.

En el Apéndice A se muestran los resultados obtenidos y los hietogramas para ambas cuencas:

- Cálculo de intensidades y hietograma de diseño sin completar datos faltantes de precipitación (Apéndice A.1).
- Cálculo de intensidades y hietograma de diseño completando datos faltantes de precipitación (Apéndice A.2).

2.9.6. Lluvia efectiva

Para calcular la lluvia efectiva, se requiere en primer lugar calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta.

Según lo explicado en el ítem 1.2.2.5.1, se presentan los resultados en la Tabla 42, el valor de CN II se obtuvo haciendo uso de las cartas nacionales, con el programa Arcgis.

Tabla 42. Cálculo de CN III, S, Ia

Parametro	Valor
CN II	74
CN III	86.75
S (in)	1.528
S (mm)	38.80
Ia (in)	0.306
Ia (mm)	7.76

Fuente: Elaboración propia

En el Apéndice B se muestran los resultados obtenidos y los hietogramas de exceso de precipitación para ambas cuencas:

- Cálculo de intensidades efectivas y hietograma de exceso de precipitación sin completar datos faltantes de precipitación (Apéndice B.1).
- Cálculo de intensidades efectivas y hietograma de exceso de precipitación completando datos faltantes de precipitación (Apéndice B.2).

2.9.7. Hidrograma unitario

A continuación, según el ítem 1.2.3.1. se presentan los cálculos necesarios (Tabla 43) para obtener el hidrograma sintético triangular para ambas cuencas en análisis:

Tabla 43. Cálculo de qp

Parametro	Unidades	Cuenca 01	Cuenca 02
tc	min	168.14	114.69
tp	min	100.89	68.81
tp	hrs	1.68	1.15
Tp	hrs	1.76	1.23
tr	hrs	2.9	2.1
qp	m3/s.cm	204.7	201.6

Fuente. Elaboración propia

Para la Cuenca 01, el HU (Figura 32) se ha realizado en un intervalo de 0 a 110 minutos y de 110 a 290 minutos. Obteniéndose un qp de 197.03 m³/s.cm.

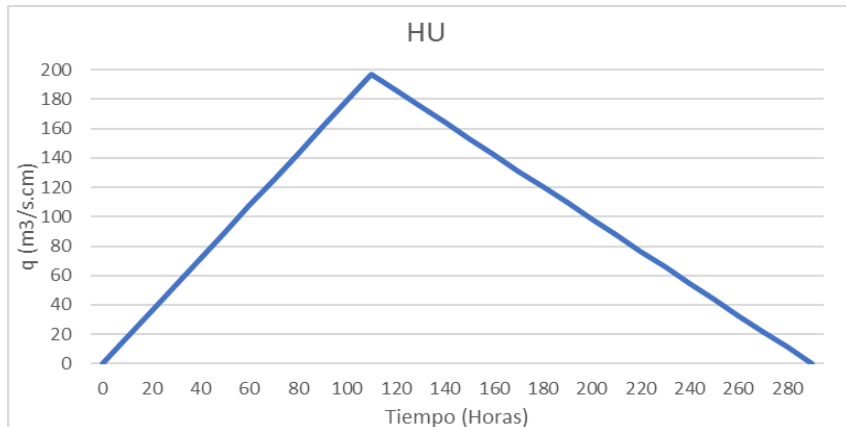


Figura 32. Hidrograma Unitario para Cuenca 01

Fuente: Elaboración propia

Para la Cuenca 02, el HU (Figura 33) se ha realizado un intervalo de 0 a 70 minutos y de 70 a 190 minutos. Obteniéndose un qp de 186.03 m³/s.cm

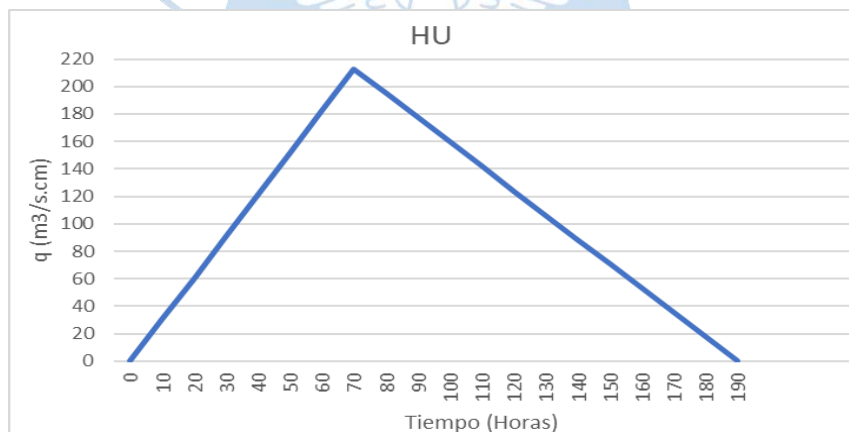


Figura 33. Hidrograma Unitario para Cuenca 02

Fuente: Elaboración propia

2.9.8. Convolución

Haciendo uso de la ecuación 28 y según lo explicado en el ítem 1.2.3.2, se presentan en la Tabla 44, los caudales máximos obtenidos para diferentes tiempos de retorno en la zona de estudio.

En el Apéndice C se muestran los hidrogramas unitarios y de diseño, así como el caudal obtenido para los diferentes periodos de retorno:

- Cálculo de caudales y hietogramas unitarios y de diseño sin completar datos faltantes de precipitación (Apéndice C.1).

- Cálculo de caudales y hietogramas unitarios y de diseño completando datos faltantes de precipitación (Apéndice C.2).

A continuación, se muestran un resumen de los caudales obtenidos, la comparación entre estos se muestra en la Figura 34.

Siendo:

Análisis 1: Análisis realizados sin completar los datos faltantes de precipitación.

Análisis 2: Análisis realizados completando los datos faltantes de precipitación.

Tabla 44. Caudales máximos para diferentes periodos de retorno

Tr (Años)	Caudal (m ³ /s)	
	Analisis 1	Analisis 2
2	67.41	65.36
5	112.80	107.78
10	144.23	136.95
25	184.65	174.21
50	215.21	202.30
100	245.84	230.39
200	276.69	258.63
500	317.97	296.29

Fuente. Elaboración propia

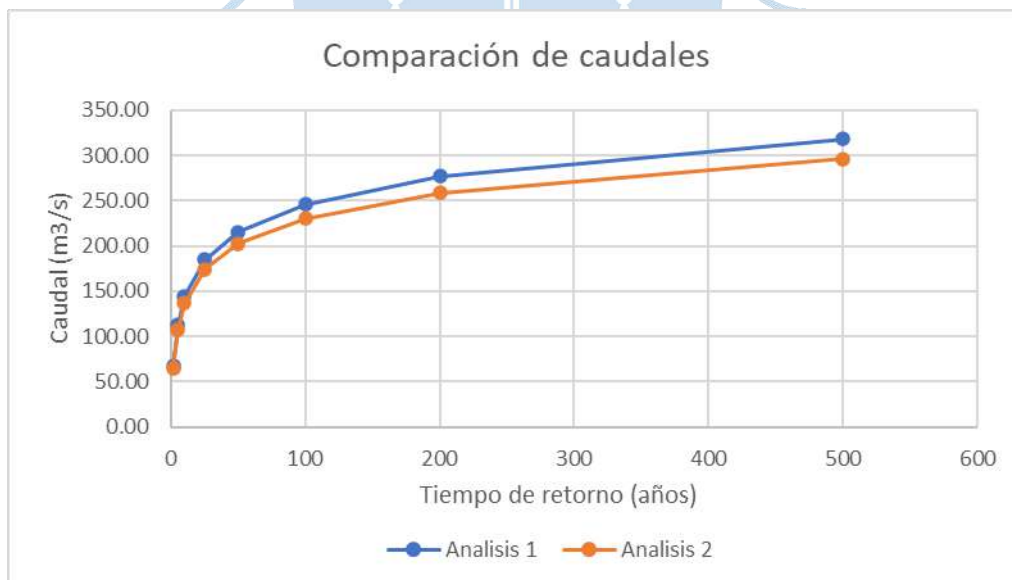


Figura 34. Comparación de caudales

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la Tabla 44, una ligera variación en los caudales obtenidos haciendo uso de los datos disponibles en comparación con los obtenidos completando los datos faltantes de precipitación, siendo estos últimos menores. Las series históricas de datos de precipitación

completas y de periodos largos son un requisito para la elaboración de estudios confiables, por ello, el análisis 1 al tener menos datos puede estar sobreestimando los caudales obtenidos, con el análisis 2 en cambio, al tener una mayor data de precipitaciones se puede haber mejorado la precisión en la estimación de caudales.

En la Figura 34 se aprecia gráficamente que ambos análisis presentan una tendencia creciente.

Para los dos análisis realizados se obtienen caudales del mismo orden de magnitud y de valores próximos entre sí, se observa que la diferencia entre ambos análisis crece a medida que aumenta el valor del periodo de retorno.





Conclusiones

- Al ser cuencas pequeñas, el escurrimiento superficial de aguas sobre estas estará influenciado por las practicas del hombre sobre el suelo (Campos, 1984), siendo además sensibles a lluvias de alta intensidad y corta duración.
- Las cuencas presentan formas alargadas, y según lo analizado estas son susceptibles a inundaciones, presentan velocidades de escorrentía superficiales bajas, la respuesta ante precipitaciones será lenta y las crecidas podrían durar un tiempo considerable.
- Según las curvas hipsométricas se trataría de cuencas en equilibrio, en fase de madurez, con estabilización respecto a los procesos erosivos.
- La cantidad de datos de las precipitaciones máximas anuales obtenidas de SENAMHI cumplen con la cantidad mínima de años necesarios (20 años) para realizar un estudio hidrológico, para el análisis realizado se ha considerado dos escenarios: 42 años trabajándose con los datos disponibles, y 51 años completando los datos de precipitación faltantes.
- Resulta de vital importancia que se brinde un correcto mantenimiento de las estaciones hidrológicas, ya que se observó que durante varios meses estas no registraban valores de precipitación, datos necesarios para obtener información y poder realizar estudios hidrológicos óptimo.
- La finalidad de esta tesina fue caracterizar las cuencas que abastecen a la zona de estudio (Comunidad campesina Cujaca), dar a conocer valores de precipitación y calcular caudales máximos de diseño.
- Solamente dos estaciones estaban ubicadas en las cuencas delimitadas y contaban con la cantidad de años necesarios para realizar el análisis. Esto evidencia que en la zona en estudio no se cuenta con suficientes estaciones pluviométricas para hacer un correcto análisis hidrológico

- Para el cálculo del caudal máximo de diseño se hizo uso del método de Hidrograma unitario, ya que las áreas de las cuencas en análisis superaban los a 13 km² por lo que resultaba imposible aplicar el método racional. Además, se utilizó el Hidrograma sintético triangular del Soil Conservation Service (SCS), dicho método requiere el cálculo de parámetros posibles de obtener con los datos disponibles y resultados obtenidos previamente.



Referencias bibliográficas

- Arriols, E. (2020). *Ecosistemas*. Recuperado de <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-ecosistemas-terrestres-y-ejemplos-1146.html>
- Baca, D. (2014, diciembre). Ficha técnica área de conservación privada bosque de Nogal y bosque de Puentequilla, Comunidad campesina Cujaca. *Fortalecimiento de las capacidades para la gestión del Sistema Regional de Conservación de Áreas Naturales*, p.1, p.15, p.34.
- Campos, D. (1984). *Geomorfología de la cuenca*. En Procesos del ciclo hidrológico (pp. 2-3). San Luis de Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
- Campos, D. (1992). En *procesos del ciclo hidrológico*. San Luis de Potosí: Editorial Universitaria Potosina.
- Chow, V. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá. McGraw-Hill interamericana.
- Delgadillo, A. & Páez, G. (2008). Aspectos hidrológicos, subcuencas susceptibles a crecidas, escenarios de riesgo. En C. Ferrer & M. Duarte (Eds.). (2008). *Plan de desarrollo urbano del Municipio Antonio Pinto Salinas, bajo el enfoque de gestión del riesgo. Caracterización del riesgo de la cuenca del valle Mocoties*. Mérida: FUNDAPRIS.
- Farías, M. (2019). Hidrología. Apuntes del curso
- Fuentes Junco, J. J. A. (2004). *Análisis morfométrico de cuencas: caso de estudio del Parque Nacional Pico de Tancítaro*. México: Dirección General de Investigación de Ordenamiento Ecológico y Conservación de Ecosistemas. Instituto Nacional de Ecología (INE).
- Gaspari, F. J., Rodríguez Vagaría, A. M., Senisterra, G. E., Denegri, G.; Delgado, M. I. & Besteiro, S. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Revista Electrónica del Comité de Medio Ambiente*. AUGMDOMUS, p.4, pp.143-158. Recuperado de: <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/download/476/505/>

- INEI. (diciembre, 2018). *Directorio de Comunidades Nativas y Campesinas*. Censos Nacionales 2017, Tomo II, p. 137, p. 267. 2020, febrero 10, De XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas III Censo de Comunidades Nativas y I Censo de Comunidades Campesinas Base de datos.
- Lozano-Rivas, W. (2018). *La cuenca hidrológica*. En clima, hidrología y meteorología: para ciencias ambientales e ingeniería (p.254). Colombia: Universidad Piloto de Colombia.
- Lux, B. (2016). *Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas*. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/4482/1/Conceptos%20b%C3%A1sicos%20de%20Morfometr%C3%ADa%20de%20Cuencas%20Hidrogr%C3%A1ficas.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Perú: Gobierno del Perú.
- Municipalidad Provincial de Ayabaca. (2012, enero). Mejoramiento de los servicios hídricos en los bosques de las comunidades de Mostazas, Samanga, Tapal, Yanta, Cujaca, Tacalpo, San Bartolomé De Los Olleros, Suyupampa, Lucarqui Y Predios De Huamba Y Lagunas De Canly, Provincia De Ayabaca-Piura. *Estudio de pre-inversión a nivel de perfil*, pp. 14-15, 22-24, 38-39, p57.
- Ochoa, T. (2011). *Cálculos hidrológicos: Determinación de crecientes en hidrología hidráulica y socavación en puentes* (pp. 85 -108). Colombia: Ecoe Ediciones.
- Ortiz Vera, O. (2004). Evaluación hidrológica. *Hidrored*, (1), pp. 1-7.
- Sánchez, J. (2019). *Bosques de niebla: qué son y características*. Recuperado de: <https://www.ecologiaverde.com/bosques-de-niebla-que-son-y-caracteristicas-1859.html>
- Témez, J. (1978). *Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales*. Madrid, España: Dirección General de Carreteras.
- Valleumbrosco, F, (2014). *Métodos probabilísticos de hidrología*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/freddysantiagord/metodos-probabilisticos-de-hidrologia>.
- World Meteorological Organization. (1994). Septiembre 23, 2020, de <https://public.wmo.int/en>.
- Yong, S. (2019). *Estudio hidrológico de la cuenca Samán con base en el Fenómeno El Niño 2015 – 2016*. Recuperado de: <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4333>

Apéndices





Apéndice A: Hietograma de diseño

A.1. Cálculo de intensidades y Hietograma de diseño sin completar datos faltantes de precipitación

Cuenca 01:

Tr = 2 años. Ecuación obtenida: $y = 195.63x^{-0.607}$

Tabla A.1. Cálculo de intensidades, Tr 2 años.

Tr 2 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	48.4	8.1	8.1	8.1	0	10	0.6	1.1
20	31.7	10.6	2.5	2.5	10	20	0.6	1.2
30	24.8	12.4	1.8	1.8	20	30	0.7	1.3
40	20.8	13.9	1.5	1.5	30	40	0.7	1.4
50	18.2	15.2	1.3	1.3	40	50	0.8	1.6
60	16.3	16.3	1.1	1.1	50	60	0.9	1.9
70	14.8	17.3	1.0	1.0	60	70	1.1	2.3
80	13.7	18.2	0.9	0.9	70	80	1.5	3.0
90	12.7	19.1	0.9	0.9	80	90	2.5	5.0
100	12.0	19.9	0.8	0.8	90	100	8.1	16.1
110	11.3	20.7	0.8	0.8	100	110	1.8	3.7
120	10.7	21.4	0.7	0.7	110	120	1.3	2.5
130	10.2	22.1	0.7	0.7	120	130	1.0	2.0
140	9.7	22.7	0.7	0.7	130	140	0.9	1.7
150	9.3	23.4	0.6	0.6	140	150	0.8	1.5
160	9.0	24.0	0.6	0.6	150	160	0.7	1.4
170	8.7	24.5	0.6	0.6	160	170	0.6	1.2
180	8.4	25.1	0.6	0.6	170	180	0.6	1.2

Fuente. Elaboración propia

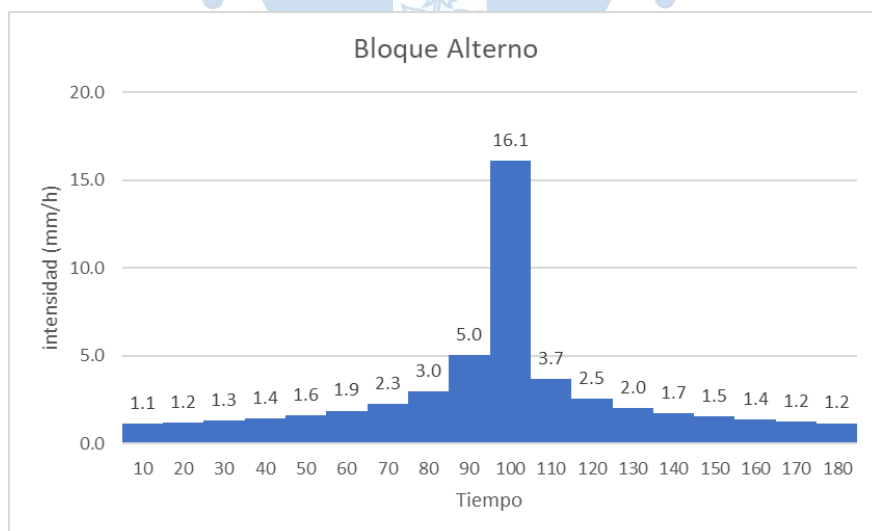


Figura A.1. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 2 años.

Fuente: Elaboración propia.

Tr = 5 años. Ecuación obtenida: $y = 240.9x^{-0.607}$

Tabla A.2. Cálculo de intensidades, Tr 5 años.

Tr 5 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	59.5	9.9	9.9	9.9	0	10	0.7	1.4
20	39.1	13.0	3.1	3.1	10	20	0.7	1.5
30	30.6	15.3	2.3	2.3	20	30	0.8	1.6
40	25.7	17.1	1.8	1.8	30	40	0.9	1.8
50	22.4	18.7	1.6	1.6	40	50	1.0	2.0
60	20.1	20.1	1.4	1.4	50	60	1.1	2.3
70	18.3	21.3	1.3	1.3	60	70	1.4	2.8
80	16.9	22.5	1.1	1.1	70	80	1.8	3.7
90	15.7	23.5	1.1	1.1	80	90	3.1	6.2
100	14.7	24.5	1.0	1.0	90	100	9.9	19.8
110	13.9	25.5	0.9	0.9	100	110	2.3	4.5
120	13.2	26.4	0.9	0.9	110	120	1.6	3.1
130	12.6	27.2	0.8	0.8	120	130	1.3	2.5
140	12.0	28.0	0.8	0.8	130	140	1.1	2.1
150	11.5	28.8	0.8	0.8	140	150	0.9	1.9
160	11.1	29.5	0.7	0.7	150	160	0.8	1.7
170	10.7	30.2	0.7	0.7	160	170	0.8	1.5
180	10.3	30.9	0.7	0.7	170	180	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

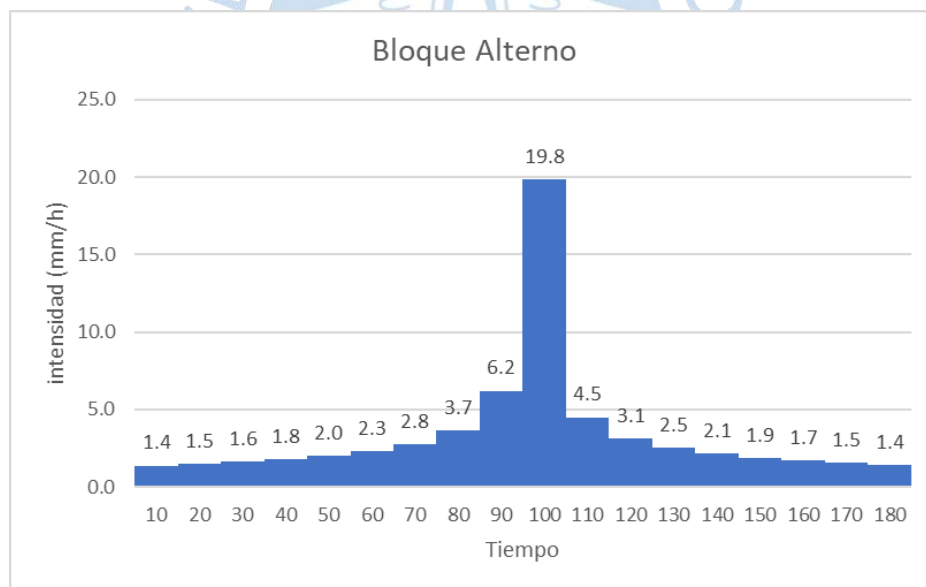


Figura A.2. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 5 años.

Fuente: Elaboración propia.

Tr = 10 años. Ecuación obtenida: $y = 268.63x^{-0.607}$

Tabla A.3. Cálculo de intensidades, Tr 10 años

Tr 10 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	66.4	11.1	11.1	11.1	0	10	0.8	1.5
20	43.6	14.5	3.5	3.5	10	20	0.8	1.6
30	34.1	17.0	2.5	2.5	20	30	0.9	1.8
40	28.6	19.1	2.0	2.0	30	40	1.0	2.0
50	25.0	20.8	1.7	1.7	40	50	1.1	2.2
60	22.4	22.4	1.5	1.5	50	60	1.3	2.6
70	20.4	23.8	1.4	1.4	60	70	1.5	3.1
80	18.8	25.1	1.3	1.3	70	80	2.0	4.1
90	17.5	26.2	1.2	1.2	80	90	3.5	6.9
100	16.4	27.4	1.1	1.1	90	100	11.1	22.1
110	15.5	28.4	1.0	1.0	100	110	2.5	5.0
120	14.7	29.4	1.0	1.0	110	120	1.7	3.5
130	14.0	30.3	0.9	0.9	120	130	1.4	2.8
140	13.4	31.2	0.9	0.9	130	140	1.2	2.4
150	12.8	32.1	0.9	0.9	140	150	1.0	2.1
160	12.3	32.9	0.8	0.8	150	160	0.9	1.9
170	11.9	33.7	0.8	0.8	160	170	0.9	1.7
180	11.5	34.5	0.8	0.8	170	180	0.8	1.6

Fuente. Elaboración propia

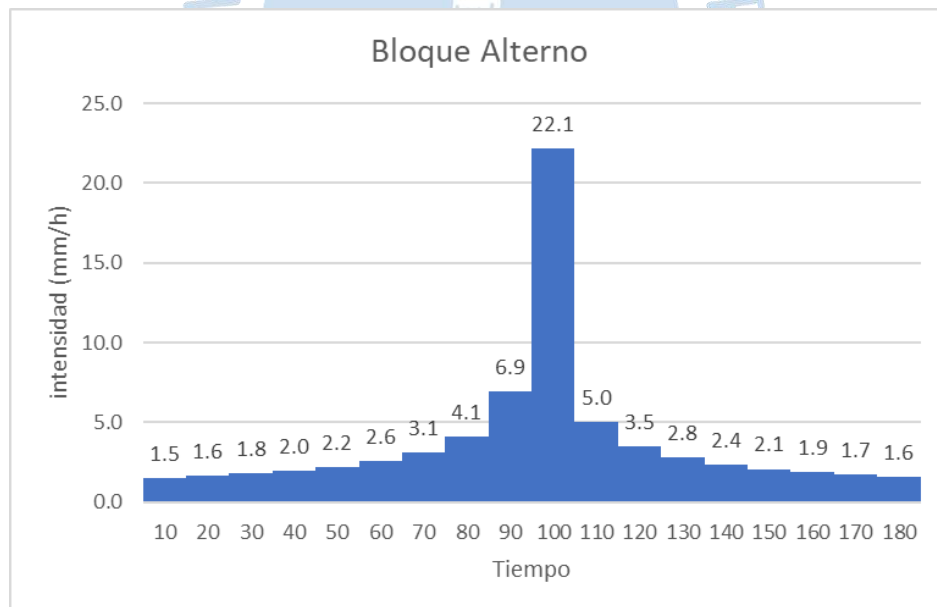


Figura A.3. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 10 años.

Fuente: Elaboración propia.

Tr = 25 años. Ecuación obtenida: $y = 301.72x^{-0.607}$

Tabla A.4. Cálculo de intensidades, Tr 25 años

Tr 25 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	74.6	12.4	12.4	12.4	0	10	0.9	1.7
20	49.0	16.3	3.9	3.9	10	20	0.9	1.9
30	38.3	19.1	2.8	2.8	20	30	1.0	2.0
40	32.1	21.4	2.3	2.3	30	40	1.1	2.2
50	28.1	23.4	2.0	2.0	40	50	1.2	2.5
60	25.1	25.1	1.7	1.7	50	60	1.4	2.9
70	22.9	26.7	1.6	1.6	60	70	1.7	3.5
80	21.1	28.1	1.4	1.4	70	80	2.3	4.6
90	19.7	29.5	1.3	1.3	80	90	3.9	7.8
100	18.4	30.7	1.2	1.2	90	100	12.4	24.9
110	17.4	31.9	1.2	1.2	100	110	2.8	5.6
120	16.5	33.0	1.1	1.1	110	120	2.0	3.9
130	15.7	34.1	1.1	1.1	120	130	1.6	3.1
140	15.0	35.1	1.0	1.0	130	140	1.3	2.7
150	14.4	36.0	1.0	1.0	140	150	1.2	2.3
160	13.9	37.0	0.9	0.9	150	160	1.1	2.1
170	13.4	37.8	0.9	0.9	160	170	1.0	1.9
180	12.9	38.7	0.9	0.9	170	180	0.9	1.8

Fuente. Elaboración propia

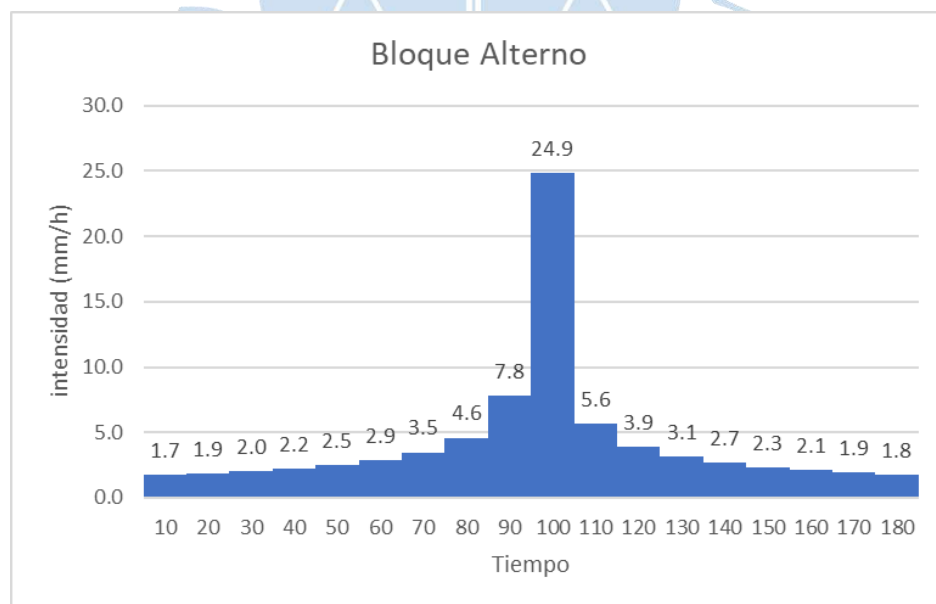


Figura A.4. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 25 años.

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años. Ecuación obtenida: $y = 325.23x^{-0.607}$

Tabla A.5. Cálculo de intensidades, Tr 50 años

Tr 50 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	80.4	13.4	13.4	13.4	0	10	0.9	1.9
20	52.8	17.6	4.2	4.2	10	20	1.0	2.0
30	41.3	20.6	3.0	3.0	20	30	1.1	2.2
40	34.7	23.1	2.5	2.5	30	40	1.2	2.4
50	30.3	25.2	2.1	2.1	40	50	1.3	2.7
60	27.1	27.1	1.9	1.9	50	60	1.6	3.1
70	24.7	28.8	1.7	1.7	60	70	1.9	3.7
80	22.8	30.3	1.6	1.6	70	80	2.5	4.9
90	21.2	31.8	1.4	1.4	80	90	4.2	8.4
100	19.9	33.1	1.3	1.3	90	100	13.4	26.8
110	18.8	34.4	1.3	1.3	100	110	3.0	6.1
120	17.8	35.6	1.2	1.2	110	120	2.1	4.2
130	16.9	36.7	1.1	1.1	120	130	1.7	3.4
140	16.2	37.8	1.1	1.1	130	140	1.4	2.9
150	15.5	38.8	1.0	1.0	140	150	1.3	2.5
160	14.9	39.8	1.0	1.0	150	160	1.1	2.3
170	14.4	40.8	1.0	1.0	160	170	1.0	2.1
180	13.9	41.7	0.9	0.9	170	180	1.0	1.9

Fuente. Elaboración propia

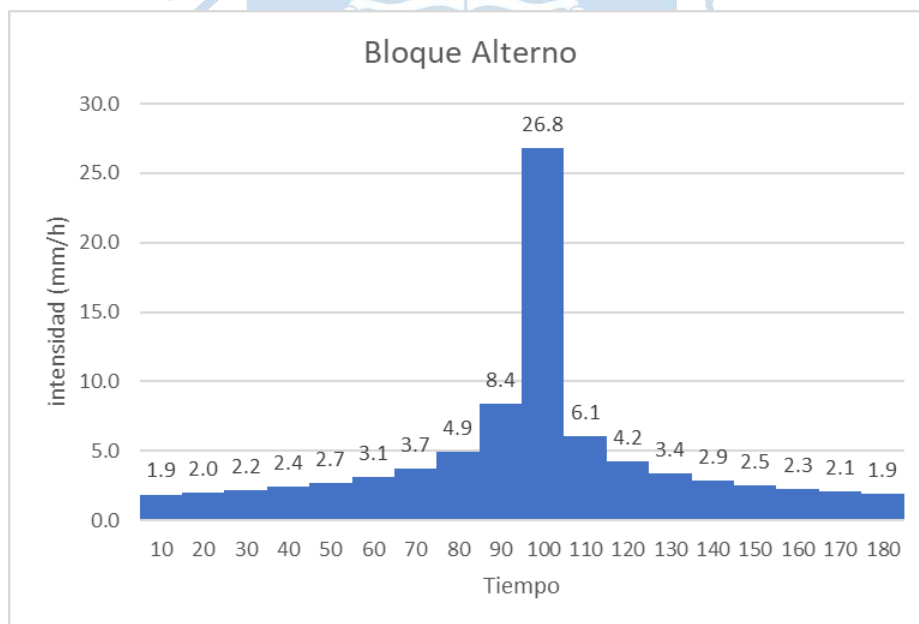


Figura A.5. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años. Ecuación obtenida: $y = 347.94x^{-0.607}$

Tabla A.6. Cálculo de intensidades, Tr 100 años

Tr 100 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	86.0	14.3	14.3	14.3	0	10	1.0	2.0
20	56.5	18.8	4.5	4.5	10	20	1.1	2.1
30	44.1	22.1	3.3	3.3	20	30	1.2	2.3
40	37.1	24.7	2.6	2.6	30	40	1.3	2.6
50	32.4	27.0	2.3	2.3	40	50	1.4	2.9
60	29.0	29.0	2.0	2.0	50	60	1.7	3.3
70	26.4	30.8	1.8	1.8	60	70	2.0	4.0
80	24.3	32.5	1.7	1.7	70	80	2.6	5.3
90	22.7	34.0	1.5	1.5	80	90	4.5	9.0
100	21.3	35.4	1.4	1.4	90	100	14.3	28.7
110	20.1	36.8	1.4	1.4	100	110	3.3	6.5
120	19.0	38.1	1.3	1.3	110	120	2.3	4.5
130	18.1	39.3	1.2	1.2	120	130	1.8	3.6
140	17.3	40.4	1.2	1.2	130	140	1.5	3.1
150	16.6	41.5	1.1	1.1	140	150	1.4	2.7
160	16.0	42.6	1.1	1.1	150	160	1.2	2.4
170	15.4	43.6	1.0	1.0	160	170	1.1	2.2
180	14.9	44.6	1.0	1.0	170	180	1.0	2.1

Fuente. Elaboración propia

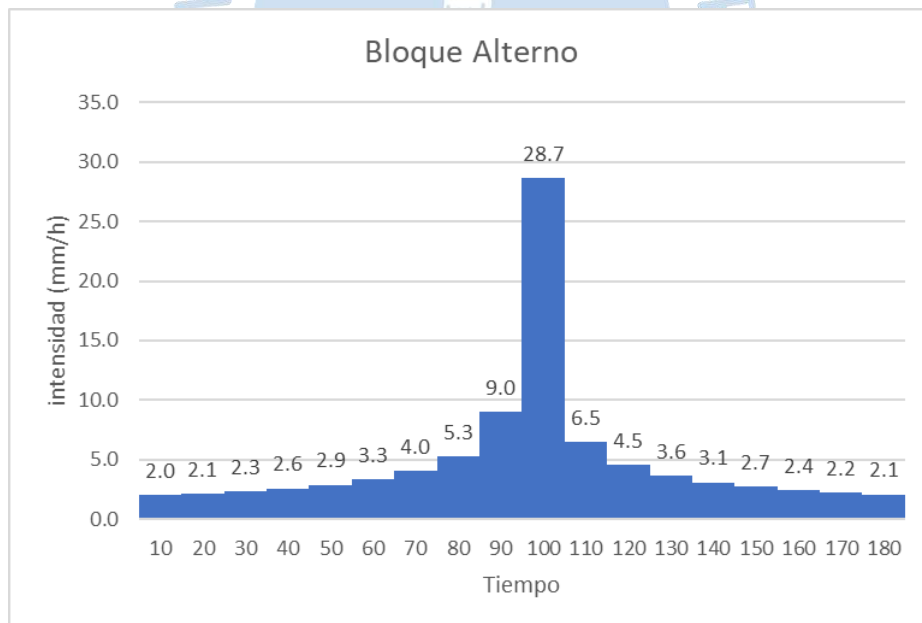


Figura A.6. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 100 años.

Fuente: Elaboración propia.

Tr = 200 años. Ecuación obtenida: $y = 370.11x^{-0.607}$

Tabla A.7. Cálculo de intensidades, Tr 200 años.

Tr 200 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	91.5	15.2	15.2	15.2	0	10	1.1	2.1
20	60.1	20.0	4.8	4.8	10	20	1.1	2.3
30	47.0	23.5	3.5	3.5	20	30	1.2	2.5
40	39.4	26.3	2.8	2.8	30	40	1.4	2.7
50	34.4	28.7	2.4	2.4	40	50	1.5	3.1
60	30.8	30.8	2.1	2.1	50	60	1.8	3.5
70	28.1	32.8	1.9	1.9	60	70	2.1	4.3
80	25.9	34.5	1.8	1.8	70	80	2.8	5.6
90	24.1	36.2	1.6	1.6	80	90	4.8	9.5
100	22.6	37.7	1.5	1.5	90	100	15.2	30.5
110	21.3	39.1	1.4	1.4	100	110	3.5	6.9
120	20.2	40.5	1.4	1.4	110	120	2.4	4.8
130	19.3	41.8	1.3	1.3	120	130	1.9	3.9
140	18.4	43.0	1.2	1.2	130	140	1.6	3.3
150	17.7	44.2	1.2	1.2	140	150	1.4	2.9
160	17.0	45.3	1.1	1.1	150	160	1.3	2.6
170	16.4	46.4	1.1	1.1	160	170	1.2	2.4
180	15.8	47.5	1.1	1.1	170	180	1.1	2.2

Fuente. Elaboración propia

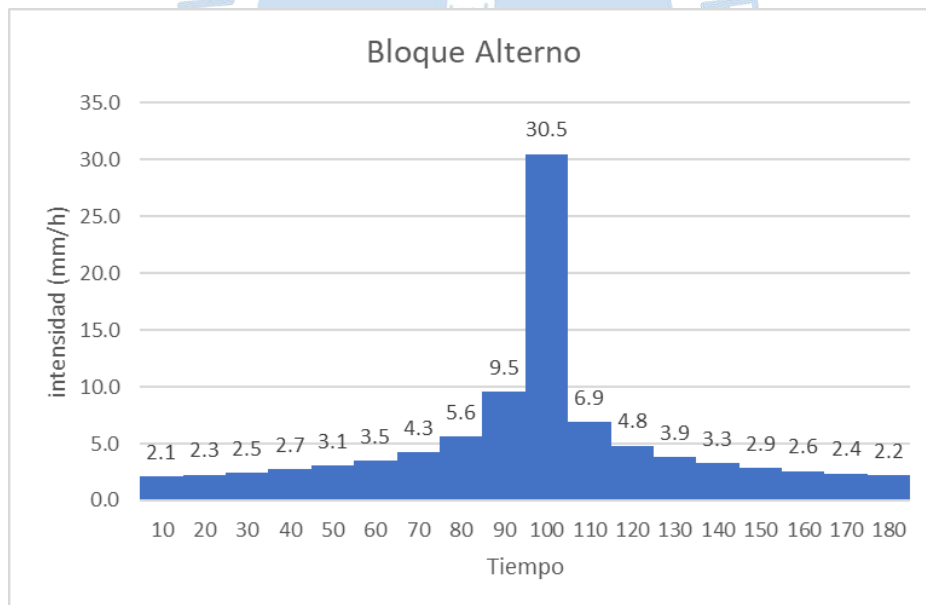


Figura A.7. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años. Ecuación obtenida: $y = 398.89x^{-0.607}$

Tabla A.8. Cálculo de intensidades, Tr 500 años

Tr 500 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	98.6	16.4	16.4	16.4	0	10	1.1	2.3
20	64.7	21.6	5.1	5.1	10	20	1.2	2.4
30	50.6	25.3	3.7	3.7	20	30	1.3	2.7
40	42.5	28.3	3.0	3.0	30	40	1.5	2.9
50	37.1	30.9	2.6	2.6	40	50	1.6	3.3
60	33.2	33.2	2.3	2.3	50	60	1.9	3.8
70	30.3	35.3	2.1	2.1	60	70	2.3	4.6
80	27.9	37.2	1.9	1.9	70	80	3.0	6.1
90	26.0	39.0	1.8	1.8	80	90	5.1	10.3
100	24.4	40.6	1.6	1.6	90	100	16.4	32.9
110	23.0	42.2	1.6	1.6	100	110	3.7	7.5
120	21.8	43.6	1.5	1.5	110	120	2.6	5.2
130	20.8	45.0	1.4	1.4	120	130	2.1	4.2
140	19.9	46.4	1.3	1.3	130	140	1.8	3.5
150	19.1	47.6	1.3	1.3	140	150	1.6	3.1
160	18.3	48.9	1.2	1.2	150	160	1.4	2.8
170	17.7	50.0	1.2	1.2	160	170	1.3	2.5
180	17.1	51.2	1.1	1.1	170	180	1.2	2.4

Fuente. Elaboración propia

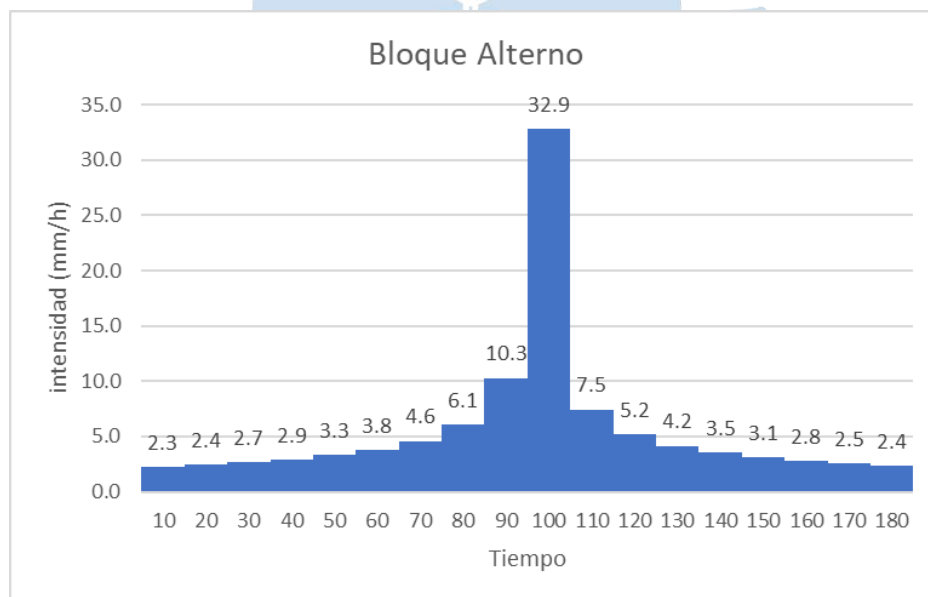


Figura A.8. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02:

Tr = 2 años. Ecuación obtenida: $y = 156.19x^{-0.607}$

Tabla A.9. Cálculo de intensidades, Tr 2 años

Tr 2 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	38.6	6.4	6.4	6.4	0	10	0.4	0.9
20	25.3	8.4	2.0	2.0	10	20	0.5	1.0
30	19.8	9.9	1.5	1.5	20	30	0.5	1.0
40	16.6	11.1	1.2	1.2	30	40	0.6	1.1
50	14.5	12.1	1.0	1.0	40	50	0.6	1.3
60	13.0	13.0	0.9	0.9	50	60	0.7	1.5
70	11.8	13.8	0.8	0.8	60	70	0.9	1.8
80	10.9	14.6	0.7	0.7	70	80	1.2	2.4
90	10.2	15.3	0.7	0.7	80	90	2.0	4.0
100	9.5	15.9	0.6	0.6	90	100	6.4	12.9
110	9.0	16.5	0.6	0.6	100	110	1.5	2.9
120	8.5	17.1	0.6	0.6	110	120	1.0	2.0
130	8.1	17.6	0.5	0.5	120	130	0.8	1.6
140	7.8	18.2	0.5	0.5	130	140	0.7	1.4
150	7.5	18.7	0.5	0.5	140	150	0.6	1.2
160	7.2	19.1	0.5	0.5	150	160	0.5	1.1
170	6.9	19.6	0.5	0.5	160	170	0.5	1.0
180	6.7	20.0	0.4	0.4	170	180	0.5	0.9

Fuente. Elaboración propia

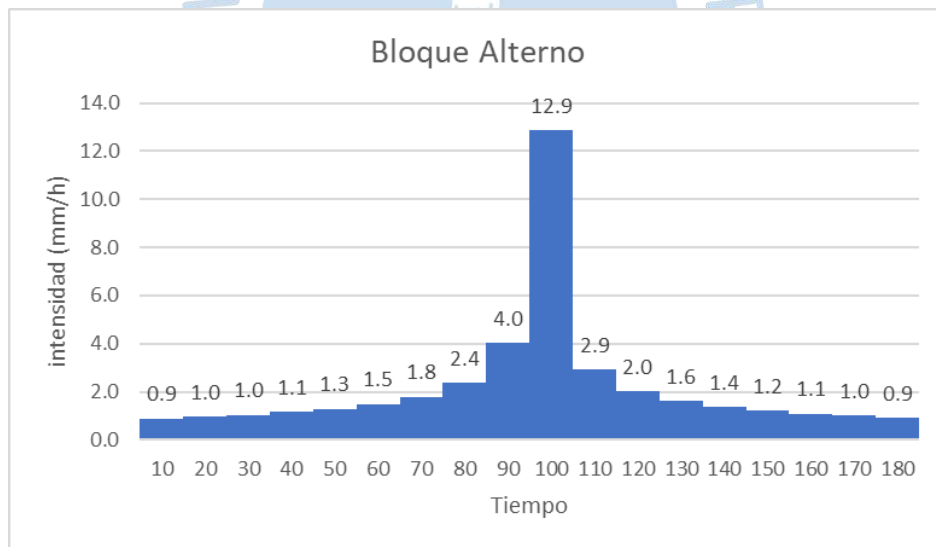


Figura A.9 Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años. Ecuación obtenida: $y = 193.78x^{-0.607}$

Tabla A.10. Cálculo de intensidades, Tr 5 años

Tr 5 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	47.9	8.0	8.0	8.0	0	10	0.6	1.1
20	31.4	10.5	2.5	2.5	10	20	0.6	1.2
30	24.6	12.3	1.8	1.8	20	30	0.6	1.3
40	20.6	13.8	1.5	1.5	30	40	0.7	1.4
50	18.0	15.0	1.3	1.3	40	50	0.8	1.6
60	16.1	16.1	1.1	1.1	50	60	0.9	1.8
70	14.7	17.2	1.0	1.0	60	70	1.1	2.2
80	13.6	18.1	0.9	0.9	70	80	1.5	2.9
90	12.6	18.9	0.9	0.9	80	90	2.5	5.0
100	11.8	19.7	0.8	0.8	90	100	8.0	16.0
110	11.2	20.5	0.8	0.8	100	110	1.8	3.6
120	10.6	21.2	0.7	0.7	110	120	1.3	2.5
130	10.1	21.9	0.7	0.7	120	130	1.0	2.0
140	9.7	22.5	0.6	0.6	130	140	0.9	1.7
150	9.3	23.1	0.6	0.6	140	150	0.8	1.5
160	8.9	23.7	0.6	0.6	150	160	0.7	1.4
170	8.6	24.3	0.6	0.6	160	170	0.6	1.2
180	8.3	24.9	0.6	0.6	170	180	0.6	1.1

Fuente. Elaboración propia

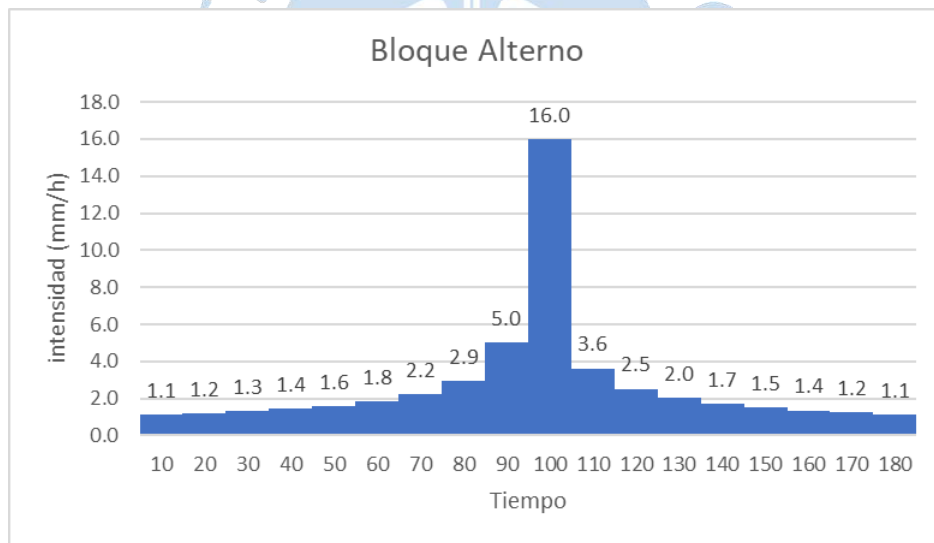


Figura A.10. Hietograma de diseño: Método del bloque alternativo. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años. Ecuación obtenida: $y = 216.95x^{-0.607}$

Tabla A.11. Cálculo de intensidades, Tr 10 años

Tr 10 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	53.6	8.9	8.9	8.9	0	10	0.6	1.2
20	35.2	11.7	2.8	2.8	10	20	0.7	1.3
30	27.5	13.8	2.0	2.0	20	30	0.7	1.4
40	23.1	15.4	1.6	1.6	30	40	0.8	1.6
50	20.2	16.8	1.4	1.4	40	50	0.9	1.8
60	18.1	18.1	1.2	1.2	50	60	1.0	2.1
70	16.5	19.2	1.1	1.1	60	70	1.2	2.5
80	15.2	20.2	1.0	1.0	70	80	1.6	3.3
90	14.1	21.2	1.0	1.0	80	90	2.8	5.6
100	13.3	22.1	0.9	0.9	90	100	8.9	17.9
110	12.5	22.9	0.8	0.8	100	110	2.0	4.1
120	11.9	23.7	0.8	0.8	110	120	1.4	2.8
130	11.3	24.5	0.8	0.8	120	130	1.1	2.3
140	10.8	25.2	0.7	0.7	130	140	1.0	1.9
150	10.4	25.9	0.7	0.7	140	150	0.8	1.7
160	10.0	26.6	0.7	0.7	150	160	0.8	1.5
170	9.6	27.2	0.6	0.6	160	170	0.7	1.4
180	9.3	27.8	0.6	0.6	170	180	0.6	1.3

Fuente. Elaboración propia

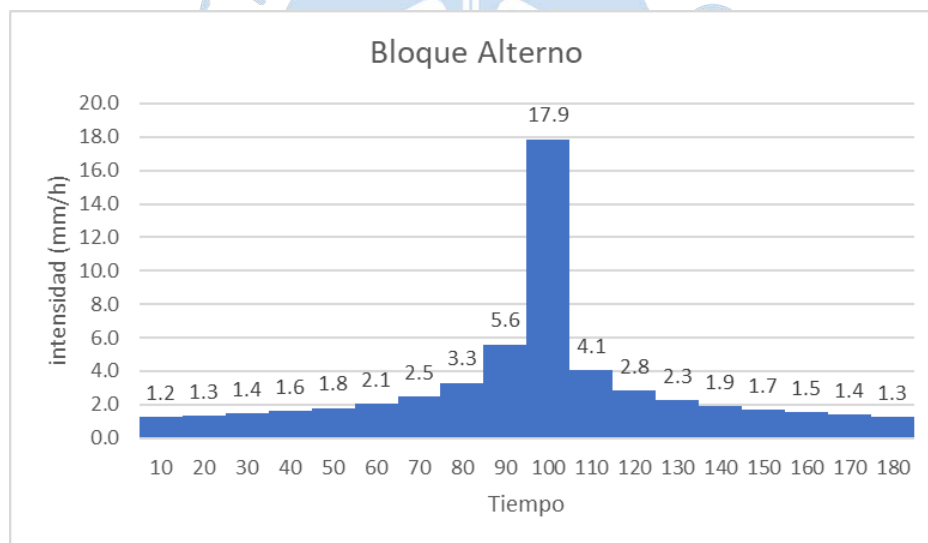


Figura A.11. Hietograma de diseño: Método del bloque alternativo. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años. Ecuación obtenida: $y = 244.73x^{-0.607}$

Tabla A.12. Cálculo de intensidades, Tr 25 años

Tr 25 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	60.5	10.1	10.1	10.1	0	10	0.7	1.4
20	39.7	13.2	3.2	3.2	10	20	0.8	1.5
30	31.1	15.5	2.3	2.3	20	30	0.8	1.6
40	26.1	17.4	1.9	1.9	30	40	0.9	1.8
50	22.8	19.0	1.6	1.6	40	50	1.0	2.0
60	20.4	20.4	1.4	1.4	50	60	1.2	2.3
70	18.6	21.7	1.3	1.3	60	70	1.4	2.8
80	17.1	22.8	1.2	1.2	70	80	1.9	3.7
90	15.9	23.9	1.1	1.1	80	90	3.2	6.3
100	15.0	24.9	1.0	1.0	90	100	10.1	20.2
110	14.1	25.9	1.0	1.0	100	110	2.3	4.6
120	13.4	26.8	0.9	0.9	110	120	1.6	3.2
130	12.8	27.6	0.9	0.9	120	130	1.3	2.5
140	12.2	28.4	0.8	0.8	130	140	1.1	2.2
150	11.7	29.2	0.8	0.8	140	150	1.0	1.9
160	11.2	30.0	0.8	0.8	150	160	0.9	1.7
170	10.8	30.7	0.7	0.7	160	170	0.8	1.6
180	10.5	31.4	0.7	0.7	170	180	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

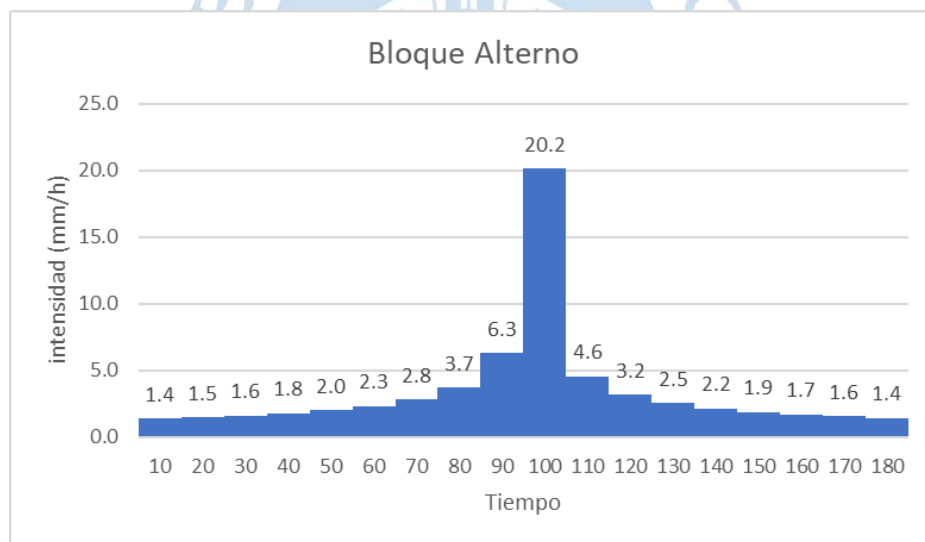


Figura A.12. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años. Ecuación obtenida: $y = 264.54x^{-0.607}$

Tabla A.13. Cálculo de intensidades, Tr 50 años

Tr 50 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	65.4	10.9	10.9	10.9	0	10	0.8	1.5
20	42.9	14.3	3.4	3.4	10	20	0.8	1.6
30	33.6	16.8	2.5	2.5	20	30	0.9	1.8
40	28.2	18.8	2.0	2.0	30	40	1.0	1.9
50	24.6	20.5	1.7	1.7	40	50	1.1	2.2
60	22.0	22.0	1.5	1.5	50	60	1.3	2.5
70	20.1	23.4	1.4	1.4	60	70	1.5	3.0
80	18.5	24.7	1.3	1.3	70	80	2.0	4.0
90	17.2	25.8	1.2	1.2	80	90	3.4	6.8
100	16.2	26.9	1.1	1.1	90	100	10.9	21.8
110	15.3	28.0	1.0	1.0	100	110	2.5	4.9
120	14.5	28.9	1.0	1.0	110	120	1.7	3.4
130	13.8	29.9	0.9	0.9	120	130	1.4	2.8
140	13.2	30.7	0.9	0.9	130	140	1.2	2.3
150	12.6	31.6	0.8	0.8	140	150	1.0	2.1
160	12.2	32.4	0.8	0.8	150	160	0.9	1.8
170	11.7	33.2	0.8	0.8	160	170	0.8	1.7
180	11.3	33.9	0.8	0.8	170	180	0.8	1.6

Fuente. Elaboración propia

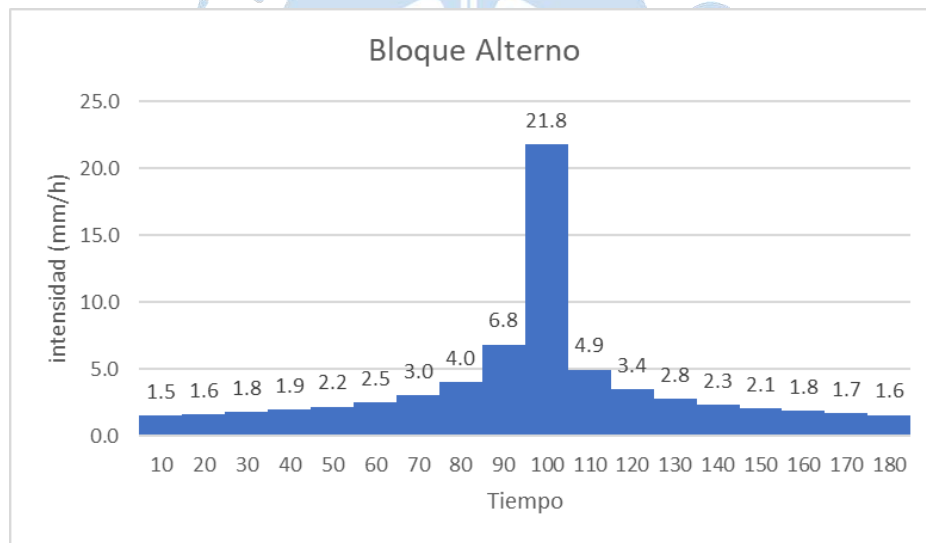


Figura A.13. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años. Ecuación obtenida: $y = 283.73x^{-0.607}$

Tabla A.14. Cálculo de intensidades, Tr 100 años

Tr 100 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	70.1	11.7	11.7	11.7	0	10	0.8	1.6
20	46.0	15.3	3.7	3.7	10	20	0.9	1.7
30	36.0	18.0	2.7	2.7	20	30	0.9	1.9
40	30.2	20.2	2.2	2.2	30	40	1.0	2.1
50	26.4	22.0	1.8	1.8	40	50	1.2	2.3
60	23.6	23.6	1.6	1.6	50	60	1.4	2.7
70	21.5	25.1	1.5	1.5	60	70	1.6	3.3
80	19.8	26.5	1.4	1.4	70	80	2.2	4.3
90	18.5	27.7	1.3	1.3	80	90	3.7	7.3
100	17.3	28.9	1.2	1.2	90	100	11.7	23.4
110	16.4	30.0	1.1	1.1	100	110	2.7	5.3
120	15.5	31.0	1.0	1.0	110	120	1.8	3.7
130	14.8	32.0	1.0	1.0	120	130	1.5	3.0
140	14.1	33.0	0.9	0.9	130	140	1.3	2.5
150	13.6	33.9	0.9	0.9	140	150	1.1	2.2
160	13.0	34.8	0.9	0.9	150	160	1.0	2.0
170	12.6	35.6	0.8	0.8	160	170	0.9	1.8
180	12.1	36.4	0.8	0.8	170	180	0.8	1.7

Fuente. Elaboración propia

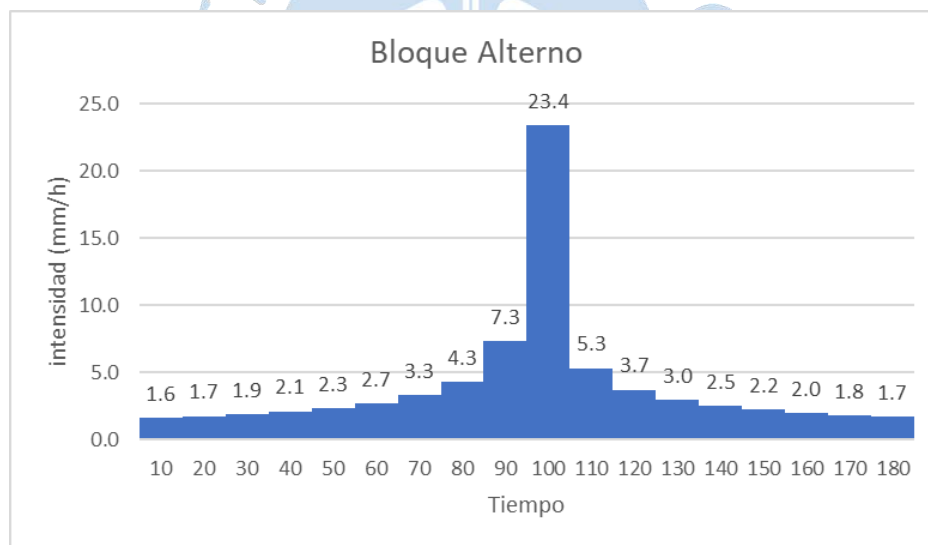


Figura A.14. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años. Ecuación obtenida: $y = 302.51x^{-0.607}$

Tabla A.15. Cálculo de intensidades, Tr 200 años

Tr 200 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	74.8	12.5	12.5	12.5	0	10	0.9	1.7
20	49.1	16.4	3.9	3.9	10	20	0.9	1.9
30	38.4	19.2	2.8	2.8	20	30	1.0	2.0
40	32.2	21.5	2.3	2.3	30	40	1.1	2.2
50	28.1	23.5	2.0	2.0	40	50	1.2	2.5
60	25.2	25.2	1.7	1.7	50	60	1.4	2.9
70	22.9	26.8	1.6	1.6	60	70	1.7	3.5
80	21.2	28.2	1.4	1.4	70	80	2.3	4.6
90	19.7	29.6	1.3	1.3	80	90	3.9	7.8
100	18.5	30.8	1.2	1.2	90	100	12.5	24.9
110	17.4	32.0	1.2	1.2	100	110	2.8	5.7
120	16.5	33.1	1.1	1.1	110	120	2.0	3.9
130	15.8	34.1	1.1	1.1	120	130	1.6	3.1
140	15.1	35.2	1.0	1.0	130	140	1.3	2.7
150	14.4	36.1	1.0	1.0	140	150	1.2	2.4
160	13.9	37.1	0.9	0.9	150	160	1.1	2.1
170	13.4	37.9	0.9	0.9	160	170	1.0	1.9
180	12.9	38.8	0.9	0.9	170	180	0.9	1.8

Fuente. Elaboración propia

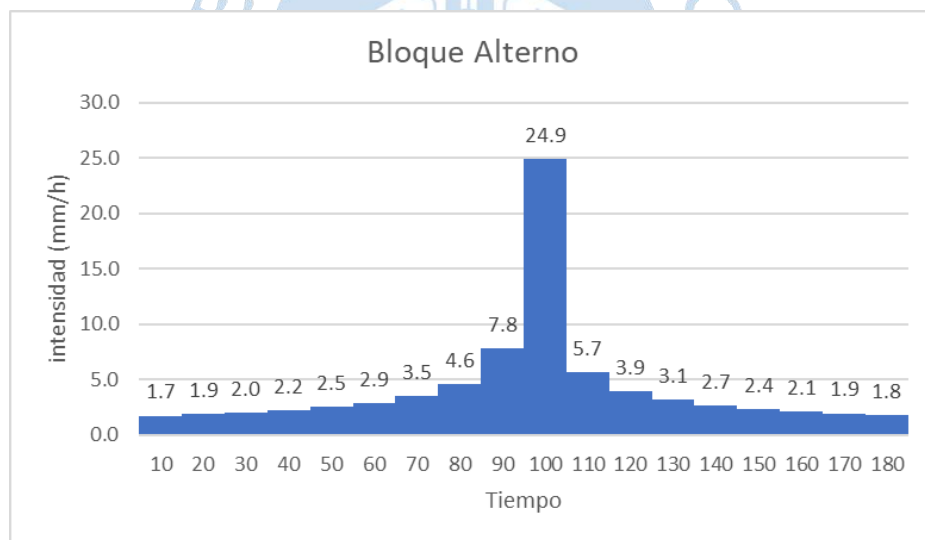


Figura A.15. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años. Ecuación obtenida: $y = 326.96x^{-0.607}$

Tabla A.16. Cálculo de intensidades, Tr 500 años

Tr 500 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	80.8	13.5	13.5	13.5	0	10	0.9	1.9
20	53.1	17.7	4.2	4.2	10	20	1.0	2.0
30	41.5	20.7	3.1	3.1	20	30	1.1	2.2
40	34.8	23.2	2.5	2.5	30	40	1.2	2.4
50	30.4	25.4	2.1	2.1	40	50	1.4	2.7
60	27.2	27.2	1.9	1.9	50	60	1.6	3.1
70	24.8	28.9	1.7	1.7	60	70	1.9	3.8
80	22.9	30.5	1.6	1.6	70	80	2.5	5.0
90	21.3	31.9	1.4	1.4	80	90	4.2	8.4
100	20.0	33.3	1.4	1.4	90	100	13.5	26.9
110	18.9	34.6	1.3	1.3	100	110	3.1	6.1
120	17.9	35.8	1.2	1.2	110	120	2.1	4.3
130	17.0	36.9	1.1	1.1	120	130	1.7	3.4
140	16.3	38.0	1.1	1.1	130	140	1.4	2.9
150	15.6	39.0	1.0	1.0	140	150	1.3	2.5
160	15.0	40.0	1.0	1.0	150	160	1.1	2.3
170	14.5	41.0	1.0	1.0	160	170	1.0	2.1
180	14.0	41.9	0.9	0.9	170	180	1.0	1.9

Fuente. Elaboración propia

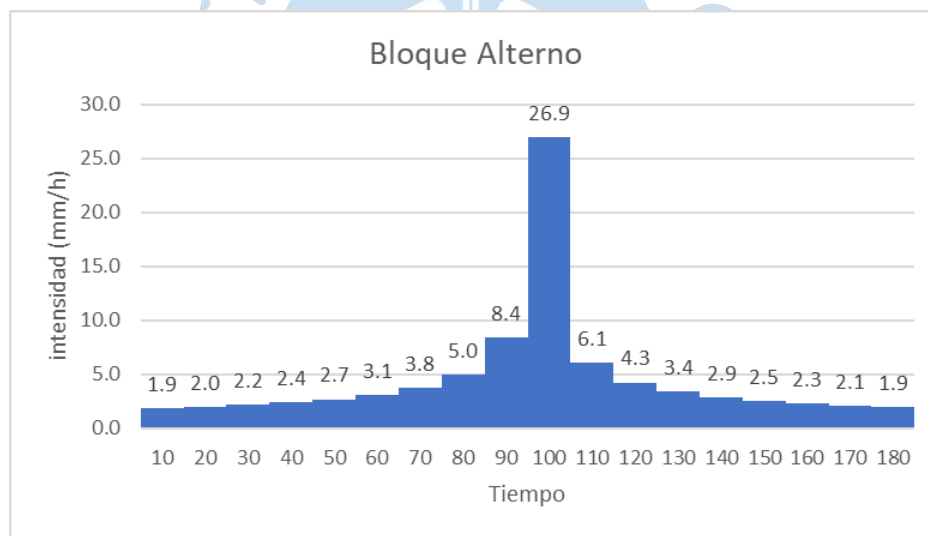


Figura A.16. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

A.2. Cálculo de intensidades y hietograma de diseño completando datos faltantes de precipitación

Cuenca 01:

Tr = 2 años. Ecuación obtenida: $y = 193.43x^{-0.607}$

Tabla A.17. Cálculo de intensidades, Tr 2 años

Tr 2 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	47.8	8.0	8.0	8.0	0	10	0.6	1.1
20	31.4	10.5	2.5	2.5	10	20	0.6	1.2
30	24.5	12.3	1.8	1.8	20	30	0.6	1.3
40	20.6	13.7	1.5	1.5	30	40	0.7	1.4
50	18.0	15.0	1.3	1.3	40	50	0.8	1.6
60	16.1	16.1	1.1	1.1	50	60	0.9	1.8
70	14.7	17.1	1.0	1.0	60	70	1.1	2.2
80	13.5	18.0	0.9	0.9	70	80	1.5	2.9
90	12.6	18.9	0.9	0.9	80	90	2.5	5.0
100	11.8	19.7	0.8	0.8	90	100	8.0	15.9
110	11.2	20.4	0.8	0.8	100	110	1.8	3.6
120	10.6	21.2	0.7	0.7	110	120	1.3	2.5
130	10.1	21.8	0.7	0.7	120	130	1.0	2.0
140	9.6	22.5	0.6	0.6	130	140	0.9	1.7
150	9.2	23.1	0.6	0.6	140	150	0.8	1.5
160	8.9	23.7	0.6	0.6	150	160	0.7	1.4
170	8.6	24.3	0.6	0.6	160	170	0.6	1.2
180	8.3	24.8	0.6	0.6	170	180	0.6	1.1

Fuente. Elaboración propia

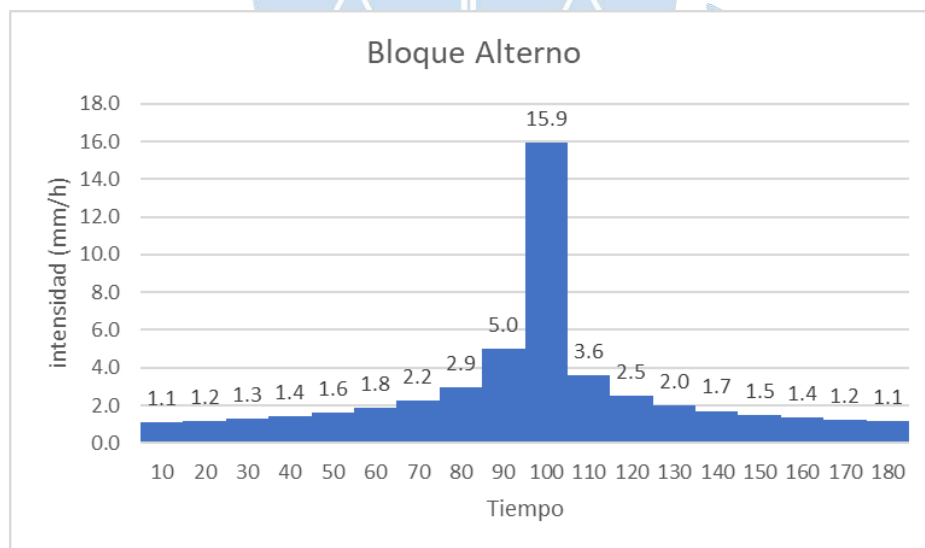


Figura A.17. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años. Ecuación obtenida: $y = 236.48x^{-0.607}$

Tabla A.18. Cálculo de intensidades, Tr 5 años

Tr 5 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	58.5	9.7	9.7	9.7	0	10	0.7	1.3
20	38.4	12.8	3.1	3.1	10	20	0.7	1.5
30	30.0	15.0	2.2	2.2	20	30	0.8	1.6
40	25.2	16.8	1.8	1.8	30	40	0.9	1.7
50	22.0	18.3	1.5	1.5	40	50	1.0	2.0
60	19.7	19.7	1.4	1.4	50	60	1.1	2.3
70	17.9	20.9	1.2	1.2	60	70	1.4	2.7
80	16.5	22.1	1.1	1.1	70	80	1.8	3.6
90	15.4	23.1	1.0	1.0	80	90	3.1	6.1
100	14.4	24.1	1.0	1.0	90	100	9.7	19.5
110	13.6	25.0	0.9	0.9	100	110	2.2	4.4
120	12.9	25.9	0.9	0.9	110	120	1.5	3.1
130	12.3	26.7	0.8	0.8	120	130	1.2	2.5
140	11.8	27.5	0.8	0.8	130	140	1.0	2.1
150	11.3	28.2	0.8	0.8	140	150	0.9	1.8
160	10.9	29.0	0.7	0.7	150	160	0.8	1.7
170	10.5	29.7	0.7	0.7	160	170	0.8	1.5
180	10.1	30.3	0.7	0.7	170	180	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

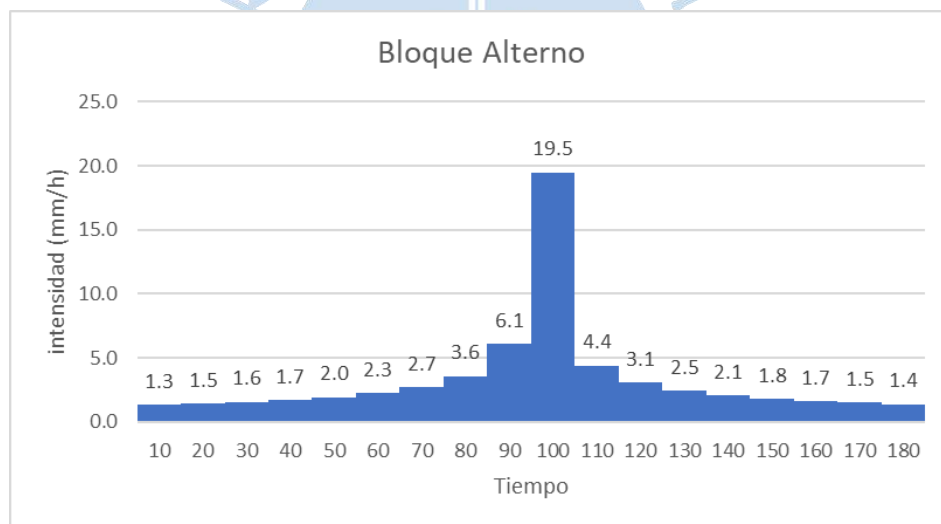


Figura A.18. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años. Ecuación obtenida: $y = 262.69x^{-0.607}$

Tabla A.19. Cálculo de intensidades, Tr 10 años

Tr 10 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	64.9	10.8	10.8	10.8	0	10	0.7	1.5
20	42.6	14.2	3.4	3.4	10	20	0.8	1.6
30	33.3	16.7	2.5	2.5	20	30	0.9	1.8
40	28.0	18.7	2.0	2.0	30	40	1.0	1.9
50	24.4	20.4	1.7	1.7	40	50	1.1	2.2
60	21.9	21.9	1.5	1.5	50	60	1.3	2.5
70	19.9	23.2	1.4	1.4	60	70	1.5	3.0
80	18.4	24.5	1.3	1.3	70	80	2.0	4.0
90	17.1	25.7	1.2	1.2	80	90	3.4	6.8
100	16.0	26.7	1.1	1.1	90	100	10.8	21.6
110	15.1	27.8	1.0	1.0	100	110	2.5	4.9
120	14.4	28.7	1.0	1.0	110	120	1.7	3.4
130	13.7	29.7	0.9	0.9	120	130	1.4	2.7
140	13.1	30.5	0.9	0.9	130	140	1.2	2.3
150	12.5	31.4	0.8	0.8	140	150	1.0	2.0
160	12.1	32.2	0.8	0.8	150	160	0.9	1.8
170	11.6	33.0	0.8	0.8	160	170	0.8	1.7
180	11.2	33.7	0.7	0.7	170	180	0.8	1.6

Fuente. Elaboración propia

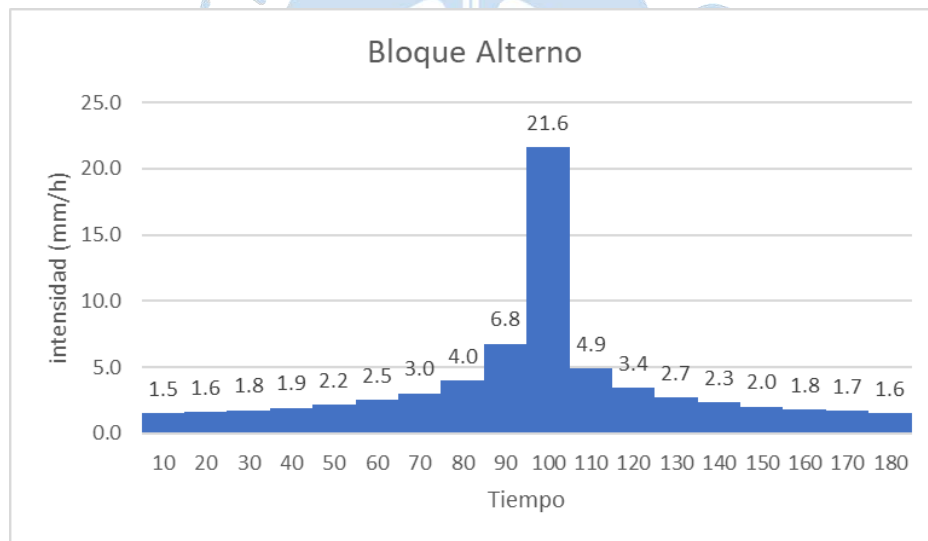


Figura A.19. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años. Ecuación obtenida: $y = 293.85x^{-0.607}$

Tabla A.20. Cálculo de intensidades, Tr 25 años

Tr 25 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	72.6	12.1	12.1	12.1	0	10	0.8	1.7
20	47.7	15.9	3.8	3.8	10	20	0.9	1.8
30	37.3	18.6	2.7	2.7	20	30	1.0	2.0
40	31.3	20.9	2.2	2.2	30	40	1.1	2.2
50	27.3	22.8	1.9	1.9	40	50	1.2	2.4
60	24.5	24.5	1.7	1.7	50	60	1.4	2.8
70	22.3	26.0	1.5	1.5	60	70	1.7	3.4
80	20.6	27.4	1.4	1.4	70	80	2.2	4.5
90	19.1	28.7	1.3	1.3	80	90	3.8	7.6
100	18.0	29.9	1.2	1.2	90	100	12.1	24.2
110	16.9	31.1	1.1	1.1	100	110	2.7	5.5
120	16.1	32.1	1.1	1.1	110	120	1.9	3.8
130	15.3	33.2	1.0	1.0	120	130	1.5	3.1
140	14.6	34.2	1.0	1.0	130	140	1.3	2.6
150	14.0	35.1	0.9	0.9	140	150	1.1	2.3
160	13.5	36.0	0.9	0.9	150	160	1.0	2.1
170	13.0	36.9	0.9	0.9	160	170	0.9	1.9
180	12.6	37.7	0.8	0.8	170	180	0.9	1.7

Fuente. Elaboración propia

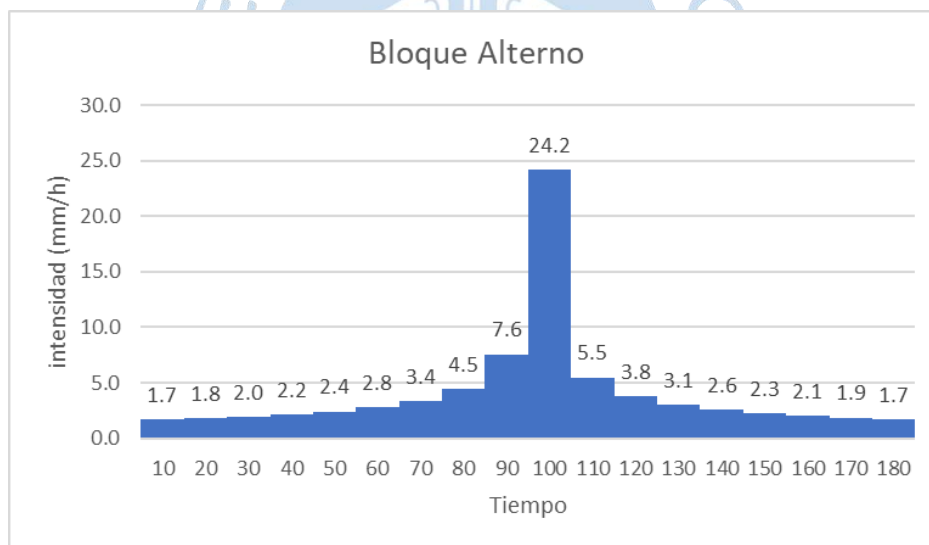


Figura A.20. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años. Ecuación obtenida: $y = 315.92x^{-0.607}$

Tabla A.21. Cálculo de intensidades, Tr 50 años

Tr 50 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	78.1	13.0	13.0	13.0	0	10	0.9	1.8
20	51.3	17.1	4.1	4.1	10	20	1.0	1.9
30	40.1	20.0	3.0	3.0	20	30	1.1	2.1
40	33.7	22.4	2.4	2.4	30	40	1.2	2.3
50	29.4	24.5	2.1	2.1	40	50	1.3	2.6
60	26.3	26.3	1.8	1.8	50	60	1.5	3.0
70	24.0	28.0	1.6	1.6	60	70	1.8	3.6
80	22.1	29.5	1.5	1.5	70	80	2.4	4.8
90	20.6	30.9	1.4	1.4	80	90	4.1	8.2
100	19.3	32.2	1.3	1.3	90	100	13.0	26.0
110	18.2	33.4	1.2	1.2	100	110	3.0	5.9
120	17.3	34.6	1.2	1.2	110	120	2.1	4.1
130	16.5	35.7	1.1	1.1	120	130	1.6	3.3
140	15.7	36.7	1.1	1.1	130	140	1.4	2.8
150	15.1	37.7	1.0	1.0	140	150	1.2	2.5
160	14.5	38.7	1.0	1.0	150	160	1.1	2.2
170	14.0	39.6	0.9	0.9	160	170	1.0	2.0
180	13.5	40.5	0.9	0.9	170	180	0.9	1.9

Fuente. Elaboración propia

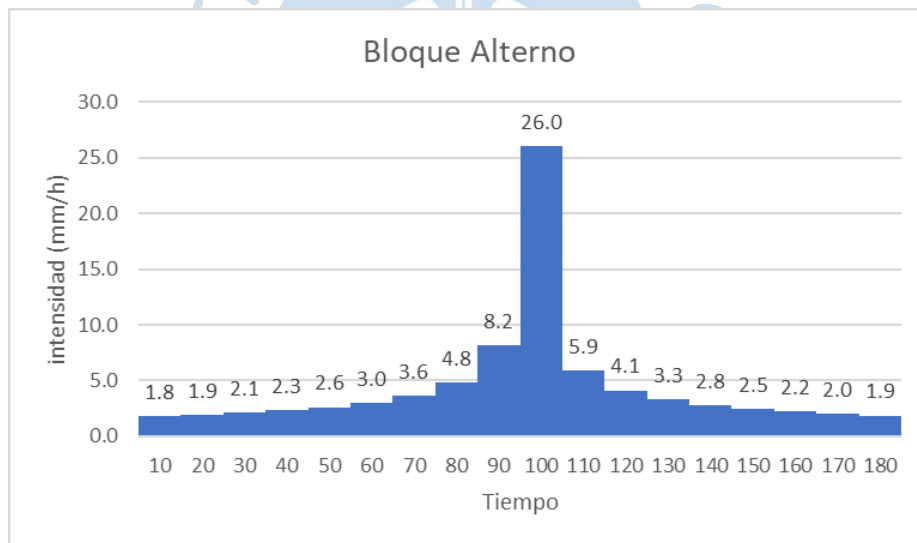


Figura A.21. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años. Ecuación obtenida: $y = 337.18x^{-0.607}$

Tabla A.22. Cálculo de intensidades, Tr 100 años

Tr 100 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	83.3	13.9	13.9	13.9	0	10	1.0	1.9
20	54.7	18.2	4.3	4.3	10	20	1.0	2.1
30	42.8	21.4	3.2	3.2	20	30	1.1	2.2
40	35.9	24.0	2.6	2.6	30	40	1.2	2.5
50	31.4	26.1	2.2	2.2	40	50	1.4	2.8
60	28.1	28.1	1.9	1.9	50	60	1.6	3.2
70	25.6	29.8	1.8	1.8	60	70	1.9	3.9
80	23.6	31.5	1.6	1.6	70	80	2.6	5.1
90	22.0	32.9	1.5	1.5	80	90	4.3	8.7
100	20.6	34.3	1.4	1.4	90	100	13.9	27.8
110	19.4	35.6	1.3	1.3	100	110	3.2	6.3
120	18.4	36.9	1.2	1.2	110	120	2.2	4.4
130	17.6	38.1	1.2	1.2	120	130	1.8	3.5
140	16.8	39.2	1.1	1.1	130	140	1.5	3.0
150	16.1	40.3	1.1	1.1	140	150	1.3	2.6
160	15.5	41.3	1.0	1.0	150	160	1.2	2.4
170	14.9	42.3	1.0	1.0	160	170	1.1	2.2
180	14.4	43.3	1.0	1.0	170	180	1.0	2.0

Fuente. Elaboración propia

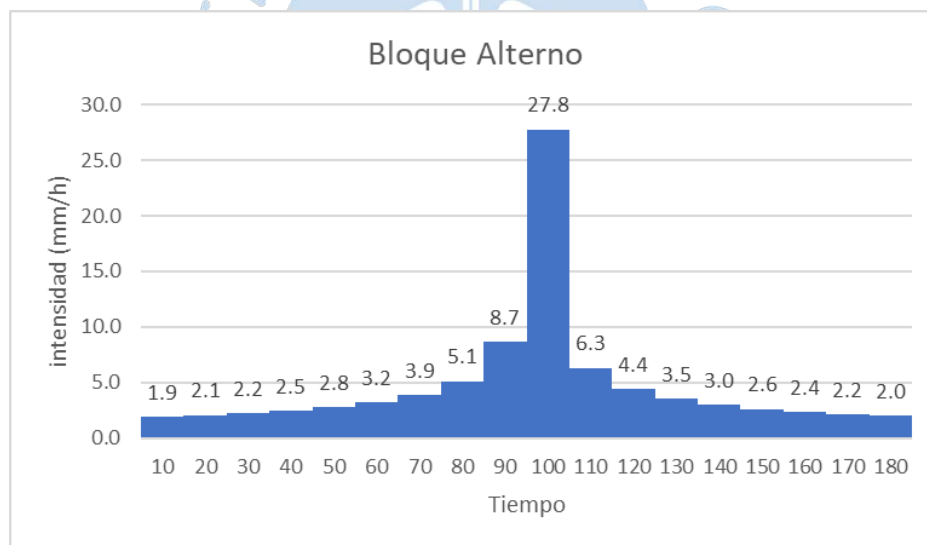


Figura A.22. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años. Ecuación obtenida: $y = 357.89x^{-0.607}$

Tabla A.23. Cálculo de intensidades, Tr 200 años

Tr 200 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	88.5	14.7	14.7	14.7	0	10	1.0	2.0
20	58.1	19.4	4.6	4.6	10	20	1.1	2.2
30	45.4	22.7	3.3	3.3	20	30	1.2	2.4
40	38.1	25.4	2.7	2.7	30	40	1.3	2.6
50	33.3	27.8	2.3	2.3	40	50	1.5	3.0
60	29.8	29.8	2.1	2.1	50	60	1.7	3.4
70	27.2	31.7	1.9	1.9	60	70	2.1	4.1
80	25.0	33.4	1.7	1.7	70	80	2.7	5.4
90	23.3	35.0	1.6	1.6	80	90	4.6	9.2
100	21.9	36.4	1.5	1.5	90	100	14.7	29.5
110	20.6	37.8	1.4	1.4	100	110	3.3	6.7
120	19.6	39.1	1.3	1.3	110	120	2.3	4.7
130	18.6	40.4	1.3	1.3	120	130	1.9	3.7
140	17.8	41.6	1.2	1.2	130	140	1.6	3.2
150	17.1	42.7	1.1	1.1	140	150	1.4	2.8
160	16.4	43.8	1.1	1.1	150	160	1.3	2.5
170	15.8	44.9	1.1	1.1	160	170	1.1	2.3
180	15.3	45.9	1.0	1.0	170	180	1.1	2.1

Fuente. Elaboración propia

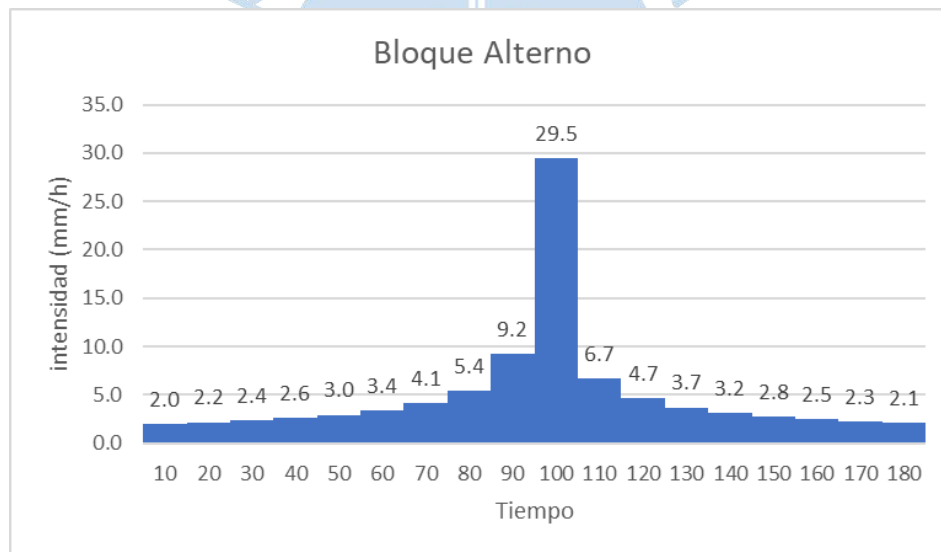


Figura A.23. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años. Ecuación obtenida: $y = 384.7x^{-0.607}$

Tabla A.24. Cálculo de intensidades, Tr 500 años

Tr 500 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	95.1	15.8	15.8	15.8	0	10	1.1	2.2
20	62.4	20.8	5.0	5.0	10	20	1.2	2.4
30	48.8	24.4	3.6	3.6	20	30	1.3	2.6
40	41.0	27.3	2.9	2.9	30	40	1.4	2.8
50	35.8	29.8	2.5	2.5	40	50	1.6	3.2
60	32.0	32.0	2.2	2.2	50	60	1.8	3.7
70	29.2	34.0	2.0	2.0	60	70	2.2	4.4
80	26.9	35.9	1.8	1.8	70	80	2.9	5.8
90	25.1	37.6	1.7	1.7	80	90	5.0	9.9
100	23.5	39.2	1.6	1.6	90	100	15.8	31.7
110	22.2	40.7	1.5	1.5	100	110	3.6	7.2
120	21.0	42.1	1.4	1.4	110	120	2.5	5.0
130	20.0	43.4	1.3	1.3	120	130	2.0	4.0
140	19.2	44.7	1.3	1.3	130	140	1.7	3.4
150	18.4	45.9	1.2	1.2	140	150	1.5	3.0
160	17.7	47.1	1.2	1.2	150	160	1.3	2.7
170	17.0	48.3	1.1	1.1	160	170	1.2	2.5
180	16.5	49.4	1.1	1.1	170	180	1.1	2.3

Fuente. Elaboración propia

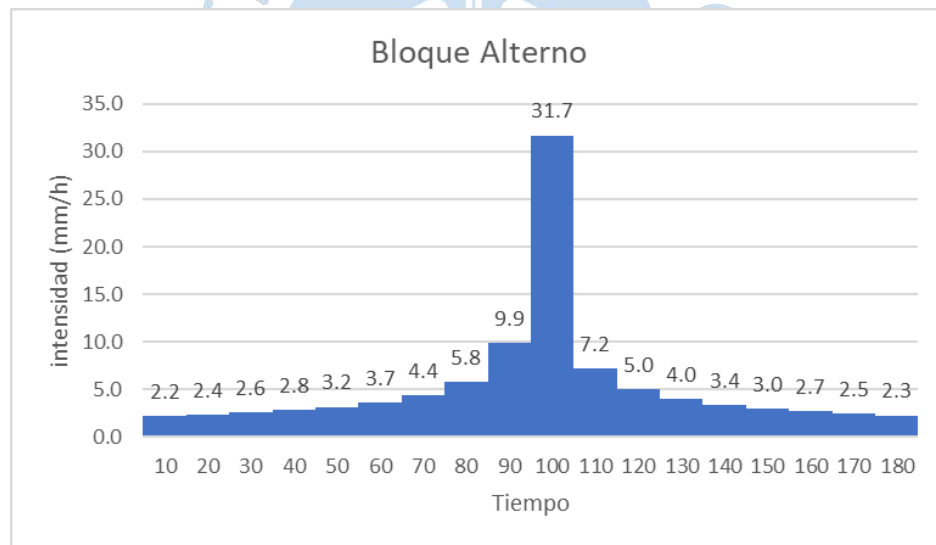


Figura A.24. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02:

Tr = 2 años. Ecuación obtenida: $y = 154.17x^{-0.607}$

Tabla A.25. Cálculo de intensidades, Tr 2 años

Tr 2 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	38.1	6.4	6.4	6.4	0	10	0.4	0.9
20	25.0	8.3	2.0	2.0	10	20	0.5	0.9
30	19.6	9.8	1.4	1.4	20	30	0.5	1.0
40	16.4	11.0	1.2	1.2	30	40	0.6	1.1
50	14.3	12.0	1.0	1.0	40	50	0.6	1.3
60	12.8	12.8	0.9	0.9	50	60	0.7	1.5
70	11.7	13.6	0.8	0.8	60	70	0.9	1.8
80	10.8	14.4	0.7	0.7	70	80	1.2	2.3
90	10.0	15.1	0.7	0.7	80	90	2.0	4.0
100	9.4	15.7	0.6	0.6	90	100	6.4	12.7
110	8.9	16.3	0.6	0.6	100	110	1.4	2.9
120	8.4	16.9	0.6	0.6	110	120	1.0	2.0
130	8.0	17.4	0.5	0.5	120	130	0.8	1.6
140	7.7	17.9	0.5	0.5	130	140	0.7	1.4
150	7.4	18.4	0.5	0.5	140	150	0.6	1.2
160	7.1	18.9	0.5	0.5	150	160	0.5	1.1
170	6.8	19.3	0.5	0.5	160	170	0.5	1.0
180	6.6	19.8	0.4	0.4	170	180	0.5	0.9

Fuente. Elaboración propia

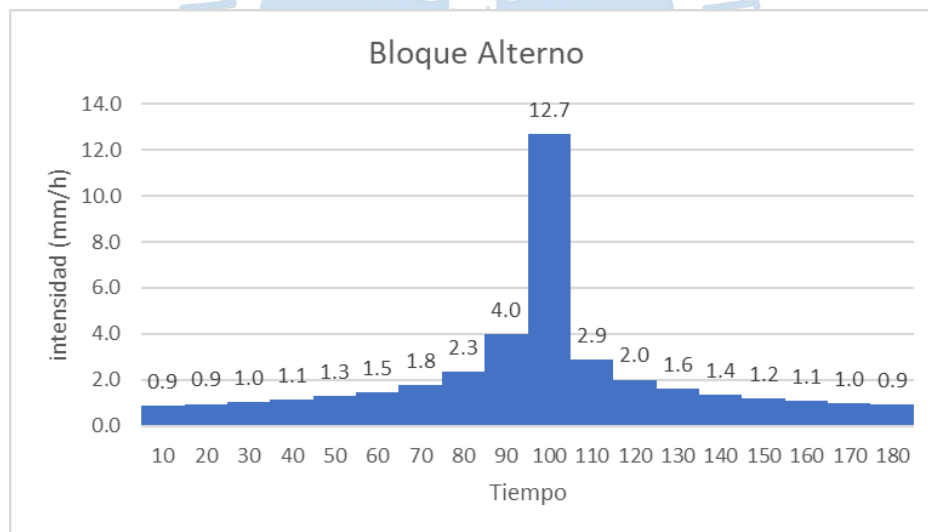


Figura A.25. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años. Ecuación obtenida: $y = 189.65x^{-0.607}$

Tabla A.26. Cálculo de intensidades, Tr 5 años

Tr 5 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	46.9	7.8	7.8	7.8	0	10	0.5	1.1
20	30.8	10.3	2.4	2.4	10	20	0.6	1.2
30	24.1	12.0	1.8	1.8	20	30	0.6	1.3
40	20.2	13.5	1.4	1.4	30	40	0.7	1.4
50	17.6	14.7	1.2	1.2	40	50	0.8	1.6
60	15.8	15.8	1.1	1.1	50	60	0.9	1.8
70	14.4	16.8	1.0	1.0	60	70	1.1	2.2
80	13.3	17.7	0.9	0.9	70	80	1.4	2.9
90	12.4	18.5	0.8	0.8	80	90	2.4	4.9
100	11.6	19.3	0.8	0.8	90	100	7.8	15.6
110	10.9	20.0	0.7	0.7	100	110	1.8	3.5
120	10.4	20.7	0.7	0.7	110	120	1.2	2.5
130	9.9	21.4	0.7	0.7	120	130	1.0	2.0
140	9.4	22.0	0.6	0.6	130	140	0.8	1.7
150	9.1	22.6	0.6	0.6	140	150	0.7	1.5
160	8.7	23.2	0.6	0.6	150	160	0.7	1.3
170	8.4	23.8	0.6	0.6	160	170	0.6	1.2
180	8.1	24.3	0.5	0.5	170	180	0.6	1.1

Fuente. Elaboración propia

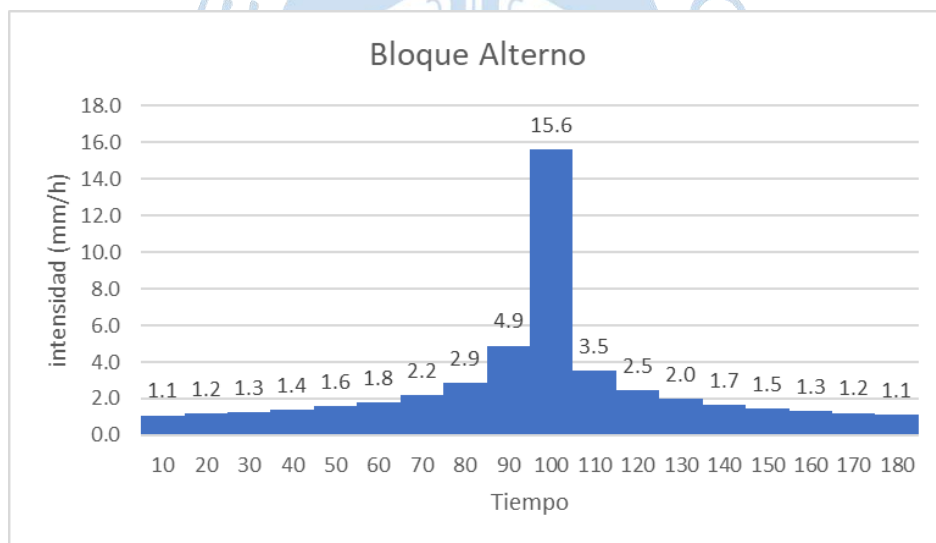


Figura A.26. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años. Ecuación obtenida: $y = 211.36x^{-0.607}$

Tabla A.27. Cálculo de intensidades, Tr 10 años

Tr 10 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	52.2	8.7	8.7	8.7	0	10	0.6	1.2
20	34.3	11.4	2.7	2.7	10	20	0.6	1.3
30	26.8	13.4	2.0	2.0	20	30	0.7	1.4
40	22.5	15.0	1.6	1.6	30	40	0.8	1.6
50	19.7	16.4	1.4	1.4	40	50	0.9	1.7
60	17.6	17.6	1.2	1.2	50	60	1.0	2.0
70	16.0	18.7	1.1	1.1	60	70	1.2	2.4
80	14.8	19.7	1.0	1.0	70	80	1.6	3.2
90	13.8	20.6	0.9	0.9	80	90	2.7	5.5
100	12.9	21.5	0.9	0.9	90	100	8.7	17.4
110	12.2	22.3	0.8	0.8	100	110	2.0	4.0
120	11.6	23.1	0.8	0.8	110	120	1.4	2.8
130	11.0	23.9	0.7	0.7	120	130	1.1	2.2
140	10.5	24.6	0.7	0.7	130	140	0.9	1.9
150	10.1	25.2	0.7	0.7	140	150	0.8	1.6
160	9.7	25.9	0.6	0.6	150	160	0.7	1.5
170	9.4	26.5	0.6	0.6	160	170	0.7	1.4
180	9.0	27.1	0.6	0.6	170	180	0.6	1.2

Fuente. Elaboración propia

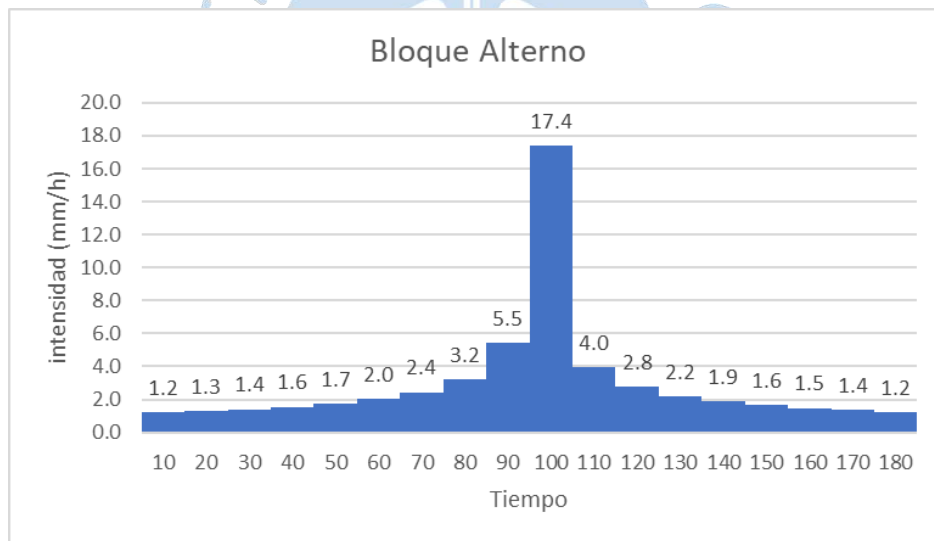


Figura A.27. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años. Ecuación obtenida: $y = 237.27x^{-0.607}$

Tabla A.28. Cálculo de intensidades, Tr 25 años

Tr 25 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	58.6	9.8	9.8	9.8	0	10	0.7	1.4
20	38.5	12.8	3.1	3.1	10	20	0.7	1.5
30	30.1	15.1	2.2	2.2	20	30	0.8	1.6
40	25.3	16.9	1.8	1.8	30	40	0.9	1.7
50	22.1	18.4	1.5	1.5	40	50	1.0	2.0
60	19.8	19.8	1.4	1.4	50	60	1.1	2.3
70	18.0	21.0	1.2	1.2	60	70	1.4	2.7
80	16.6	22.1	1.1	1.1	70	80	1.8	3.6
90	15.5	23.2	1.0	1.0	80	90	3.1	6.1
100	14.5	24.2	1.0	1.0	90	100	9.8	19.5
110	13.7	25.1	0.9	0.9	100	110	2.2	4.4
120	13.0	26.0	0.9	0.9	110	120	1.5	3.1
130	12.4	26.8	0.8	0.8	120	130	1.2	2.5
140	11.8	27.6	0.8	0.8	130	140	1.0	2.1
150	11.3	28.3	0.8	0.8	140	150	0.9	1.8
160	10.9	29.1	0.7	0.7	150	160	0.8	1.7
170	10.5	29.8	0.7	0.7	160	170	0.8	1.5
180	10.1	30.4	0.7	0.7	170	180	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

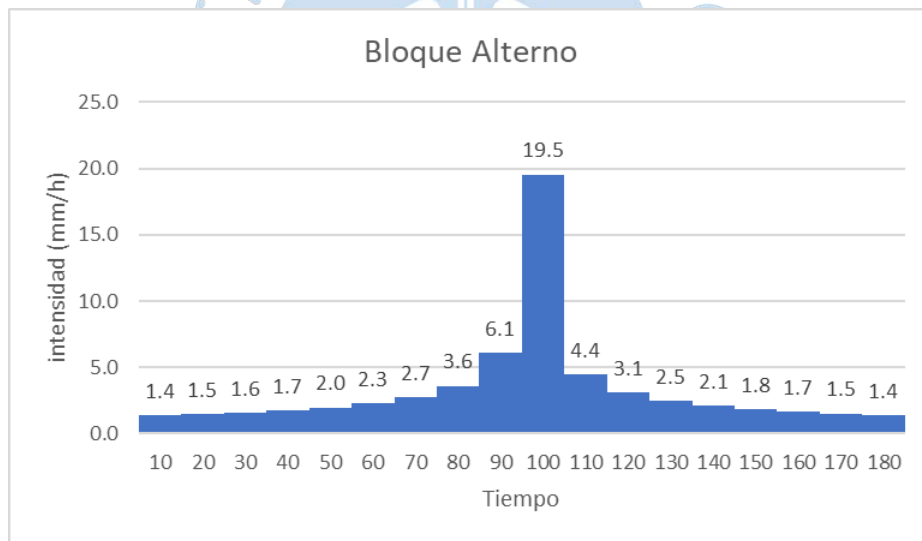


Figura A.28. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años. Ecuación obtenida: $y = 255.68x^{-0.607}$

Tabla A.29. Cálculo de intensidades, Tr 50 años

Tr 50 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	63.2	10.5	10.5	10.5	0	10	0.7	1.5
20	41.5	13.8	3.3	3.3	10	20	0.8	1.6
30	32.4	16.2	2.4	2.4	20	30	0.9	1.7
40	27.2	18.2	1.9	1.9	30	40	0.9	1.9
50	23.8	19.8	1.7	1.7	40	50	1.1	2.1
60	21.3	21.3	1.5	1.5	50	60	1.2	2.4
70	19.4	22.6	1.3	1.3	60	70	1.5	2.9
80	17.9	23.8	1.2	1.2	70	80	1.9	3.9
90	16.7	25.0	1.1	1.1	80	90	3.3	6.6
100	15.6	26.0	1.1	1.1	90	100	10.5	21.1
110	14.7	27.0	1.0	1.0	100	110	2.4	4.8
120	14.0	28.0	0.9	0.9	110	120	1.7	3.3
130	13.3	28.9	0.9	0.9	120	130	1.3	2.7
140	12.7	29.7	0.9	0.9	130	140	1.1	2.3
150	12.2	30.5	0.8	0.8	140	150	1.0	2.0
160	11.7	31.3	0.8	0.8	150	160	0.9	1.8
170	11.3	32.1	0.8	0.8	160	170	0.8	1.6
180	10.9	32.8	0.7	0.7	170	180	0.8	1.5

Fuente. Elaboración propia

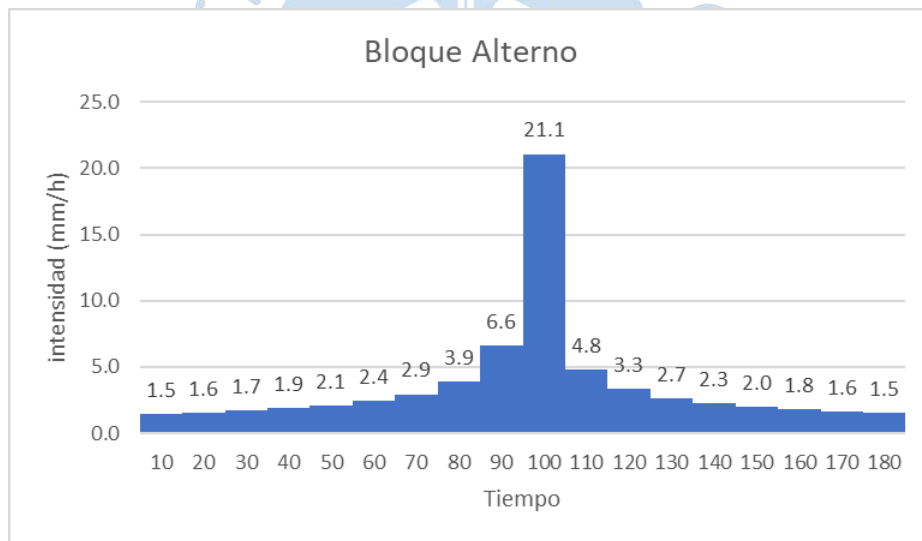


Figura A.29. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años. Ecuación obtenida: $y = 273.45x^{-0.607}$

Tabla A.30. Cálculo de intensidades, Tr 100 años

Tr 100 años								
Tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	67.6	11.3	11.3	11.3	0	10	0.8	1.6
20	44.4	14.8	3.5	3.5	10	20	0.8	1.7
30	34.7	17.3	2.6	2.6	20	30	0.9	1.8
40	29.1	19.4	2.1	2.1	30	40	1.0	2.0
50	25.4	21.2	1.8	1.8	40	50	1.1	2.3
60	22.8	22.8	1.6	1.6	50	60	1.3	2.6
70	20.7	24.2	1.4	1.4	60	70	1.6	3.2
80	19.1	25.5	1.3	1.3	70	80	2.1	4.2
90	17.8	26.7	1.2	1.2	80	90	3.5	7.1
100	16.7	27.8	1.1	1.1	90	100	11.3	22.5
110	15.8	28.9	1.1	1.1	100	110	2.6	5.1
120	15.0	29.9	1.0	1.0	110	120	1.8	3.6
130	14.2	30.9	1.0	1.0	120	130	1.4	2.8
140	13.6	31.8	0.9	0.9	130	140	1.2	2.4
150	13.1	32.7	0.9	0.9	140	150	1.1	2.1
160	12.6	33.5	0.8	0.8	150	160	1.0	1.9
170	12.1	34.3	0.8	0.8	160	170	0.9	1.7
180	11.7	35.1	0.8	0.8	170	180	0.8	1.6

Fuente. Elaboración propia

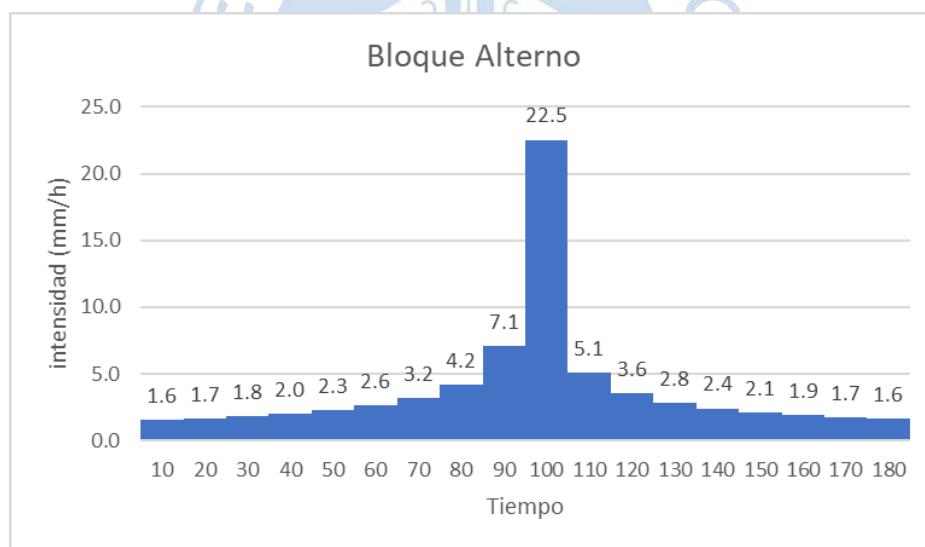


Figura A.30. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años. Ecuación obtenida: $y = 290.8x^{-0.607}$

Tabla A.31. Cálculo de intensidades, Tr 200 años

Tr 200 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	71.9	12.0	12.0	12.0	0	10	0.8	1.7
20	47.2	15.7	3.8	3.8	10	20	0.9	1.8
30	36.9	18.4	2.7	2.7	20	30	1.0	1.9
40	31.0	20.7	2.2	2.2	30	40	1.1	2.1
50	27.1	22.5	1.9	1.9	40	50	1.2	2.4
60	24.2	24.2	1.7	1.7	50	60	1.4	2.8
70	22.1	25.7	1.5	1.5	60	70	1.7	3.4
80	20.3	27.1	1.4	1.4	70	80	2.2	4.4
90	18.9	28.4	1.3	1.3	80	90	3.8	7.5
100	17.8	29.6	1.2	1.2	90	100	12.0	24.0
110	16.8	30.7	1.1	1.1	100	110	2.7	5.4
120	15.9	31.8	1.1	1.1	110	120	1.9	3.8
130	15.2	32.8	1.0	1.0	120	130	1.5	3.0
140	14.5	33.8	1.0	1.0	130	140	1.3	2.6
150	13.9	34.7	0.9	0.9	140	150	1.1	2.3
160	13.4	35.6	0.9	0.9	150	160	1.0	2.0
170	12.9	36.5	0.9	0.9	160	170	0.9	1.9
180	12.4	37.3	0.8	0.8	170	180	0.9	1.7

Fuente. Elaboración propia

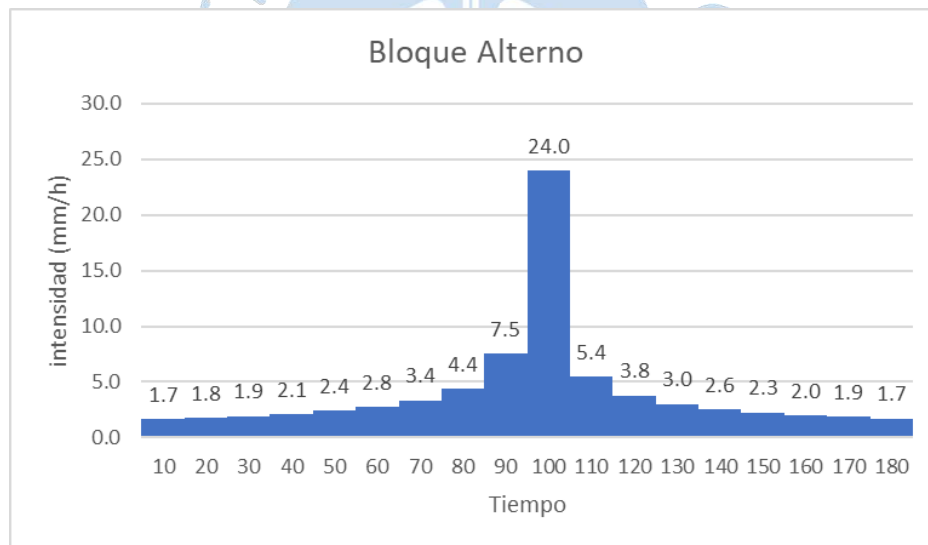


Figura A.31. Hietograma de diseño: Método del bloque alternativo. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años.

Ecuación obtenida: $y = 313.3x^{-0.607}$

Tabla A.32. Cálculo de intensidades, Tr 500 años

Tr 500 años								
tiempo	i (mm/h)	P acum	P increm	P orden	Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)
10	77.4	12.9	12.9	12.9	0	10	0.9	1.8
20	50.8	16.9	4.0	4.0	10	20	1.0	1.9
30	39.8	19.9	2.9	2.9	20	30	1.0	2.1
40	33.4	22.3	2.4	2.4	30	40	1.2	2.3
50	29.2	24.3	2.0	2.0	40	50	1.3	2.6
60	26.1	26.1	1.8	1.8	50	60	1.5	3.0
70	23.8	27.7	1.6	1.6	60	70	1.8	3.6
80	21.9	29.2	1.5	1.5	70	80	2.4	4.8
90	20.4	30.6	1.4	1.4	80	90	4.0	8.1
100	19.1	31.9	1.3	1.3	90	100	12.9	25.8
110	18.1	33.1	1.2	1.2	100	110	2.9	5.9
120	17.1	34.3	1.2	1.2	110	120	2.0	4.1
130	16.3	35.4	1.1	1.1	120	130	1.6	3.3
140	15.6	36.4	1.0	1.0	130	140	1.4	2.8
150	15.0	37.4	1.0	1.0	140	150	1.2	2.4
160	14.4	38.4	1.0	1.0	150	160	1.1	2.2
170	13.9	39.3	0.9	0.9	160	170	1.0	2.0
180	13.4	40.2	0.9	0.9	170	180	0.9	1.9

Fuente. Elaboración propia

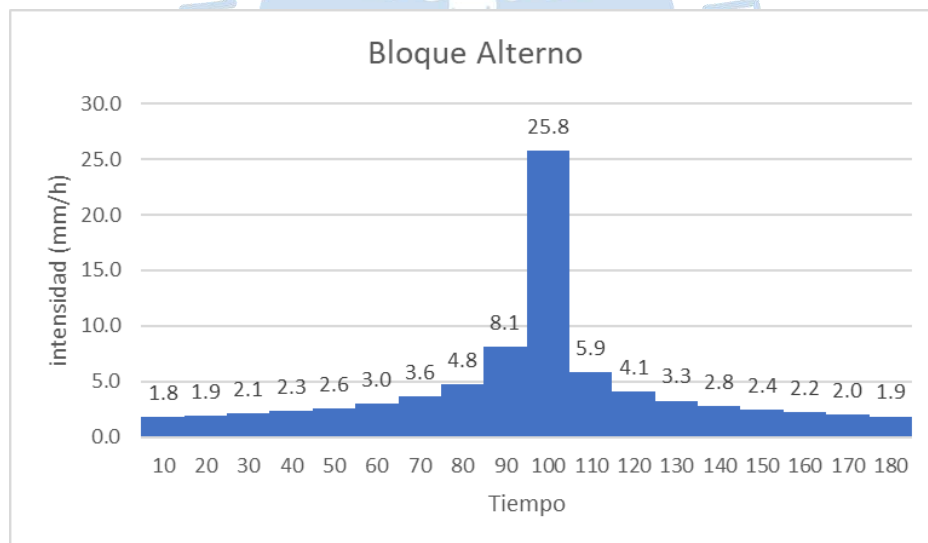


Figura A.32. Hietograma de diseño: Método del bloque alterno. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Apéndice B: Hietograma de exceso de precipitación

B.1. Cálculo de intensidades efectivas y hietograma de exceso de precipitación sin completar datos faltantes de precipitación

Cuenca 01:

Tr = 2 años.

Tabla B.1. Cálculo de ie, Tr 2 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.6	1.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.6	1.2	1.2	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.7	1.3	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.7	1.4	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.8	1.6	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	0.9	1.9	4.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.1	2.3	5.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.5	3.0	6.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.5	5.0	9.4	7.8	1.6	0.1	0.1	0.1
90	100	8.1	16.1	17.5	7.8	7.8	1.9	1.9	3.7
100	110	1.8	3.7	19.3	7.8	8.9	2.6	0.7	1.4
110	120	1.3	2.5	20.6	7.8	9.6	3.2	0.5	1.1
120	130	1.0	2.0	21.6	7.8	10.2	3.6	0.5	0.9
130	140	0.9	1.7	22.4	7.8	10.7	4.0	0.4	0.8
140	150	0.8	1.5	23.2	7.8	11.0	4.4	0.4	0.7
150	160	0.7	1.4	23.9	7.8	11.4	4.7	0.3	0.7
160	170	0.6	1.2	24.5	7.8	11.7	5.1	0.3	0.6
170	180	0.6	1.2	25.1	7.8	12.0	5.4	0.3	0.6

Fuente. Elaboración propia

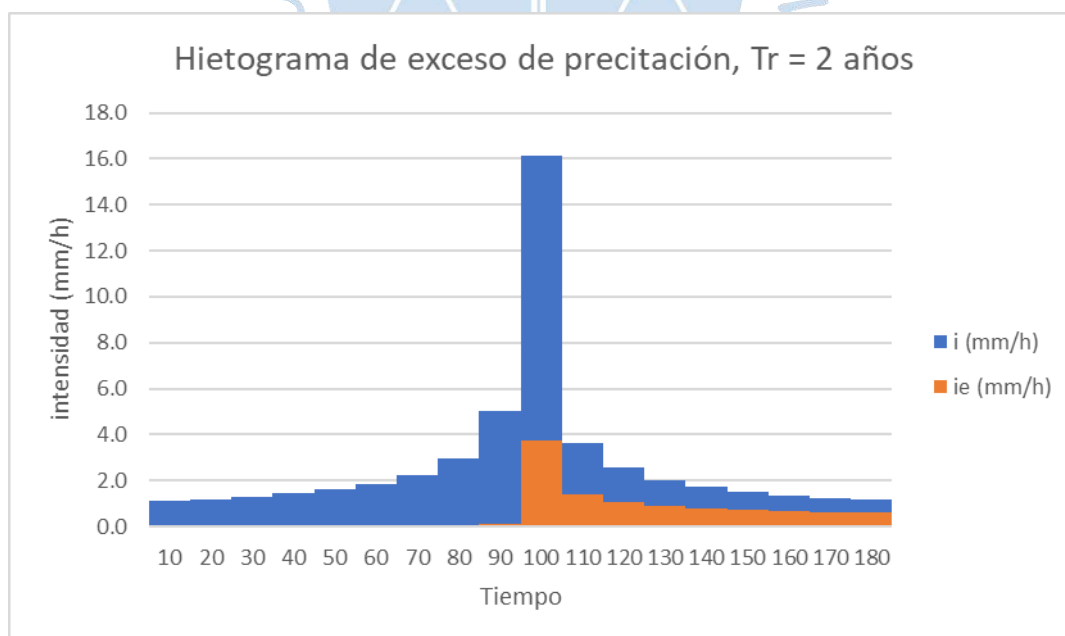


Figura B.1. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años.

Tabla B.2. Cálculo de i_e , Tr 5 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.7	1.4	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.7	1.5	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.8	1.6	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.9	1.8	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.0	2.0	4.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.1	2.3	5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.4	2.8	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.8	3.7	8.5	7.8	0.7	0.0	0.0	0.0
80	90	3.1	6.2	11.6	7.8	3.5	0.3	0.3	0.7
90	100	9.9	19.8	21.5	7.8	10.2	3.6	3.3	6.5
100	110	2.3	4.5	23.8	7.8	11.3	4.7	1.1	2.1
110	120	1.6	3.1	25.3	7.8	12.1	5.5	0.8	1.6
120	130	1.3	2.5	26.6	7.8	12.7	6.1	0.7	1.3
130	140	1.1	2.1	27.6	7.8	13.1	6.7	0.6	1.2
140	150	0.9	1.9	28.6	7.8	13.5	7.3	0.5	1.1
150	160	0.8	1.7	29.4	7.8	13.9	7.8	0.5	1.0
160	170	0.8	1.5	30.2	7.8	14.2	8.2	0.5	0.9
170	180	0.7	1.4	30.9	7.8	14.5	8.6	0.4	0.9

Fuente. Elaboración propia

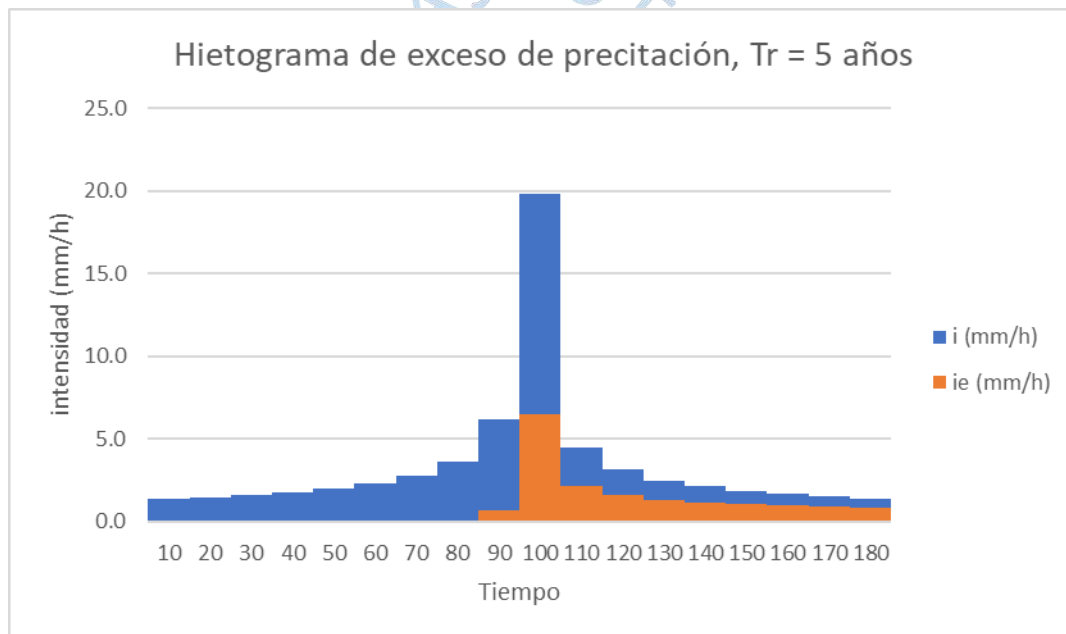


Figura B.2. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años.

Tabla B.3. Cálculo de i_e , Tr 10 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.8	1.5	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.8	1.6	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.9	1.8	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.0	2.0	3.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.1	2.2	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.3	2.6	5.9	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.5	3.1	7.4	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	2.0	4.1	9.5	7.8	1.6	0.1	0.1	0.1
80	90	3.5	6.9	12.9	7.8	4.6	0.6	0.5	1.1
90	100	11.1	22.1	24.0	7.8	11.4	4.8	4.2	8.4
100	110	2.5	5.0	26.5	7.8	12.6	6.1	1.3	2.6
110	120	1.7	3.5	28.2	7.8	13.4	7.1	1.0	2.0
120	130	1.4	2.8	29.6	7.8	14.0	7.9	0.8	1.6
130	140	1.2	2.4	30.8	7.8	14.5	8.6	0.7	1.4
140	150	1.0	2.1	31.9	7.8	14.9	9.2	0.6	1.3
150	160	0.9	1.9	32.8	7.8	15.2	9.8	0.6	1.2
160	170	0.9	1.7	33.7	7.8	15.5	10.4	0.5	1.1
170	180	0.8	1.6	34.5	7.8	15.8	10.9	0.5	1.0

Fuente. Elaboración propia

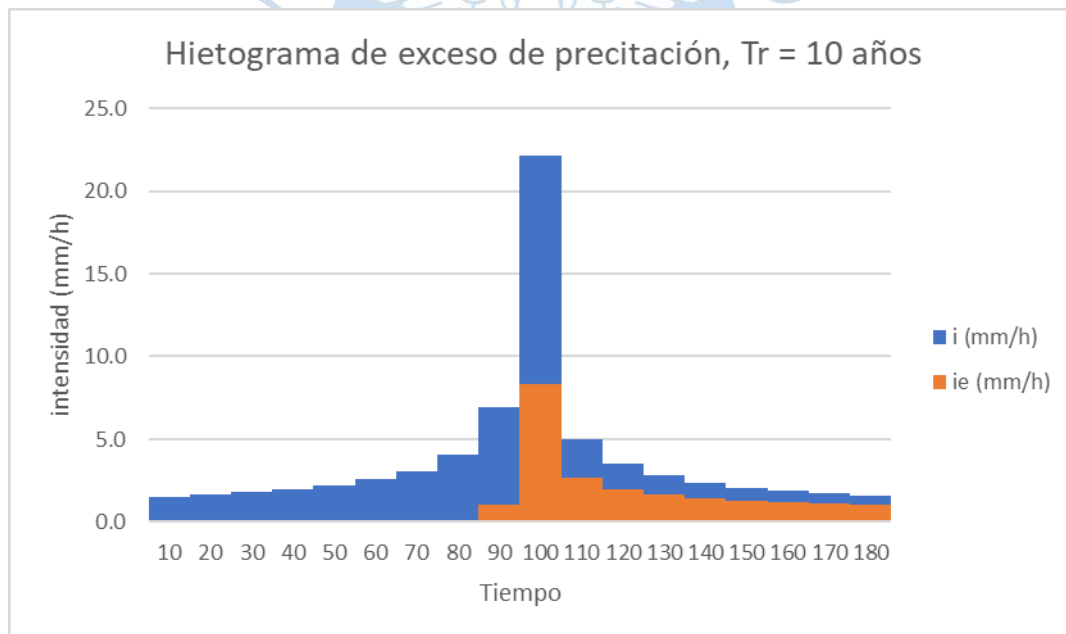


Figura B.3. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años.

Tabla B.4. Cálculo de i_e , Tr 25 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.9	1.7	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.9	1.9	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.0	2.0	2.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.1	2.2	3.9	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.2	2.5	5.1	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.4	2.9	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.7	3.5	8.3	7.8	0.6	0.0	0.0	0.0
70	80	2.3	4.6	10.6	7.8	2.7	0.2	0.2	0.4
80	90	3.9	7.8	14.5	7.8	5.7	1.0	0.8	1.6
90	100	12.4	24.9	26.9	7.8	12.8	6.3	5.3	10.7
100	110	2.8	5.6	29.8	7.8	14.0	8.0	1.6	3.2
110	120	2.0	3.9	31.7	7.8	14.8	9.1	1.2	2.4
120	130	1.6	3.1	33.3	7.8	15.4	10.1	1.0	2.0
130	140	1.3	2.7	34.6	7.8	15.9	11.0	0.9	1.7
140	150	1.2	2.3	35.8	7.8	16.3	11.8	0.8	1.5
150	160	1.1	2.1	36.9	7.8	16.6	12.5	0.7	1.4
160	170	1.0	1.9	37.8	7.8	16.9	13.1	0.7	1.3
170	180	0.9	1.8	38.7	7.8	17.2	13.7	0.6	1.2

Fuente. Elaboración propia

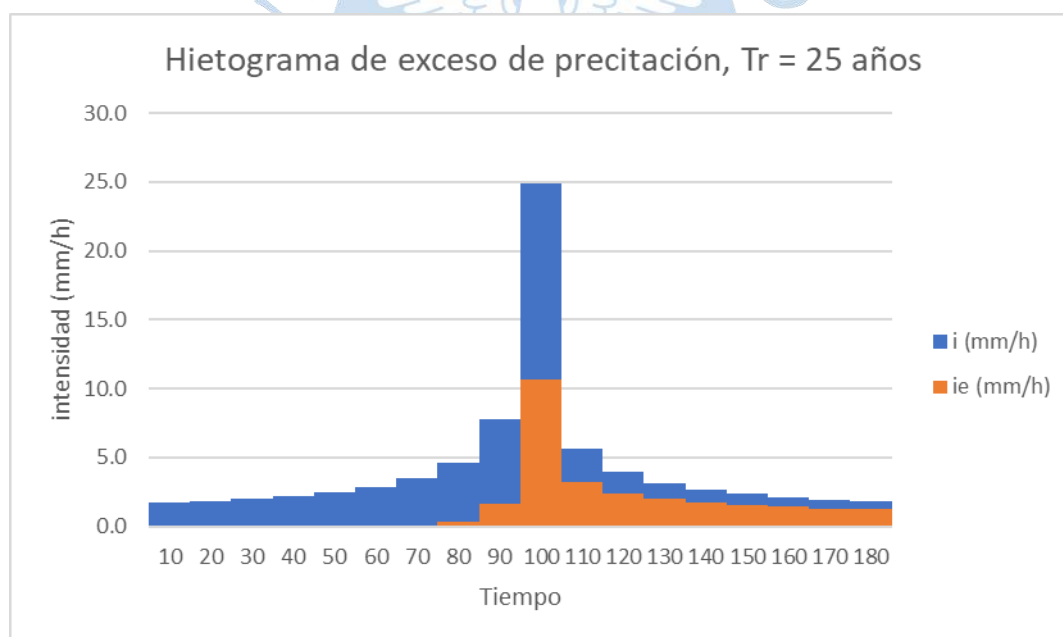


Figura B.4. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años

Tabla B.5. Cálculo de i_e , Tr 50 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.9	1.9	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.0	2.0	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.1	2.2	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.2	2.4	4.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.3	2.7	5.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.6	3.1	7.1	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.9	3.7	9.0	7.8	1.2	0.0	0.0	0.1
70	80	2.5	4.9	11.4	7.8	3.4	0.3	0.3	0.6
80	90	4.2	8.4	15.6	7.8	6.5	1.3	1.0	2.0
90	100	13.4	26.8	29.0	7.8	13.7	7.5	6.2	12.4
100	110	3.0	6.1	32.1	7.8	14.9	9.4	1.8	3.7
110	120	2.1	4.2	34.2	7.8	15.7	10.7	1.3	2.7
120	130	1.7	3.4	35.9	7.8	16.3	11.8	1.1	2.2
130	140	1.4	2.9	37.3	7.8	16.8	12.8	1.0	1.9
140	150	1.3	2.5	38.6	7.8	17.2	13.6	0.9	1.7
150	160	1.1	2.3	39.7	7.8	17.5	14.4	0.8	1.6
160	170	1.0	2.1	40.8	7.8	17.8	15.2	0.7	1.5
170	180	1.0	1.9	41.7	7.8	18.1	15.9	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

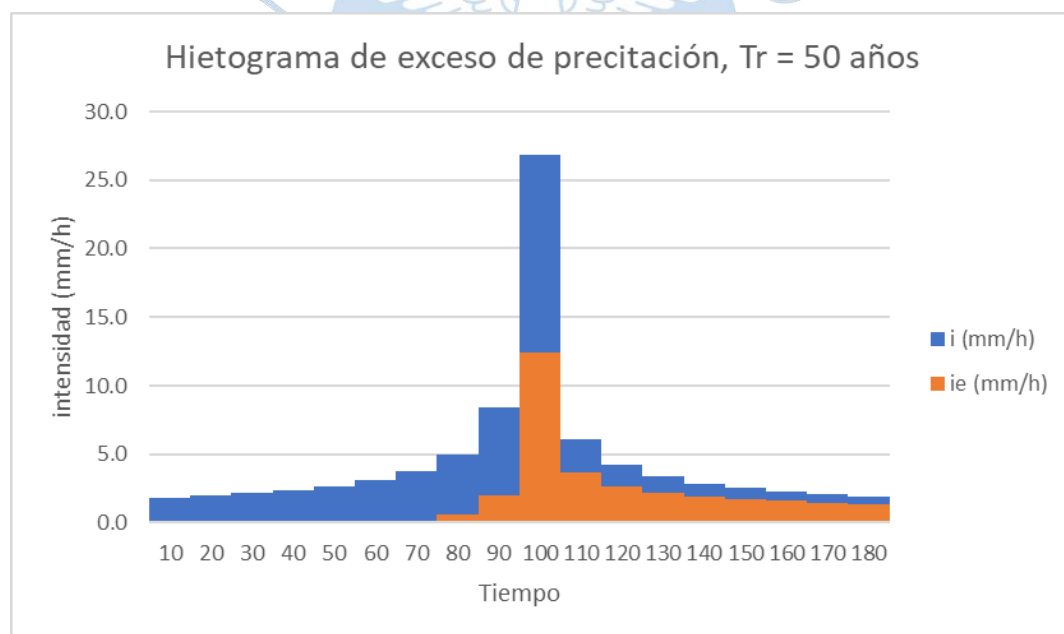


Figura B.5. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años.

Tabla B.6. Cálculo de i_e , Tr 100 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	1.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.1	2.1	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.2	2.3	3.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.3	2.6	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.4	2.9	5.9	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.7	3.3	7.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	2.0	4.0	9.6	7.8	1.8	0.1	0.1	0.2
70	80	2.6	5.3	12.2	7.8	4.0	0.5	0.4	0.8
80	90	4.5	9.0	16.7	7.8	7.3	1.7	1.2	2.4
90	100	14.3	28.7	31.1	7.8	14.6	8.7	7.1	14.1
100	110	3.3	6.5	34.3	7.8	15.8	10.8	2.0	4.1
110	120	2.3	4.5	36.6	7.8	16.5	12.3	1.5	3.0
120	130	1.8	3.6	38.4	7.8	17.1	13.5	1.2	2.5
130	140	1.5	3.1	39.9	7.8	17.6	14.6	1.1	2.1
140	150	1.4	2.7	41.3	7.8	18.0	15.5	1.0	1.9
150	160	1.2	2.4	42.5	7.8	18.3	16.4	0.9	1.7
160	170	1.1	2.2	43.6	7.8	18.6	17.2	0.8	1.6
170	180	1.0	2.1	44.6	7.8	18.9	18.0	0.8	1.5

Fuente. Elaboración propia

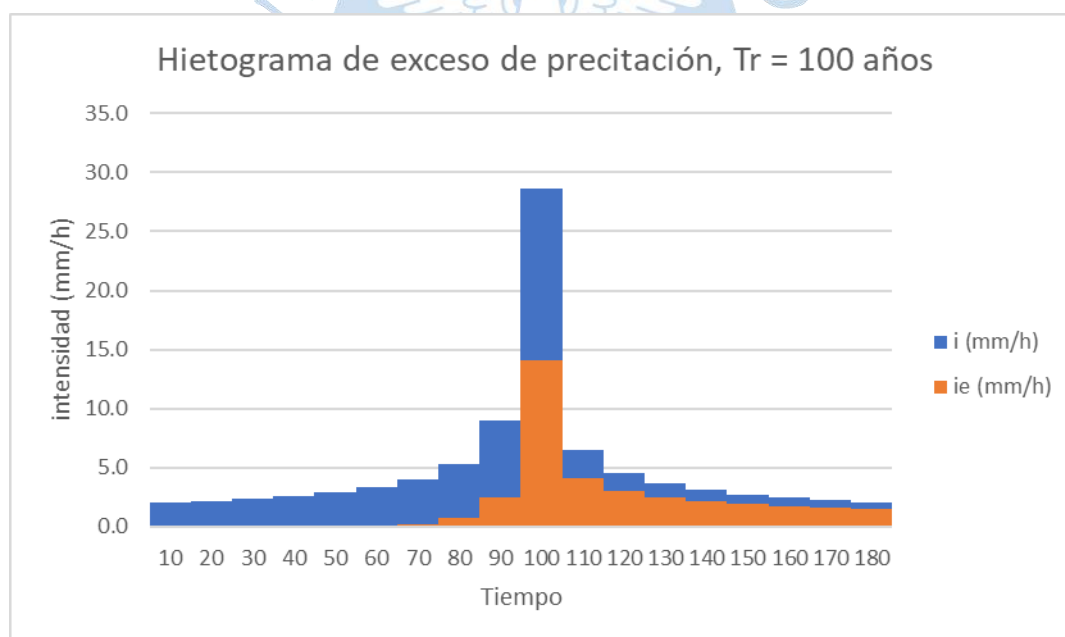


Figura B.6. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años.

Tabla B.7. Cálculo de i_e , Tr 200 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	1.1	2.1	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.1	2.3	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.2	2.5	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.4	2.7	4.8	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.5	3.1	6.3	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.8	3.5	8.1	7.8	0.3	0.0	0.0	0.0
60	70	2.1	4.3	10.2	7.8	2.3	0.1	0.1	0.3
70	80	2.8	5.6	13.0	7.8	4.6	0.6	0.5	1.0
80	90	4.8	9.5	17.8	7.8	8.0	2.1	1.4	2.9
90	100	15.2	30.5	33.0	7.8	15.3	10.0	7.9	15.8
100	110	3.5	6.9	36.5	7.8	16.5	12.2	2.3	4.5
110	120	2.4	4.8	38.9	7.8	17.3	13.9	1.6	3.3
120	130	1.9	3.9	40.8	7.8	17.9	15.2	1.3	2.7
130	140	1.6	3.3	42.5	7.8	18.3	16.4	1.2	2.3
140	150	1.4	2.9	43.9	7.8	18.7	17.4	1.0	2.1
150	160	1.3	2.6	45.2	7.8	19.1	18.4	1.0	1.9
160	170	1.2	2.4	46.4	7.8	19.4	19.3	0.9	1.8
170	180	1.1	2.2	47.5	7.8	19.6	20.1	0.8	1.6

Fuente. Elaboración propia

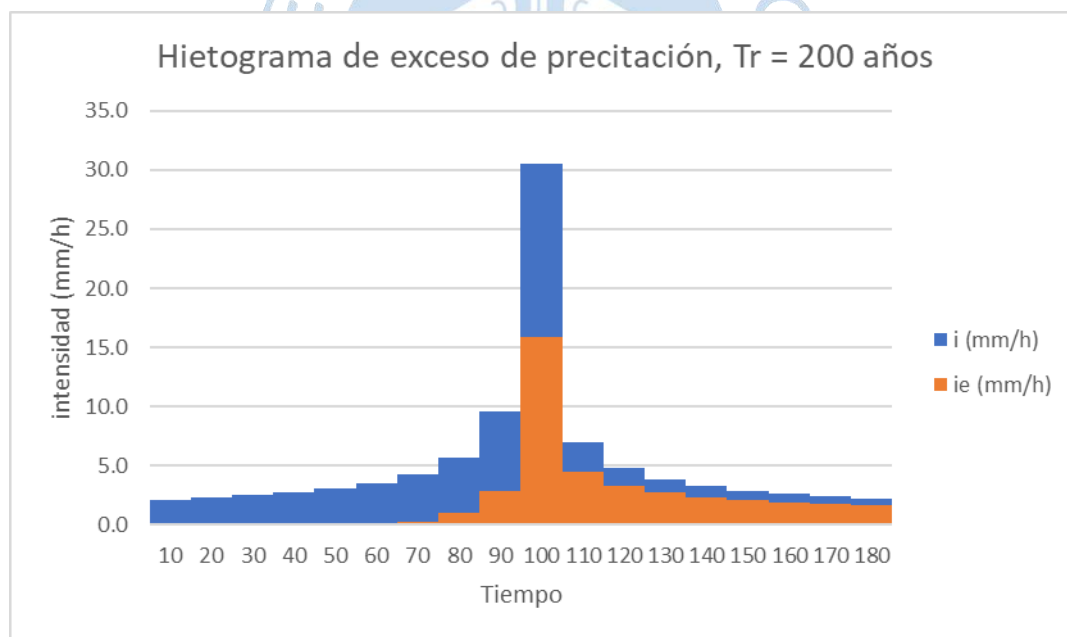


Figura B.7. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años.

Tabla B.8. Cálculo de i_e , Tr 500 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	1.1	2.3	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.2	2.4	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.3	2.7	3.7	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.5	2.9	5.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.6	3.3	6.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.9	3.8	8.7	7.8	0.9	0.0	0.0	0.0
60	70	2.3	4.6	11.0	7.8	3.0	0.3	0.2	0.5
70	80	3.0	6.1	14.0	7.8	5.4	0.9	0.6	1.2
80	90	5.1	10.3	19.2	7.8	8.8	2.6	1.7	3.4
90	100	16.4	32.9	35.6	7.8	16.2	11.6	9.0	18.1
100	110	3.7	7.5	39.3	7.8	17.4	14.2	2.5	5.1
110	120	2.6	5.2	41.9	7.8	18.2	16.0	1.8	3.7
120	130	2.1	4.2	44.0	7.8	18.7	17.5	1.5	3.0
130	140	1.8	3.5	45.8	7.8	19.2	18.8	1.3	2.6
140	150	1.6	3.1	47.3	7.8	19.6	20.0	1.2	2.3
150	160	1.4	2.8	48.7	7.8	19.9	21.0	1.1	2.1
160	170	1.3	2.5	50.0	7.8	20.2	22.0	1.0	2.0
170	180	1.2	2.4	51.2	7.8	20.5	22.9	0.9	1.8

Fuente. Elaboración propia

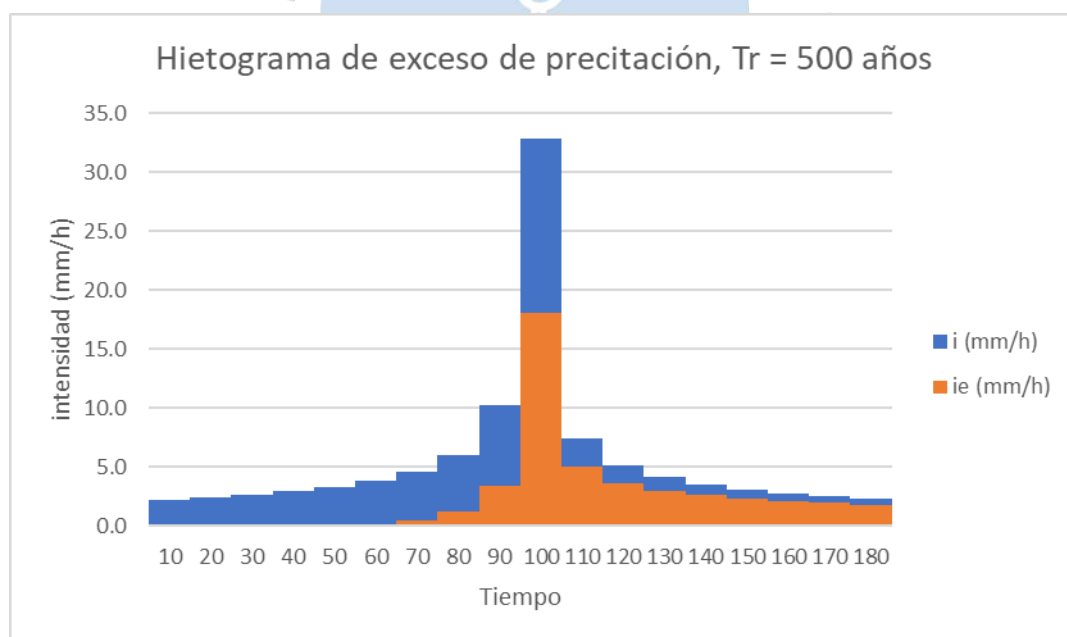


Figura B.8. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02:

Tr = 2 años.

Tabla B.9. Cálculo de i_e , Tr 2 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.4	0.9	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.5	1.0	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.5	1.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.6	1.1	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.6	1.3	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	0.7	1.5	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	0.9	1.8	4.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.2	2.4	5.5	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.0	4.0	7.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0
90	100	6.4	12.9	13.9	7.8	5.3	0.9	0.9	1.7
100	110	1.5	2.9	15.4	7.8	6.4	1.3	0.4	0.8
110	120	1.0	2.0	16.4	7.8	7.1	1.6	0.3	0.6
120	130	0.8	1.6	17.2	7.8	7.6	1.9	0.3	0.6
130	140	0.7	1.4	17.9	7.8	8.1	2.1	0.3	0.5
140	150	0.6	1.2	18.5	7.8	8.4	2.3	0.2	0.5
150	160	0.5	1.1	19.1	7.8	8.8	2.6	0.2	0.4
160	170	0.5	1.0	19.6	7.8	9.1	2.8	0.2	0.4
170	180	0.5	0.9	20.0	7.8	9.3	3.0	0.2	0.4

Fuente. Elaboración propia

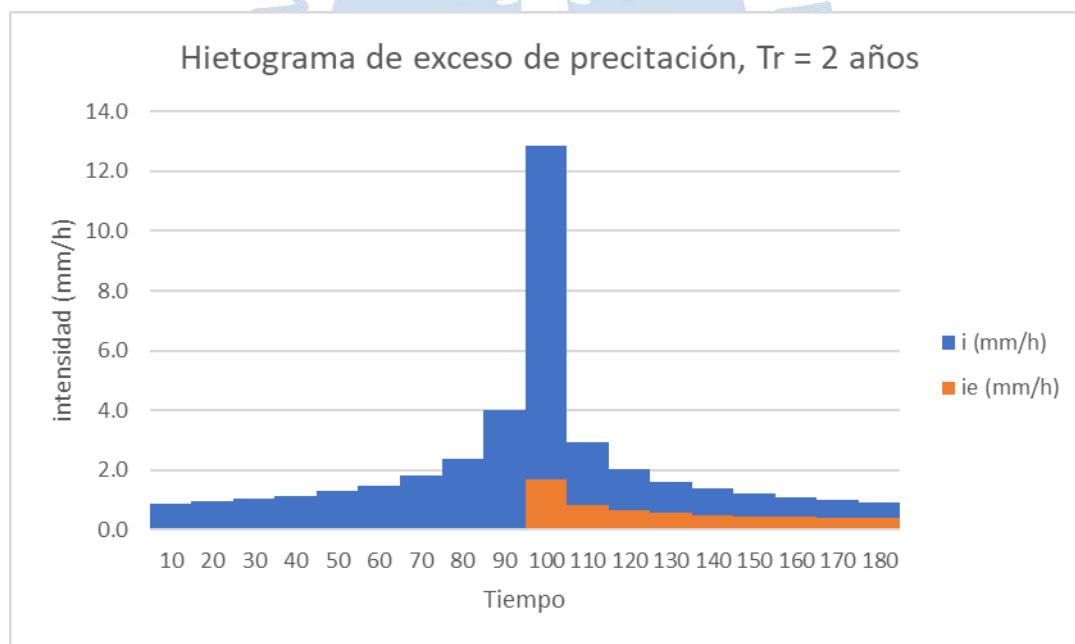


Figura B.9. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años.

Tabla B.10. Cálculo de ie, Tr 5 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.6	1.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.6	1.2	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.6	1.3	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.7	1.4	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.8	1.6	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	0.9	1.8	4.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.1	2.2	5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.5	2.9	6.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.5	5.0	9.3	7.8	1.5	0.1	0.1	0.1
90	100	8.0	16.0	17.3	7.8	7.7	1.9	1.8	3.6
100	110	1.8	3.6	19.1	7.8	8.8	2.6	0.7	1.4
110	120	1.3	2.5	20.4	7.8	9.5	3.1	0.5	1.0
120	130	1.0	2.0	21.4	7.8	10.1	3.5	0.4	0.9
130	140	0.9	1.7	22.2	7.8	10.5	3.9	0.4	0.8
140	150	0.8	1.5	23.0	7.8	10.9	4.3	0.4	0.7
150	160	0.7	1.4	23.7	7.8	11.3	4.6	0.3	0.7
160	170	0.6	1.2	24.3	7.8	11.6	4.9	0.3	0.6
170	180	0.6	1.1	24.9	7.8	11.9	5.2	0.3	0.6

Fuente. Elaboración propia

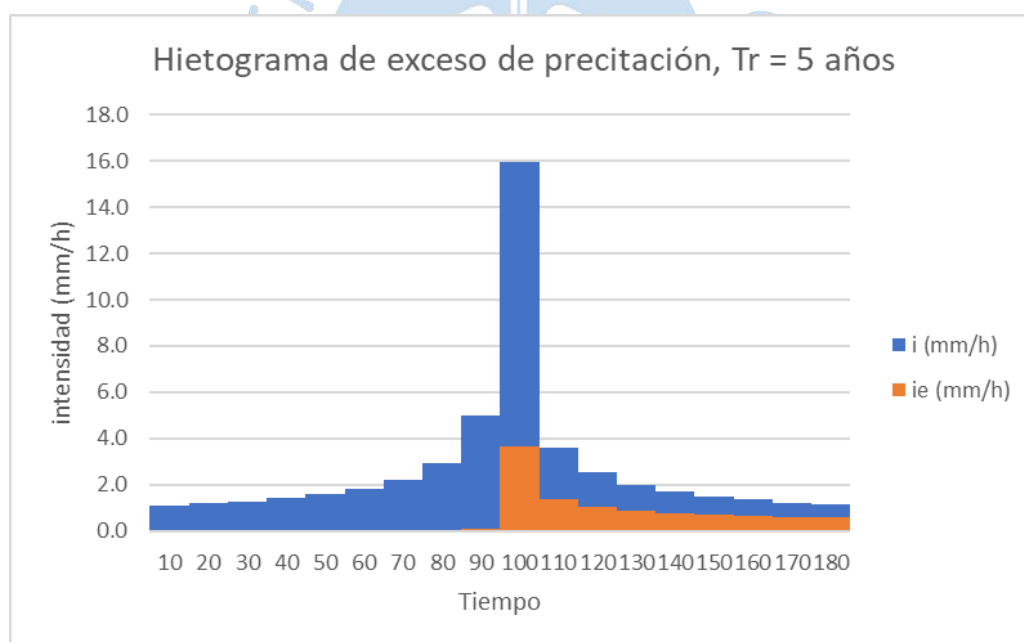


Figura B.10. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años.

Tabla B.11. Cálculo de ie, Tr 10 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.6	1.2	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.7	1.3	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.7	1.4	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.8	1.6	2.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.9	1.8	3.7	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.0	2.1	4.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.2	2.5	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.6	3.3	7.6	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.8	5.6	10.4	7.8	2.5	0.2	0.2	0.3
90	100	8.9	17.9	19.4	7.8	8.9	2.7	2.5	5.0
100	110	2.0	4.1	21.4	7.8	10.1	3.5	0.9	1.7
110	120	1.4	2.8	22.8	7.8	10.8	4.2	0.7	1.3
120	130	1.1	2.3	23.9	7.8	11.4	4.8	0.6	1.1
130	140	1.0	1.9	24.9	7.8	11.9	5.2	0.5	1.0
140	150	0.8	1.7	25.7	7.8	12.3	5.7	0.4	0.9
150	160	0.8	1.5	26.5	7.8	12.6	6.1	0.4	0.8
160	170	0.7	1.4	27.2	7.8	12.9	6.5	0.4	0.8
170	180	0.6	1.3	27.8	7.8	13.2	6.8	0.4	0.7

Fuente. Elaboración propia

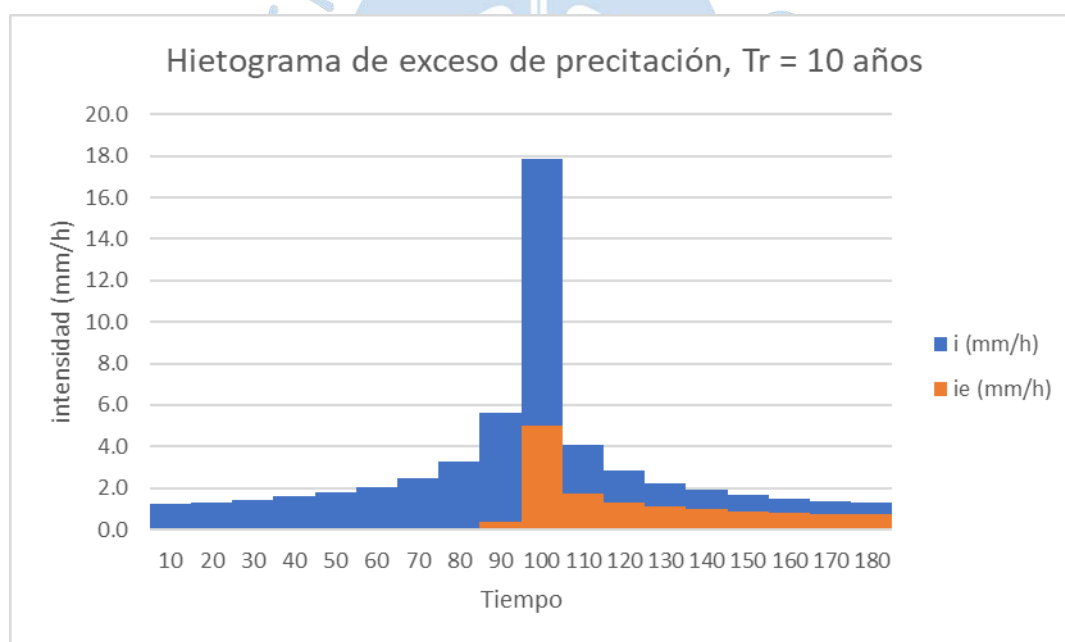


Figura B.11. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años.

Tabla B.12. Cálculo de ie, Tr 25 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.7	1.4	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.8	1.5	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.8	1.6	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.9	1.8	3.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.0	2.0	4.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.2	2.3	5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.4	2.8	6.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.9	3.7	8.6	7.8	0.8	0.0	0.0	0.0
80	90	3.2	6.3	11.8	7.8	3.6	0.4	0.4	0.7
90	100	10.1	20.2	21.8	7.8	10.3	3.8	3.4	6.8
100	110	2.3	4.6	24.1	7.8	11.5	4.9	1.1	2.2
110	120	1.6	3.2	25.7	7.8	12.3	5.7	0.8	1.7
120	130	1.3	2.5	27.0	7.8	12.9	6.4	0.7	1.4
130	140	1.1	2.2	28.1	7.8	13.3	7.0	0.6	1.2
140	150	1.0	1.9	29.0	7.8	13.7	7.5	0.5	1.1
150	160	0.9	1.7	29.9	7.8	14.1	8.0	0.5	1.0
160	170	0.8	1.6	30.7	7.8	14.4	8.5	0.5	0.9
170	180	0.7	1.4	31.4	7.8	14.7	8.9	0.4	0.9

Fuente. Elaboración propia

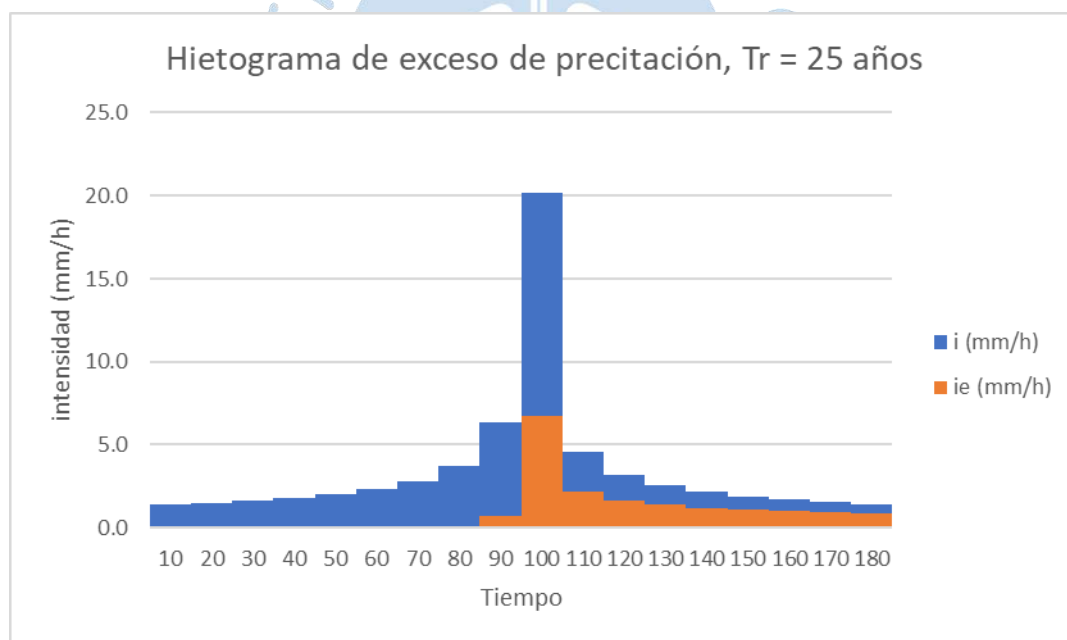


Figura B.12. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años.

Tabla B.13. Cálculo de ie, Tr 50 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.8	1.5	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.8	1.6	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.9	1.8	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.0	1.9	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.1	2.2	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.3	2.5	5.8	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.5	3.0	7.3	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	2.0	4.0	9.3	7.8	1.5	0.1	0.1	0.1
80	90	3.4	6.8	12.7	7.8	4.4	0.6	0.5	1.0
90	100	10.9	21.8	23.6	7.8	11.3	4.6	4.0	8.1
100	110	2.5	4.9	26.1	7.8	12.4	5.9	1.3	2.6
110	120	1.7	3.4	27.8	7.8	13.2	6.8	1.0	1.9
120	130	1.4	2.8	29.2	7.8	13.8	7.6	0.8	1.6
130	140	1.2	2.3	30.4	7.8	14.3	8.3	0.7	1.4
140	150	1.0	2.1	31.4	7.8	14.7	8.9	0.6	1.2
150	160	0.9	1.8	32.3	7.8	15.0	9.5	0.6	1.1
160	170	0.8	1.7	33.2	7.8	15.3	10.0	0.5	1.1
170	180	0.8	1.6	33.9	7.8	15.6	10.5	0.5	1.0

Fuente. Elaboración propia

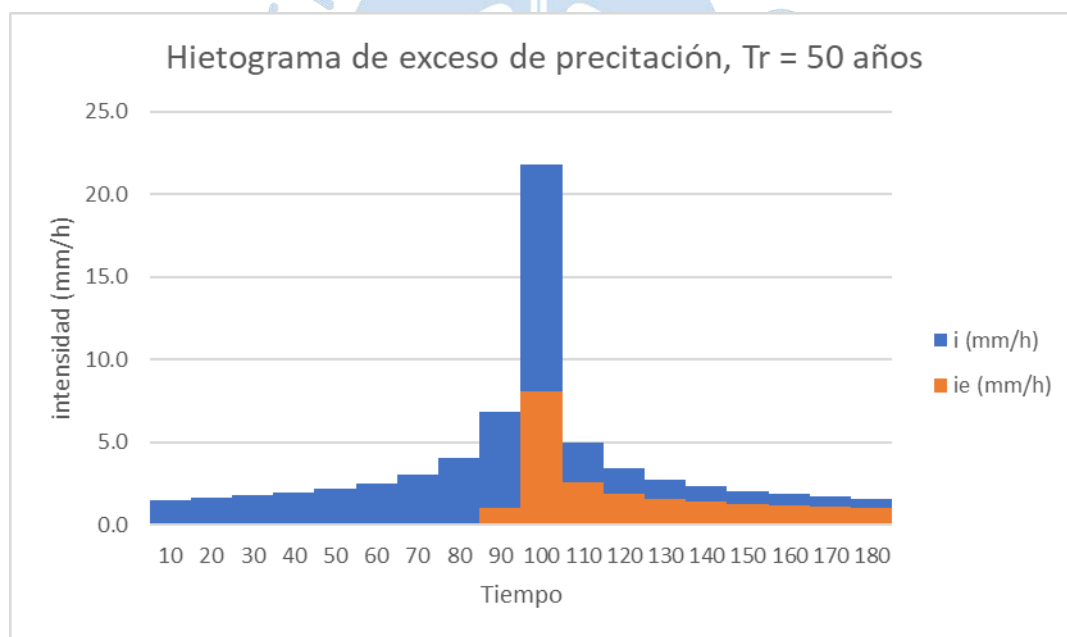


Figura B.13. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años.

Tabla B.14. Cálculo de ie, Tr 100 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.8	1.6	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.9	1.7	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.9	1.9	2.6	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.0	2.1	3.7	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.2	2.3	4.8	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.4	2.7	6.2	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.6	3.3	7.8	7.8	0.1	0.0	0.0	0.0
70	80	2.2	4.3	10.0	7.8	2.1	0.1	0.1	0.2
80	90	3.7	7.3	13.6	7.8	5.1	0.8	0.7	1.3
90	100	11.7	23.4	25.3	7.8	12.1	5.5	4.7	9.4
100	110	2.7	5.3	28.0	7.8	13.3	6.9	1.5	2.9
110	120	1.8	3.7	29.8	7.8	14.1	8.0	1.1	2.1
120	130	1.5	3.0	31.3	7.8	14.7	8.9	0.9	1.8
130	140	1.3	2.5	32.6	7.8	15.1	9.7	0.8	1.6
140	150	1.1	2.2	33.7	7.8	15.5	10.4	0.7	1.4
150	160	1.0	2.0	34.7	7.8	15.9	11.0	0.6	1.3
160	170	0.9	1.8	35.6	7.8	16.2	11.6	0.6	1.2
170	180	0.8	1.7	36.4	7.8	16.5	12.2	0.6	1.1

Fuente. Elaboración propia

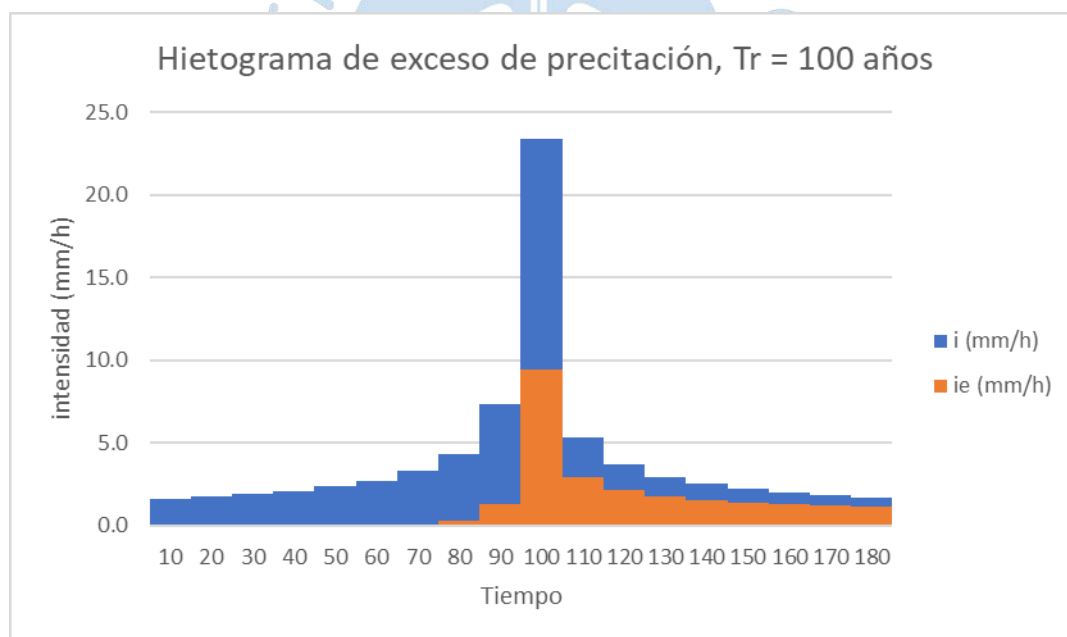


Figura B.14. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años.

Tabla B.15. Cálculo de ie, Tr 200 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.9	1.7	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.9	1.9	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.0	2.0	2.8	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.1	2.2	3.9	3.9	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.2	2.5	5.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.4	2.9	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.7	3.5	8.3	7.8	0.6	0.0	0.0	0.0
70	80	2.3	4.6	10.6	7.8	2.7	0.2	0.2	0.4
80	90	3.9	7.8	14.5	7.8	5.8	1.0	0.8	1.6
90	100	12.5	24.9	27.0	7.8	12.9	6.4	5.4	10.7
100	110	2.8	5.7	29.8	7.8	14.1	8.0	1.6	3.2
110	120	2.0	3.9	31.8	7.8	14.8	9.2	1.2	2.4
120	130	1.6	3.1	33.4	7.8	15.4	10.2	1.0	2.0
130	140	1.3	2.7	34.7	7.8	15.9	11.0	0.9	1.7
140	150	1.2	2.4	35.9	7.8	16.3	11.8	0.8	1.5
150	160	1.1	2.1	36.9	7.8	16.7	12.5	0.7	1.4
160	170	1.0	1.9	37.9	7.8	17.0	13.2	0.7	1.3
170	180	0.9	1.8	38.8	7.8	17.2	13.8	0.6	1.2

Fuente. Elaboración propia

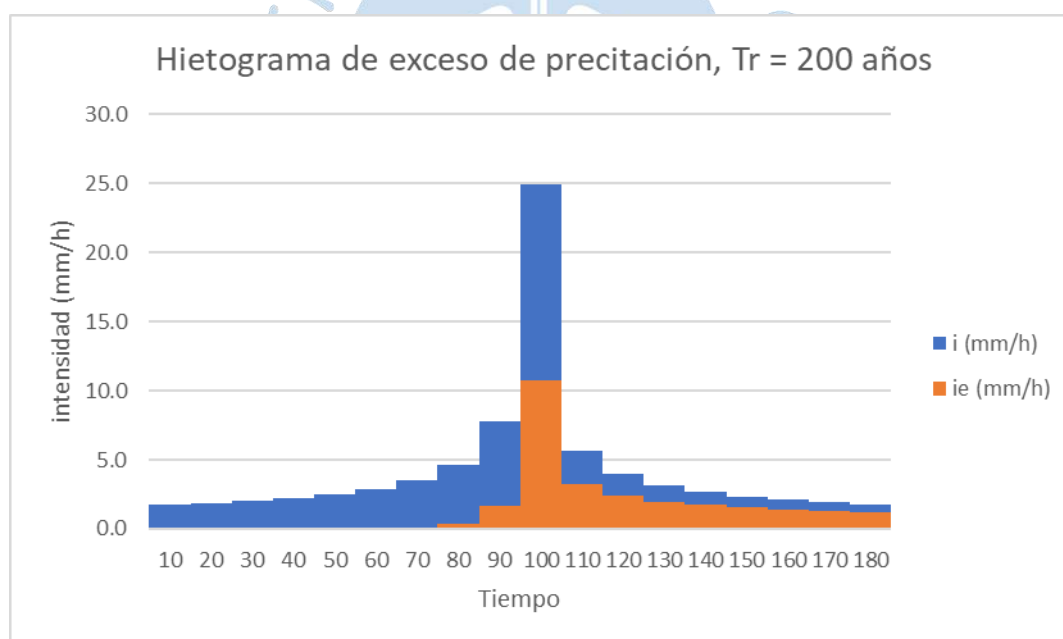


Figura B.15. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años.

Tabla B.16. Cálculo de ie, Tr 500 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.9	1.9	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.0	2.0	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.1	2.2	3.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.2	2.4	4.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.4	2.7	5.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.6	3.1	7.1	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.9	3.8	9.0	7.8	1.2	0.0	0.0	0.1
70	80	2.5	5.0	11.5	7.8	3.4	0.3	0.3	0.6
80	90	4.2	8.4	15.7	7.8	6.6	1.4	1.0	2.1
90	100	13.5	26.9	29.2	7.8	13.8	7.6	6.3	12.5
100	110	3.1	6.1	32.2	7.8	15.0	9.5	1.8	3.7
110	120	2.1	4.3	34.4	7.8	15.8	10.8	1.4	2.7
120	130	1.7	3.4	36.1	7.8	16.4	11.9	1.1	2.2
130	140	1.4	2.9	37.5	7.8	16.8	12.9	1.0	1.9
140	150	1.3	2.5	38.8	7.8	17.2	13.8	0.9	1.7
150	160	1.1	2.3	39.9	7.8	17.6	14.6	0.8	1.6
160	170	1.0	2.1	41.0	7.8	17.9	15.3	0.7	1.5
170	180	1.0	1.9	41.9	7.8	18.2	16.0	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

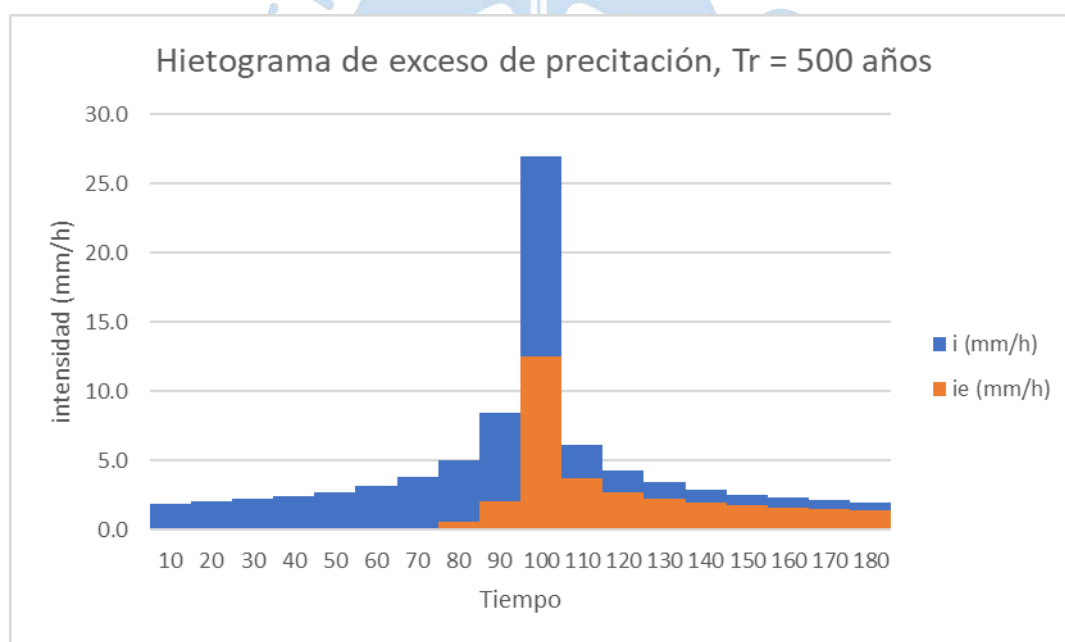


Figura B.16. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

B.2. Cálculo de intensidades efectivas y hietograma de exceso de precipitación completando datos faltantes de precipitación.

Cuenca 01:

$Tr = 2$ años.

Tabla B.17. Cálculo de ie , Tr 2 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.6	1.1	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.6	1.2	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.6	1.3	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.7	1.4	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.8	1.6	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	0.9	1.8	4.2	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.1	2.2	5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.5	2.9	6.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.5	5.0	9.3	7.8	1.5	0.1	0.1	0.1
90	100	8.0	15.9	17.3	7.8	7.6	1.9	1.8	3.6
100	110	1.8	3.6	19.1	7.8	8.8	2.6	0.7	1.4
110	120	1.3	2.5	20.3	7.8	9.5	3.1	0.5	1.0
120	130	1.0	2.0	21.3	7.8	10.1	3.5	0.4	0.9
130	140	0.9	1.7	22.2	7.8	10.5	3.9	0.4	0.8
140	150	0.8	1.5	22.9	7.8	10.9	4.3	0.4	0.7
150	160	0.7	1.4	23.6	7.8	11.3	4.6	0.3	0.7
160	170	0.6	1.2	24.2	7.8	11.6	4.9	0.3	0.6
170	180	0.6	1.1	24.8	7.8	11.8	5.2	0.3	0.6

Fuente. Elaboración propia

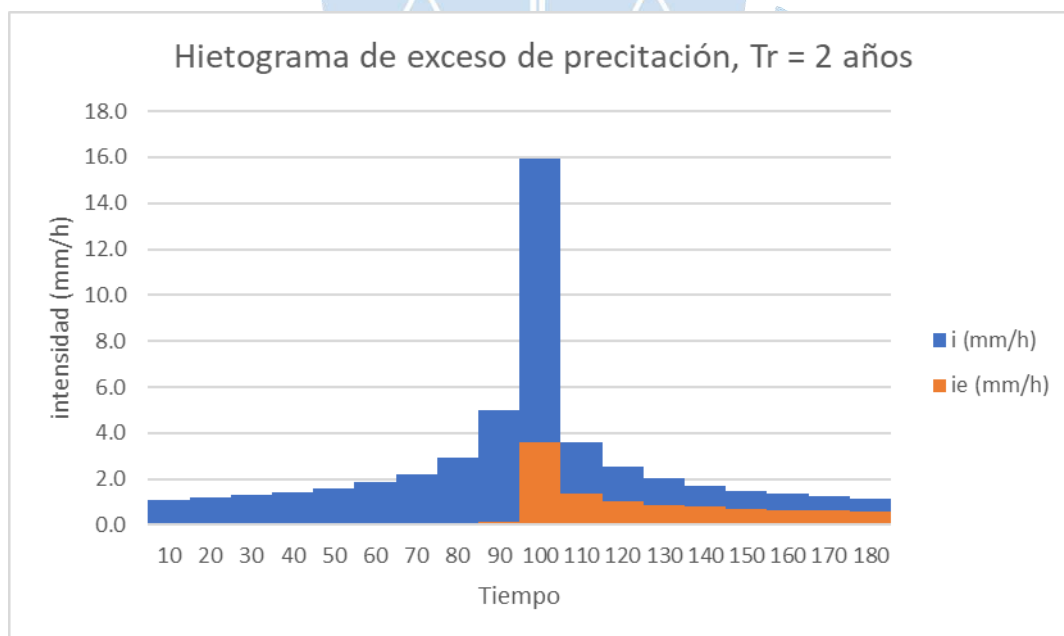


Figura B.17. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años.

Tabla B.18. Cálculo de i_e , Tr 5 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.7	1.3	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.7	1.5	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.8	1.6	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.9	1.7	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.0	2.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.1	2.3	5.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.4	2.7	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.8	3.6	8.3	7.8	0.6	0.0	0.0	0.0
80	90	3.1	6.1	11.4	7.8	3.3	0.3	0.3	0.6
90	100	9.7	19.5	21.1	7.8	9.9	3.4	3.1	6.2
100	110	2.2	4.4	23.3	7.8	11.1	4.5	1.0	2.1
110	120	1.5	3.1	24.9	7.8	11.9	5.2	0.8	1.6
120	130	1.2	2.5	26.1	7.8	12.4	5.9	0.7	1.3
130	140	1.0	2.1	27.1	7.8	12.9	6.5	0.6	1.1
140	150	0.9	1.8	28.1	7.8	13.3	7.0	0.5	1.0
150	160	0.8	1.7	28.9	7.8	13.7	7.4	0.5	1.0
160	170	0.8	1.5	29.6	7.8	14.0	7.9	0.4	0.9
170	180	0.7	1.4	30.3	7.8	14.3	8.3	0.4	0.8

Fuente. Elaboración propia

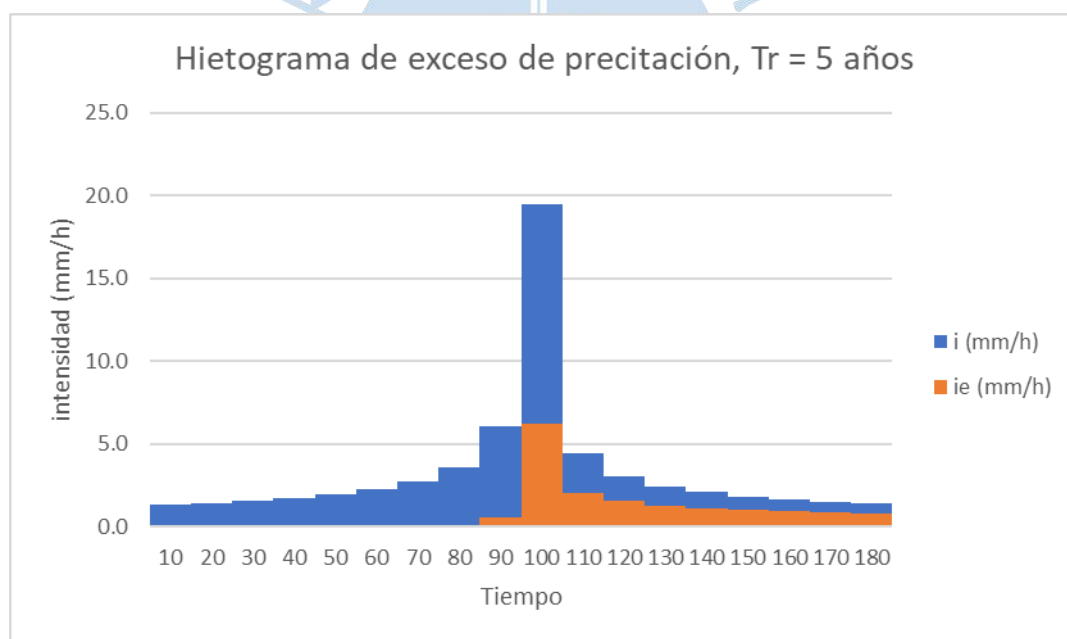


Figura B.18. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años.

Tabla B.19. Cálculo de ie, Tr 10 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.7	1.5	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.8	1.6	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.9	1.8	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.0	1.9	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.1	2.2	4.5	4.5	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.3	2.5	5.7	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.5	3.0	7.2	7.2	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	2.0	4.0	9.2	7.8	1.4	0.1	0.1	0.1
80	90	3.4	6.8	12.6	7.8	4.3	0.5	0.5	1.0
90	100	10.8	21.6	23.5	7.8	11.2	4.5	4.0	8.0
100	110	2.5	4.9	25.9	7.8	12.4	5.8	1.3	2.5
110	120	1.7	3.4	27.6	7.8	13.1	6.7	0.9	1.9
120	130	1.4	2.7	29.0	7.8	13.7	7.5	0.8	1.6
130	140	1.2	2.3	30.1	7.8	14.2	8.2	0.7	1.4
140	150	1.0	2.0	31.2	7.8	14.6	8.8	0.6	1.2
150	160	0.9	1.8	32.1	7.8	15.0	9.4	0.6	1.1
160	170	0.8	1.7	32.9	7.8	15.3	9.9	0.5	1.1
170	180	0.8	1.6	33.7	7.8	15.5	10.4	0.5	1.0

Fuente. Elaboración propia

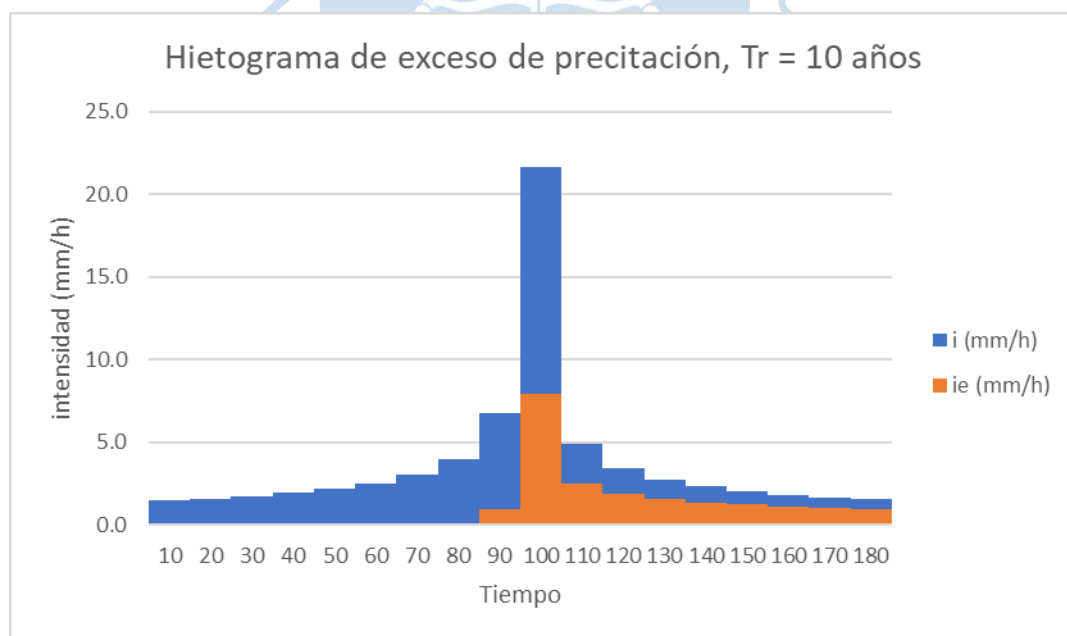


Figura B.19. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años.

Tabla B.20. Cálculo de ie, Tr 25 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.8	1.7	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.9	1.8	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.0	2.0	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.1	2.2	3.8	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.2	2.4	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.4	2.8	6.4	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.7	3.4	8.1	7.8	0.3	0.0	0.0	0.0
70	80	2.2	4.5	10.3	7.8	2.4	0.2	0.2	0.3
80	90	3.8	7.6	14.1	7.8	5.5	0.9	0.7	1.5
90	100	12.1	24.2	26.2	7.8	12.5	6.0	5.1	10.1
100	110	2.7	5.5	29.0	7.8	13.7	7.5	1.5	3.1
110	120	1.9	3.8	30.9	7.8	14.5	8.6	1.1	2.3
120	130	1.5	3.1	32.4	7.8	15.1	9.6	0.9	1.9
130	140	1.3	2.6	33.7	7.8	15.6	10.4	0.8	1.6
140	150	1.1	2.3	34.9	7.8	16.0	11.1	0.7	1.5
150	160	1.0	2.1	35.9	7.8	16.3	11.8	0.7	1.4
160	170	0.9	1.9	36.8	7.8	16.6	12.4	0.6	1.3
170	180	0.9	1.7	37.7	7.8	16.9	13.0	0.6	1.2

Fuente. Elaboración propia

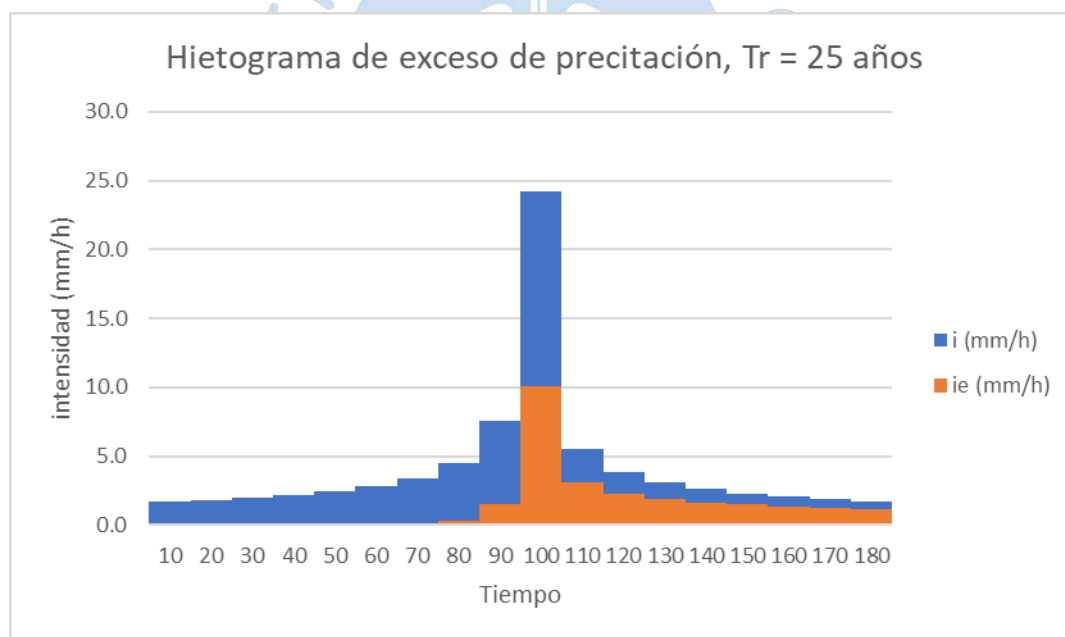


Figura B.20. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años.

Tabla B.21. Cálculo de i_e , Tr 50 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.9	1.8	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.0	1.9	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.1	2.1	2.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.2	2.3	4.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.3	2.6	5.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.5	3.0	6.9	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.8	3.6	8.7	7.8	0.9	0.0	0.0	0.0
70	80	2.4	4.8	11.1	7.8	3.1	0.3	0.2	0.5
80	90	4.1	8.2	15.2	7.8	6.2	1.2	0.9	1.9
90	100	13.0	26.0	28.2	7.8	13.4	7.1	5.9	11.7
100	110	3.0	5.9	31.2	7.8	14.6	8.8	1.7	3.5
110	120	2.1	4.1	33.2	7.8	15.4	10.1	1.3	2.6
120	130	1.6	3.3	34.9	7.8	16.0	11.1	1.1	2.1
130	140	1.4	2.8	36.3	7.8	16.4	12.1	0.9	1.8
140	150	1.2	2.5	37.5	7.8	16.8	12.9	0.8	1.7
150	160	1.1	2.2	38.6	7.8	17.2	13.6	0.8	1.5
160	170	1.0	2.0	39.6	7.8	17.5	14.3	0.7	1.4
170	180	0.9	1.9	40.5	7.8	17.8	15.0	0.7	1.3

Fuente. Elaboración propia

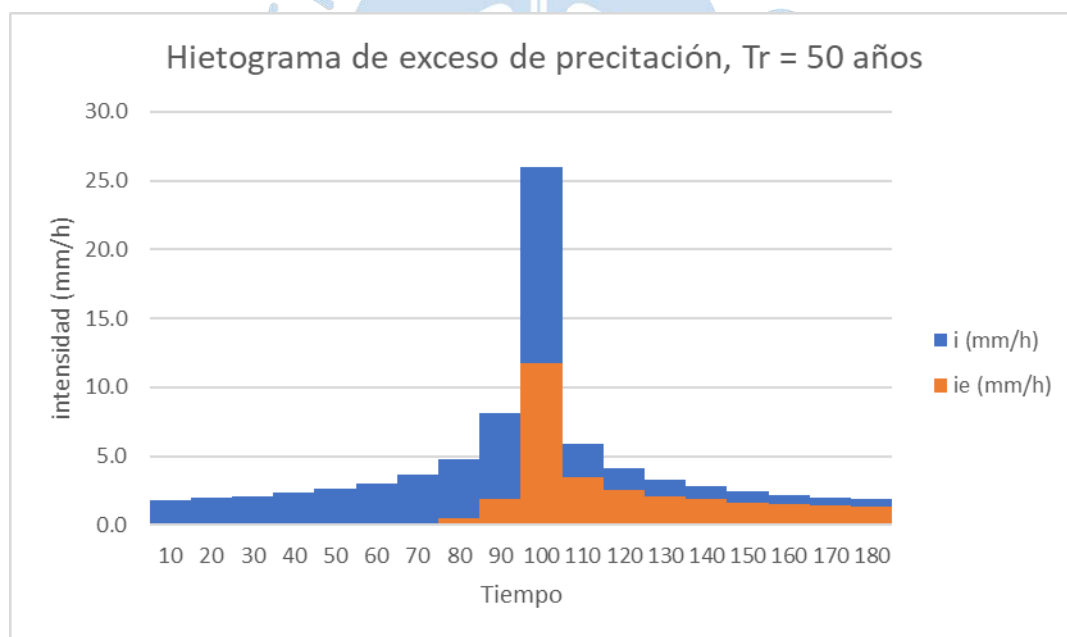


Figura B.21. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años.

Tabla B.22. Cálculo de ie, Tr 100 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	1.0	1.9	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.0	2.1	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.1	2.2	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.2	2.5	4.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.4	2.8	5.8	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.6	3.2	7.4	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.9	3.9	9.3	7.8	1.5	0.1	0.1	0.1
70	80	2.6	5.1	11.9	7.8	3.7	0.4	0.3	0.7
80	90	4.3	8.7	16.2	7.8	6.9	1.5	1.1	2.2
90	100	13.9	27.8	30.1	7.8	14.2	8.2	6.7	13.3
100	110	3.2	6.3	33.3	7.8	15.4	10.1	1.9	3.9
110	120	2.2	4.4	35.4	7.8	16.2	11.5	1.4	2.8
120	130	1.8	3.5	37.2	7.8	16.7	12.7	1.2	2.3
130	140	1.5	3.0	38.7	7.8	17.2	13.7	1.0	2.0
140	150	1.3	2.6	40.0	7.8	17.6	14.6	0.9	1.8
150	160	1.2	2.4	41.2	7.8	18.0	15.5	0.8	1.7
160	170	1.1	2.2	42.3	7.8	18.3	16.2	0.8	1.5
170	180	1.0	2.0	43.3	7.8	18.5	17.0	0.7	1.4

Fuente. Elaboración propia

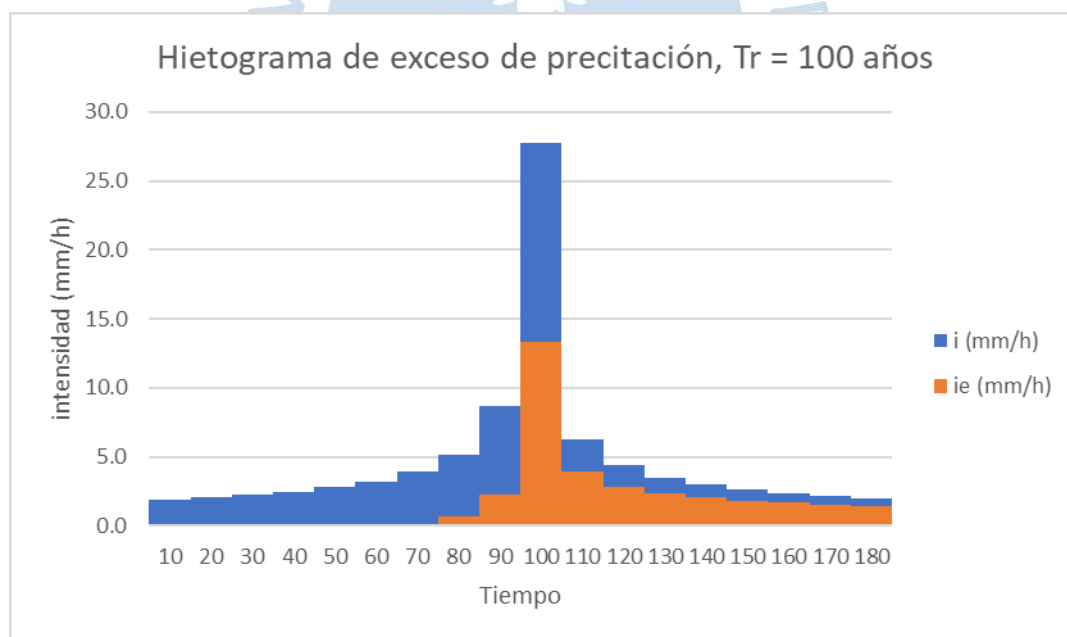


Figura B.22. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años.

Tabla B.23. Cálculo de ie, Tr 200 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	1.0	2.0	1.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.1	2.2	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.2	2.4	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.3	2.6	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.5	3.0	6.1	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.7	3.4	7.8	7.8	0.1	0.0	0.0	0.0
60	70	2.1	4.1	9.9	7.8	2.0	0.1	0.1	0.2
70	80	2.7	5.4	12.6	7.8	4.3	0.5	0.4	0.9
80	90	4.6	9.2	17.2	7.8	7.6	1.8	1.3	2.6
90	100	14.7	29.5	32.0	7.8	14.9	9.3	7.4	14.9
100	110	3.3	6.7	35.3	7.8	16.1	11.4	2.1	4.3
110	120	2.3	4.7	37.6	7.8	16.9	13.0	1.6	3.1
120	130	1.9	3.7	39.5	7.8	17.5	14.3	1.3	2.6
130	140	1.6	3.2	41.1	7.8	17.9	15.4	1.1	2.2
140	150	1.4	2.8	42.5	7.8	18.3	16.4	1.0	2.0
150	160	1.3	2.5	43.7	7.8	18.7	17.3	0.9	1.8
160	170	1.1	2.3	44.9	7.8	19.0	18.1	0.8	1.7
170	180	1.1	2.1	45.9	7.8	19.2	18.9	0.8	1.6

Fuente. Elaboración propia

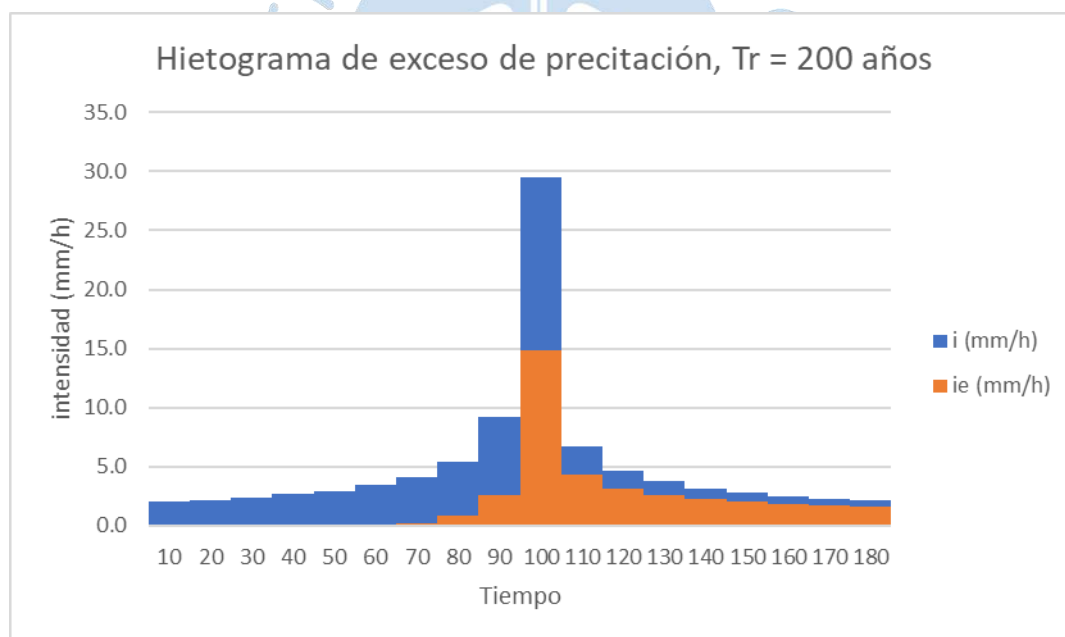


Figura B.23. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años.

Tabla B.24. Cálculo de i_e , Tr 500 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	1.1	2.2	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.2	2.4	2.3	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.3	2.6	3.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.4	2.8	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.6	3.2	6.6	6.6	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.8	3.7	8.4	7.8	0.6	0.0	0.0	0.0
60	70	2.2	4.4	10.6	7.8	2.7	0.2	0.2	0.4
70	80	2.9	5.8	13.5	7.8	5.0	0.7	0.6	1.1
80	90	5.0	9.9	18.5	7.8	8.4	2.3	1.6	3.2
90	100	15.8	31.7	34.3	7.8	15.8	10.8	8.5	17.0
100	110	3.6	7.2	37.9	7.8	17.0	13.2	2.4	4.8
110	120	2.5	5.0	40.4	7.8	17.7	14.9	1.7	3.5
120	130	2.0	4.0	42.4	7.8	18.3	16.4	1.4	2.9
130	140	1.7	3.4	44.1	7.8	18.8	17.6	1.2	2.5
140	150	1.5	3.0	45.6	7.8	19.2	18.7	1.1	2.2
150	160	1.3	2.7	47.0	7.8	19.5	19.7	1.0	2.0
160	170	1.2	2.5	48.2	7.8	19.8	20.6	0.9	1.9
170	180	1.1	2.3	49.4	7.8	20.1	21.5	0.9	1.7

Fuente. Elaboración propia

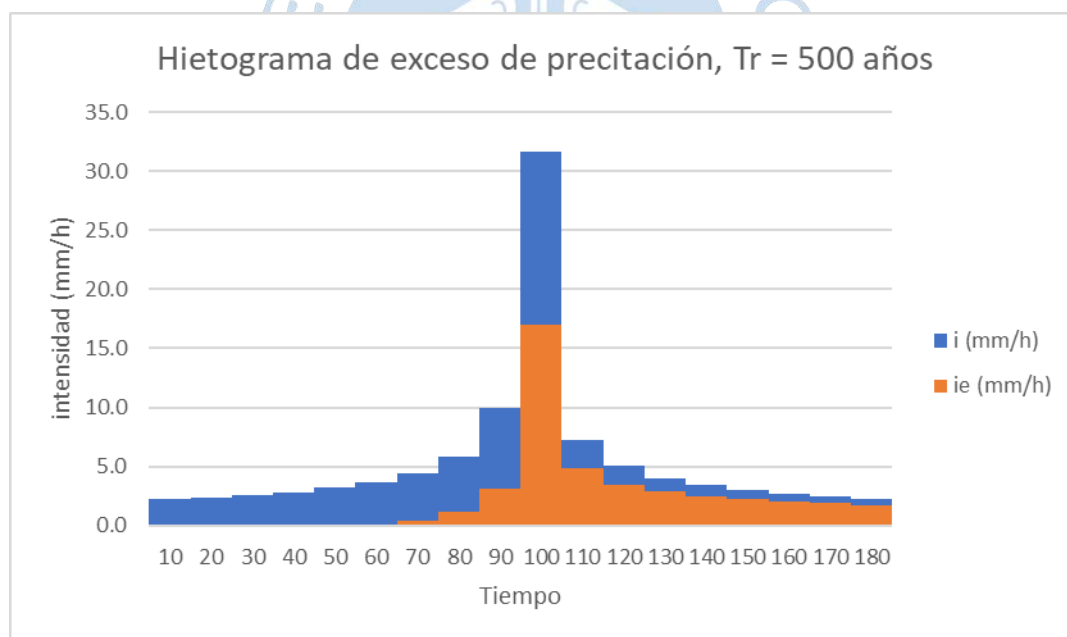


Figura B.24. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02:

Tr = 2 años.

Tabla B.25. Cálculo de i_e , Tr 2 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.4	0.9	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.5	0.9	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.5	1.0	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.6	1.1	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.6	1.3	2.6	2.6	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	0.7	1.5	3.4	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	0.9	1.8	4.3	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.2	2.3	5.4	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.0	4.0	7.4	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
90	100	6.4	12.7	13.8	7.8	5.2	0.8	0.8	1.6
100	110	1.4	2.9	15.2	7.8	6.2	1.2	0.4	0.8
110	120	1.0	2.0	16.2	7.8	6.9	1.5	0.3	0.6
120	130	0.8	1.6	17.0	7.8	7.5	1.8	0.3	0.5
130	140	0.7	1.4	17.7	7.8	7.9	2.0	0.2	0.5
140	150	0.6	1.2	18.3	7.8	8.3	2.2	0.2	0.4
150	160	0.5	1.1	18.8	7.8	8.6	2.5	0.2	0.4
160	170	0.5	1.0	19.3	7.8	8.9	2.7	0.2	0.4
170	180	0.5	0.9	19.8	7.8	9.2	2.8	0.2	0.4

Fuente. Elaboración propia

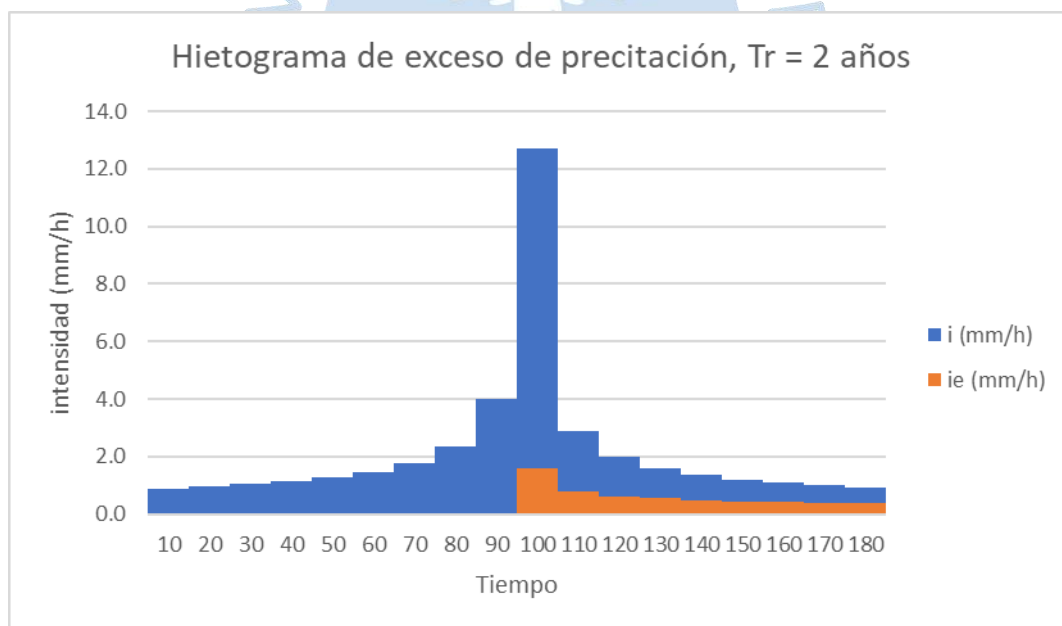


Figura B.25. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 5 años.

Tabla B.26. Cálculo de ie, Tr 5 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.5	1.1	0.5	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.6	1.2	1.1	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.6	1.3	1.8	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.7	1.4	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.8	1.6	3.2	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	0.9	1.8	4.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.1	2.2	5.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.4	2.9	6.7	6.7	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.4	4.9	9.1	7.8	1.3	0.0	0.0	0.1
90	100	7.8	15.6	16.9	7.8	7.4	1.8	1.7	3.4
100	110	1.8	3.5	18.7	7.8	8.5	2.4	0.7	1.3
110	120	1.2	2.5	19.9	7.8	9.3	2.9	0.5	1.0
120	130	1.0	2.0	20.9	7.8	9.8	3.3	0.4	0.9
130	140	0.8	1.7	21.8	7.8	10.3	3.7	0.4	0.8
140	150	0.7	1.5	22.5	7.8	10.7	4.1	0.3	0.7
150	160	0.7	1.3	23.2	7.8	11.0	4.4	0.3	0.6
160	170	0.6	1.2	23.8	7.8	11.3	4.7	0.3	0.6
170	180	0.6	1.1	24.3	7.8	11.6	5.0	0.3	0.6

Fuente. Elaboración propia

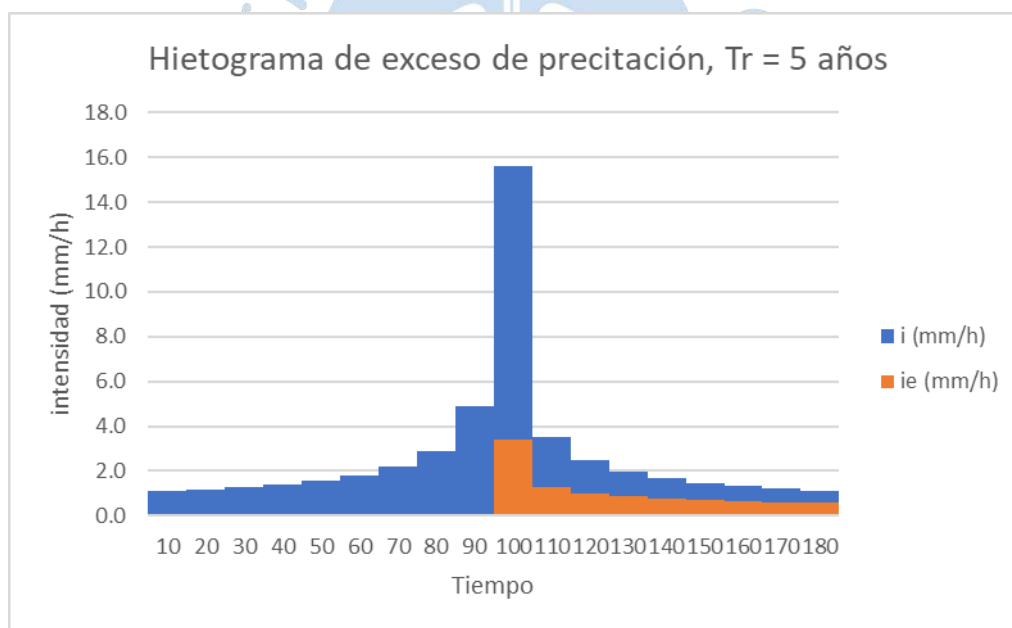


Figura B.26. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 10 años.

Tabla B.27. Cálculo de i_e , Tr 10 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.6	1.2	0.6	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.6	1.3	1.3	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.7	1.4	2.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.8	1.6	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	0.9	1.7	3.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.0	2.0	4.6	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.2	2.4	5.8	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.6	3.2	7.4	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0
80	90	2.7	5.5	10.2	7.8	2.3	0.1	0.1	0.3
90	100	8.7	17.4	18.9	7.8	8.6	2.5	2.3	4.7
100	110	2.0	4.0	20.8	7.8	9.8	3.3	0.8	1.7
110	120	1.4	2.8	22.2	7.8	10.5	3.9	0.6	1.3
120	130	1.1	2.2	23.3	7.8	11.1	4.5	0.5	1.1
130	140	0.9	1.9	24.3	7.8	11.6	4.9	0.5	0.9
140	150	0.8	1.6	25.1	7.8	12.0	5.3	0.4	0.8
150	160	0.7	1.5	25.8	7.8	12.3	5.7	0.4	0.8
160	170	0.7	1.4	26.5	7.8	12.6	6.1	0.4	0.7
170	180	0.6	1.2	27.1	7.8	12.9	6.4	0.3	0.7

Fuente. Elaboración propia

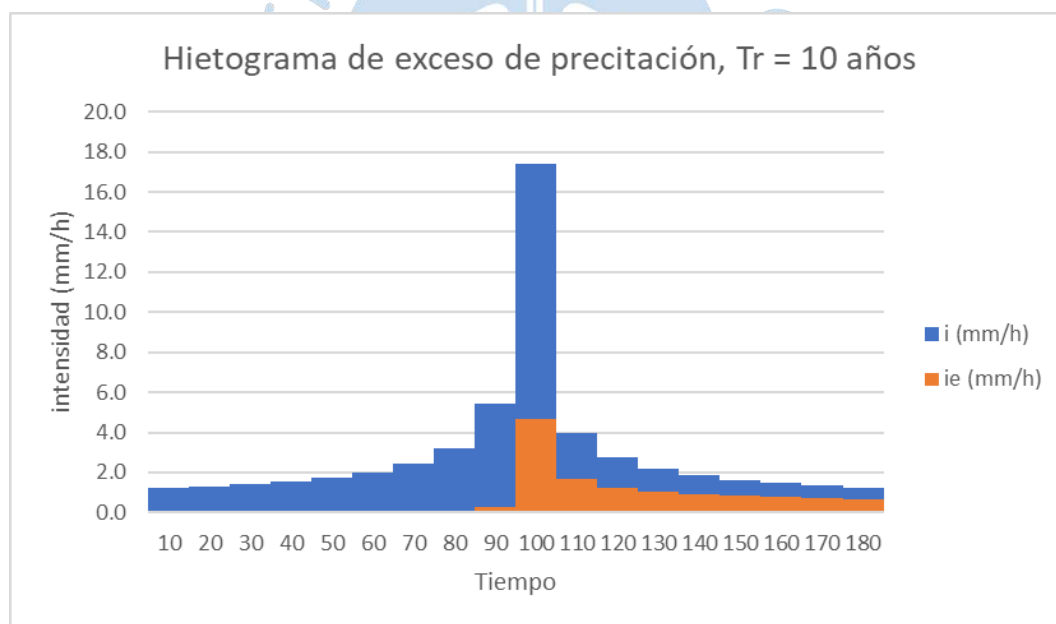


Figura B.27. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 25 años.

Tabla B.28. Cálculo de ie, Tr 25 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.7	1.4	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.7	1.5	1.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.8	1.6	2.2	2.2	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.9	1.7	3.1	3.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.0	2.0	4.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.1	2.3	5.2	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.4	2.7	6.5	6.5	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.8	3.6	8.3	7.8	0.6	0.0	0.0	0.0
80	90	3.1	6.1	11.4	7.8	3.3	0.3	0.3	0.6
90	100	9.8	19.5	21.2	7.8	10.0	3.4	3.1	6.3
100	110	2.2	4.4	23.4	7.8	11.1	4.5	1.0	2.1
110	120	1.5	3.1	24.9	7.8	11.9	5.3	0.8	1.6
120	130	1.2	2.5	26.2	7.8	12.5	5.9	0.7	1.3
130	140	1.0	2.1	27.2	7.8	13.0	6.5	0.6	1.2
140	150	0.9	1.8	28.1	7.8	13.4	7.0	0.5	1.0
150	160	0.8	1.7	29.0	7.8	13.7	7.5	0.5	1.0
160	170	0.8	1.5	29.7	7.8	14.0	7.9	0.4	0.9
170	180	0.7	1.4	30.4	7.8	14.3	8.4	0.4	0.8

Fuente. Elaboración propia

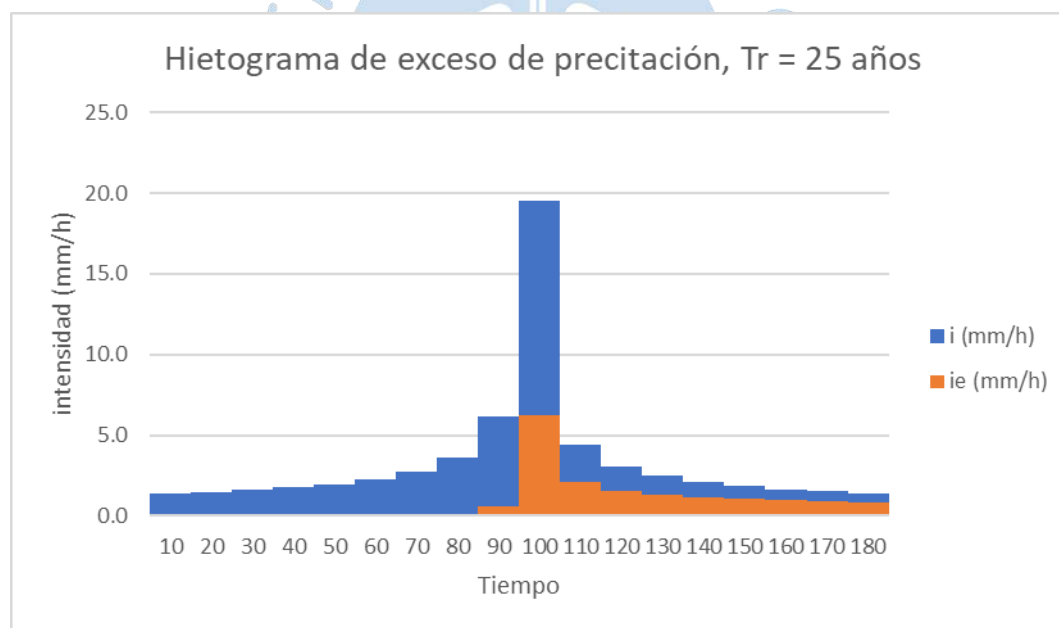


Figura B.28. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 50 años.

Tabla B.29. Cálculo de i_e , Tr 50 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	i_e (mm/h)
0	10	0.7	1.5	0.7	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.8	1.6	1.5	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.9	1.7	2.4	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	0.9	1.9	3.3	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.1	2.1	4.4	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.2	2.4	5.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.5	2.9	7.1	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	1.9	3.9	9.0	7.8	1.2	0.0	0.0	0.1
80	90	3.3	6.6	12.3	7.8	4.1	0.5	0.4	0.9
90	100	10.5	21.1	22.8	7.8	10.9	4.2	3.7	7.5
100	110	2.4	4.8	25.2	7.8	12.0	5.4	1.2	2.4
110	120	1.7	3.3	26.9	7.8	12.8	6.3	0.9	1.8
120	130	1.3	2.7	28.2	7.8	13.4	7.1	0.7	1.5
130	140	1.1	2.3	29.3	7.8	13.9	7.7	0.7	1.3
140	150	1.0	2.0	30.3	7.8	14.3	8.3	0.6	1.2
150	160	0.9	1.8	31.2	7.8	14.6	8.8	0.5	1.1
160	170	0.8	1.6	32.0	7.8	14.9	9.3	0.5	1.0
170	180	0.8	1.5	32.8	7.8	15.2	9.8	0.5	0.9

Fuente. Elaboración propia

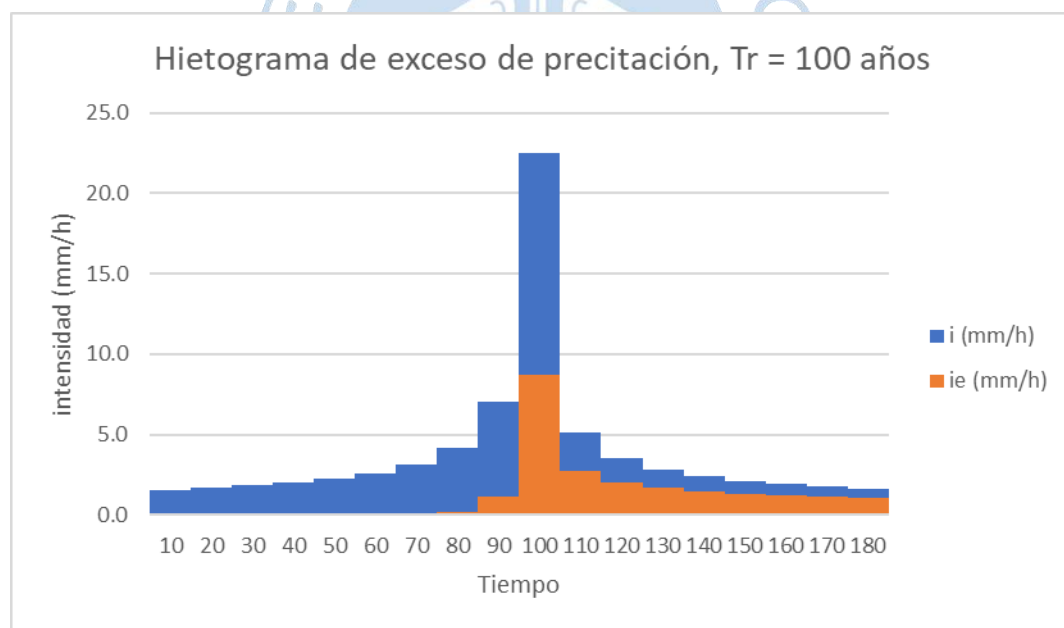


Figura B.29. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 100 años.

Tabla B.30. Cálculo de ie, Tr 100 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.8	1.6	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.8	1.7	1.6	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	0.9	1.8	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.0	2.0	3.5	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.1	2.3	4.7	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.3	2.6	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.6	3.2	7.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0
70	80	2.1	4.2	9.6	7.8	1.8	0.1	0.1	0.2
80	90	3.5	7.1	13.1	7.8	4.7	0.7	0.6	1.1
90	100	11.3	22.5	24.4	7.8	11.7	5.0	4.3	8.7
100	110	2.6	5.1	27.0	7.8	12.8	6.4	1.4	2.7
110	120	1.8	3.6	28.7	7.8	13.6	7.4	1.0	2.0
120	130	1.4	2.8	30.2	7.8	14.2	8.2	0.8	1.7
130	140	1.2	2.4	31.4	7.8	14.7	8.9	0.7	1.5
140	150	1.1	2.1	32.4	7.8	15.1	9.6	0.7	1.3
150	160	1.0	1.9	33.4	7.8	15.4	10.2	0.6	1.2
160	170	0.9	1.7	34.3	7.8	15.8	10.8	0.6	1.1
170	180	0.8	1.6	35.1	7.8	16.0	11.3	0.5	1.1

Fuente. Elaboración propia

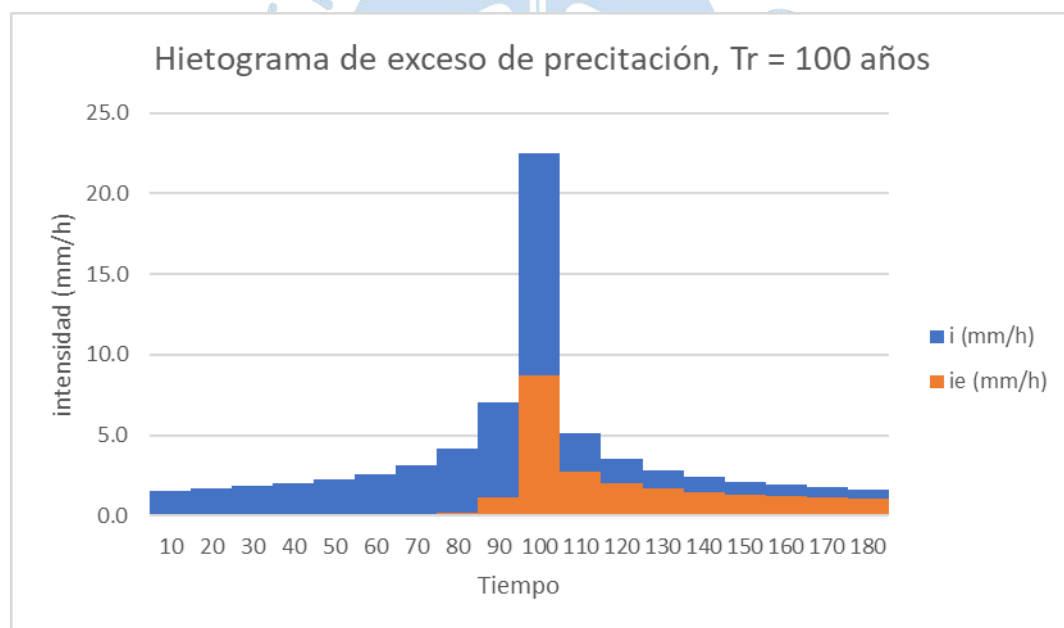


Figura B.30. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 200 años.

Tabla B.31. Cálculo de ie, Tr 200 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.8	1.7	0.8	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	0.9	1.8	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.0	1.9	2.7	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.1	2.1	3.8	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.2	2.4	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.4	2.8	6.3	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.7	3.4	8.0	7.8	0.3	0.0	0.0	0.0
70	80	2.2	4.4	10.2	7.8	2.3	0.1	0.1	0.3
80	90	3.8	7.5	14.0	7.8	5.4	0.9	0.7	1.4
90	100	12.0	24.0	26.0	7.8	12.4	5.8	5.0	9.9
100	110	2.7	5.4	28.7	7.8	13.6	7.3	1.5	3.0
110	120	1.9	3.8	30.6	7.8	14.4	8.4	1.1	2.2
120	130	1.5	3.0	32.1	7.8	15.0	9.4	0.9	1.9
130	140	1.3	2.6	33.4	7.8	15.4	10.2	0.8	1.6
140	150	1.1	2.3	34.5	7.8	15.8	10.9	0.7	1.5
150	160	1.0	2.0	35.5	7.8	16.2	11.6	0.7	1.3
160	170	0.9	1.9	36.4	7.8	16.5	12.2	0.6	1.2
170	180	0.9	1.7	37.3	7.8	16.8	12.8	0.6	1.2

Fuente. Elaboración propia

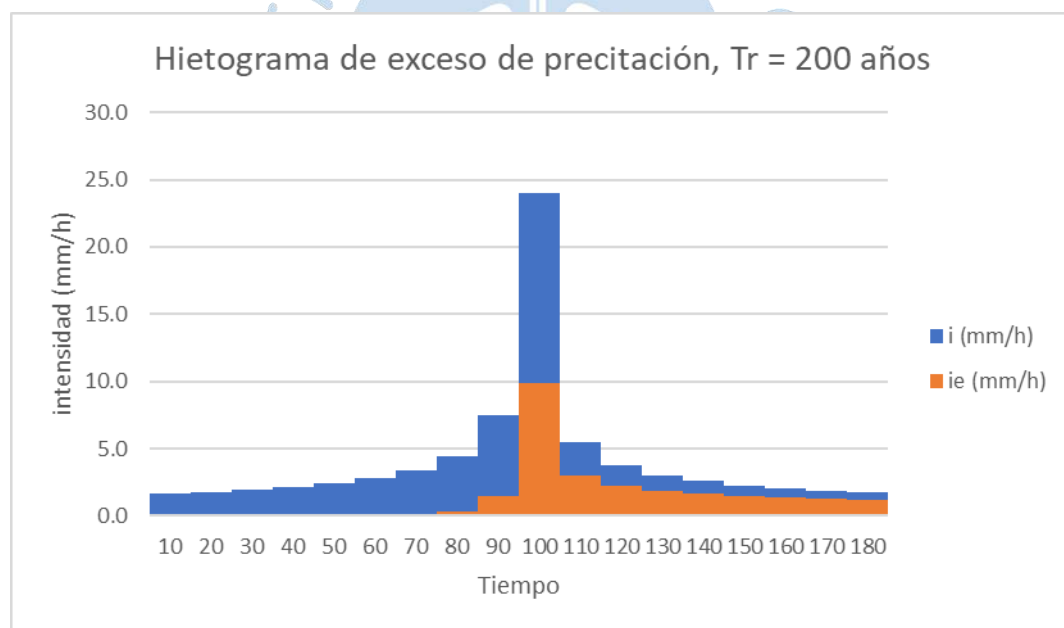


Figura B.31. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Tr = 500 años.

Tabla B.32. Cálculo de ie, Tr 500 años

Desde	Hasta	P (mm)	i (mm/h)	Pacum	Ia (mm)	Fa (mm)	Pe acum	Pe (mm)	ie (mm/h)
0	10	0.9	1.8	0.9	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
10	20	1.0	1.9	1.9	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0
20	30	1.0	2.1	2.9	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0
30	40	1.2	2.3	4.1	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0
40	50	1.3	2.6	5.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0
50	60	1.5	3.0	6.8	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0
60	70	1.8	3.6	8.6	7.8	0.9	0.0	0.0	0.0
70	80	2.4	4.8	11.0	7.8	3.0	0.3	0.2	0.5
80	90	4.0	8.1	15.1	7.8	6.1	1.2	0.9	1.8
90	100	12.9	25.8	28.0	7.8	13.3	6.9	5.8	11.5
100	110	2.9	5.9	30.9	7.8	14.5	8.6	1.7	3.4
110	120	2.0	4.1	32.9	7.8	15.3	9.9	1.3	2.5
120	130	1.6	3.3	34.6	7.8	15.9	11.0	1.0	2.1
130	140	1.4	2.8	36.0	7.8	16.3	11.9	0.9	1.8
140	150	1.2	2.4	37.2	7.8	16.7	12.7	0.8	1.6
150	160	1.1	2.2	38.3	7.8	17.1	13.4	0.7	1.5
160	170	1.0	2.0	39.3	7.8	17.4	14.1	0.7	1.4
170	180	0.9	1.9	40.2	7.8	17.7	14.8	0.6	1.3

Fuente. Elaboración propia

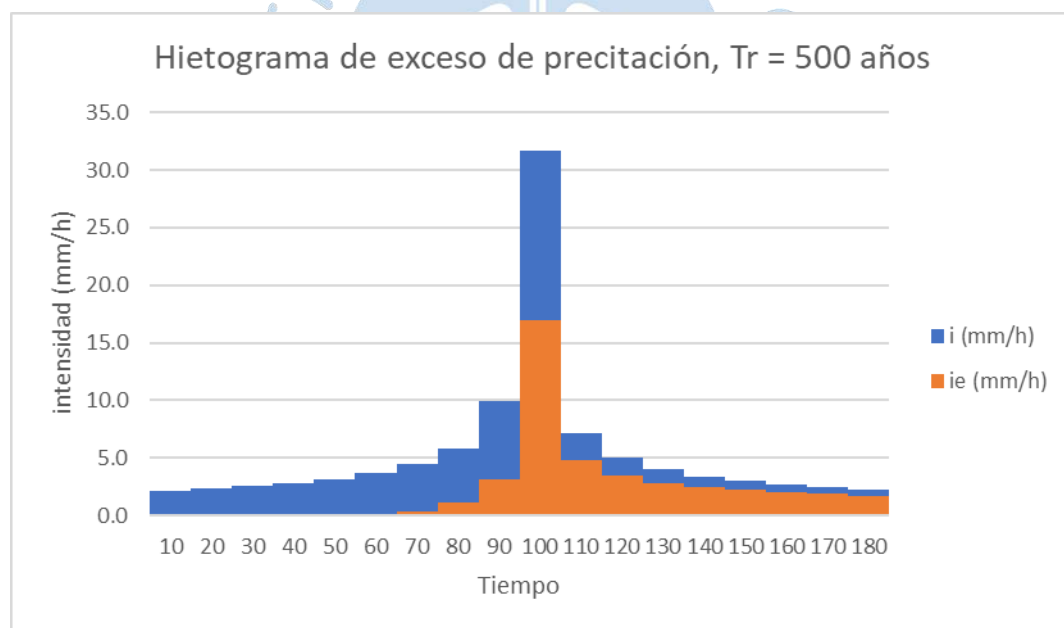


Figura B.32. Hietograma de exceso de precipitación. Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Apéndice C: Hidrograma unitario y de diseño. Caudal obtenido

C.1. Cálculo de caudales y hietogramas unitarios y de diseño sin completar datos faltantes de precipitación.

Tr = 2 años

Cuenca 01

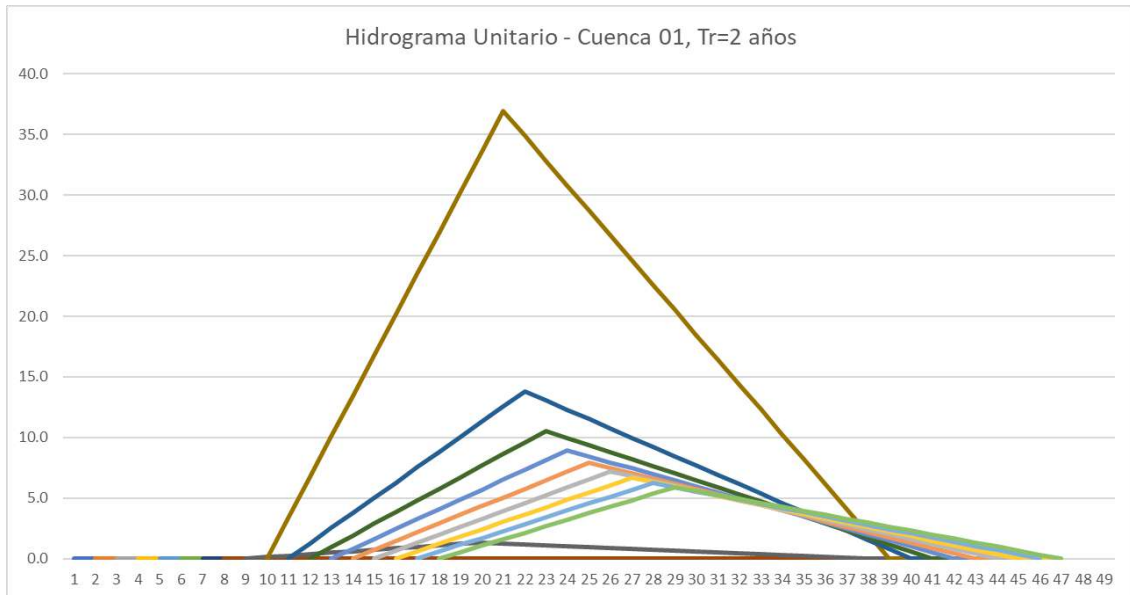


Figura C.1. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

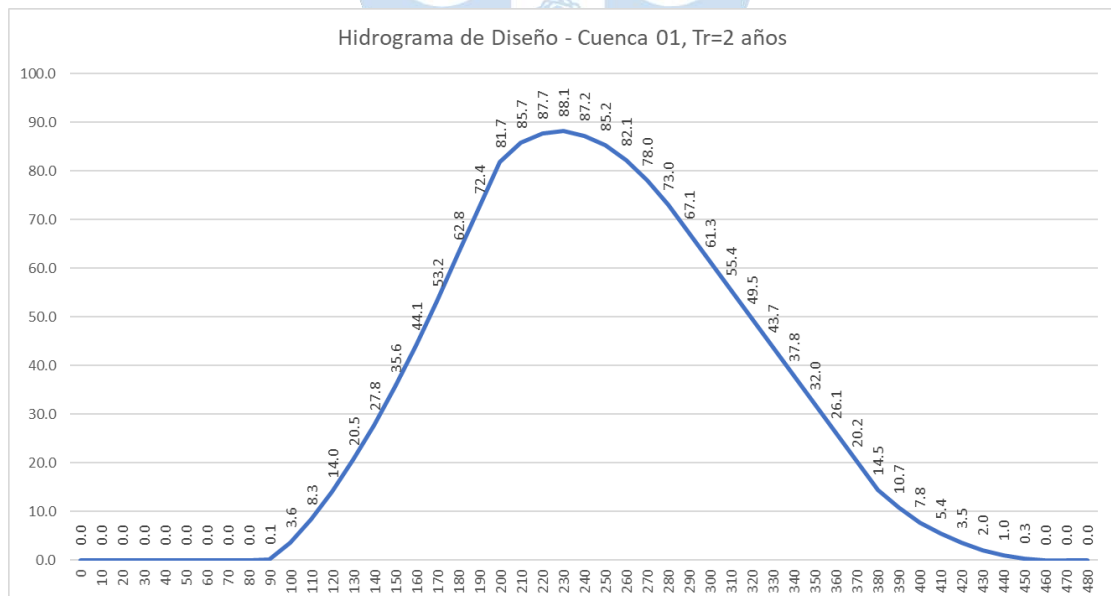


Figura C.2. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

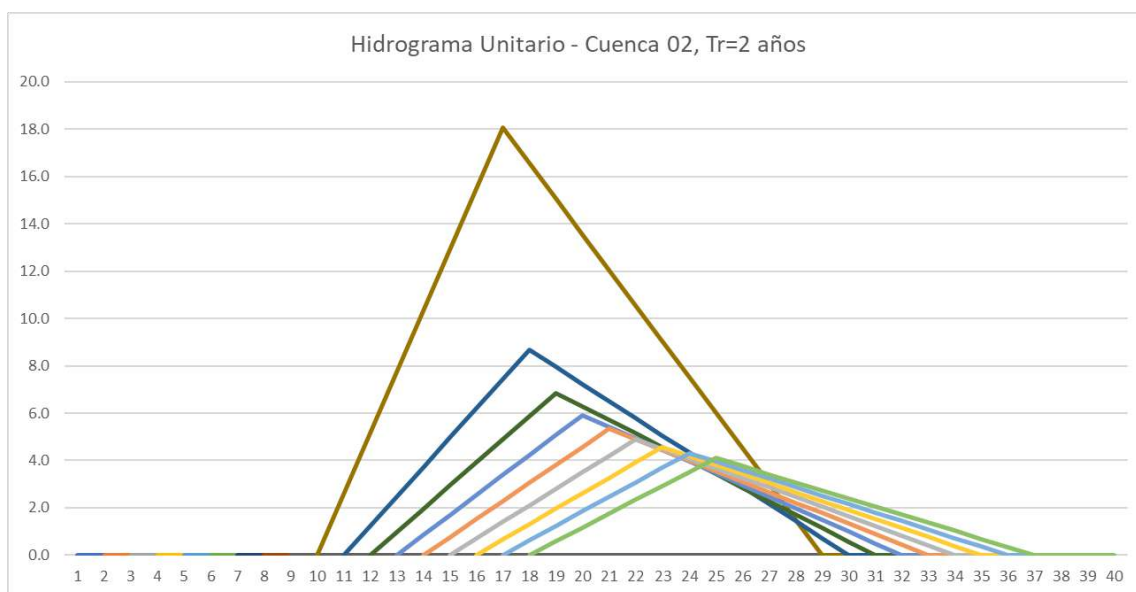


Figura C.3. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

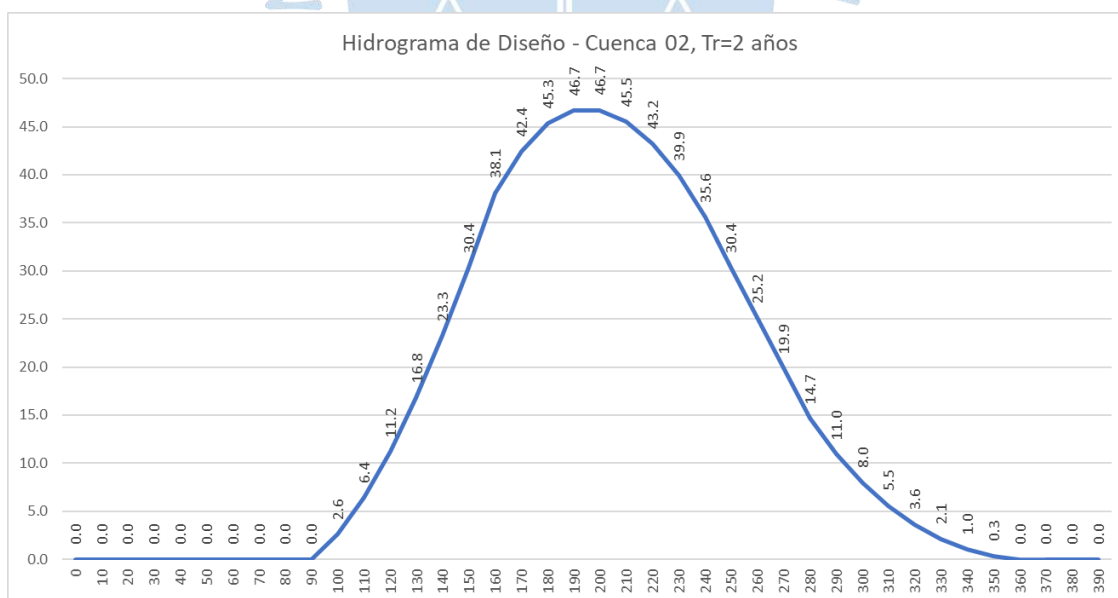


Figura C.4. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 2$ años:

Tabla C.1. Caudal para Tr 2 años

Caudal - Tr = 2 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	88.11
Cuenca 02	m ³ /s	46.71
Caudal Zona de estudio		
	m ³ /s	67.41

Fuente. Elaboración propia

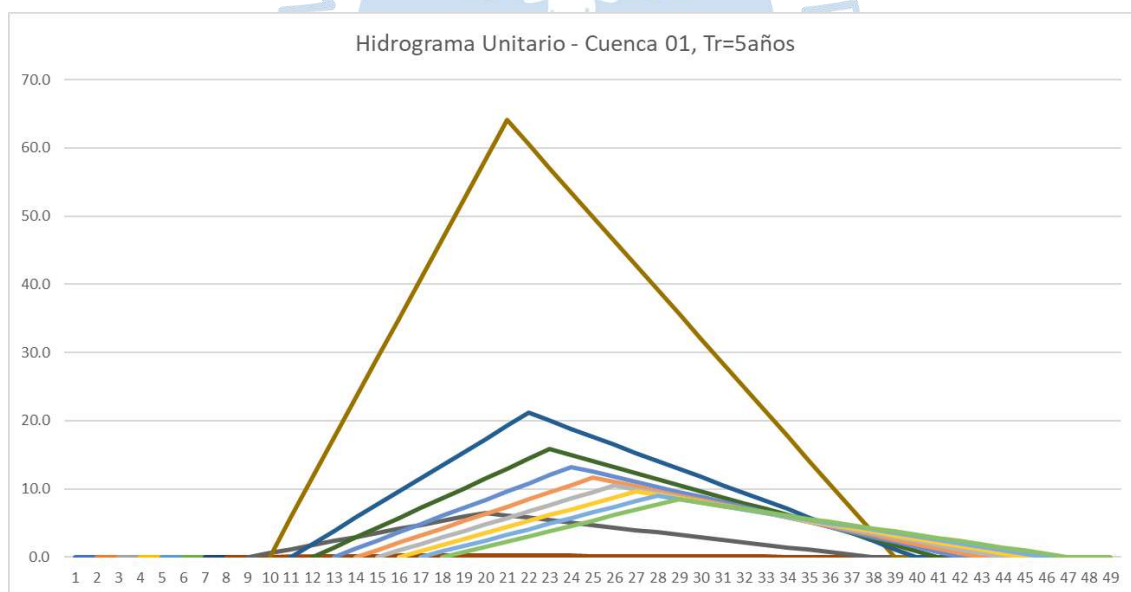
Tr = 5 años**Cuenca 01**

Figura C.5. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

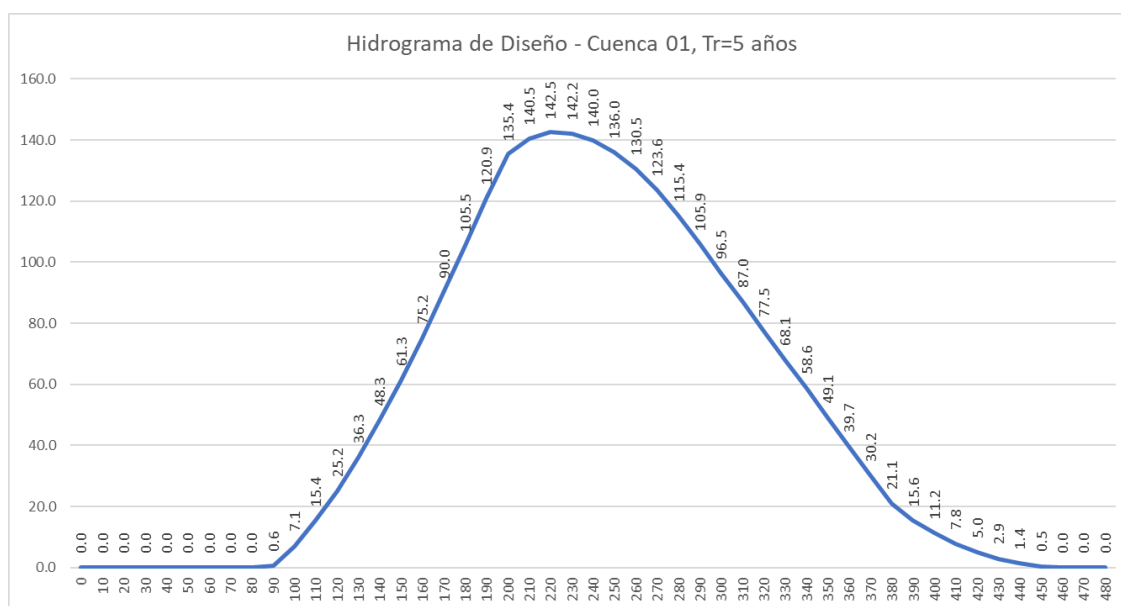


Figura C.6. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 5 años

Fuente: propia

Cuenca 02

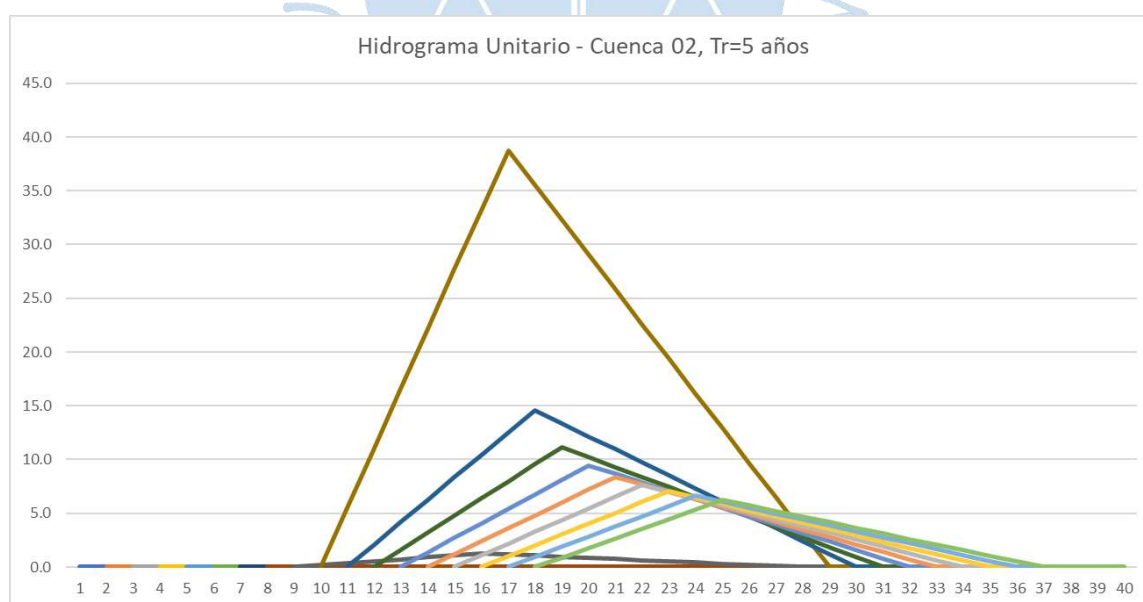


Figura C.7. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

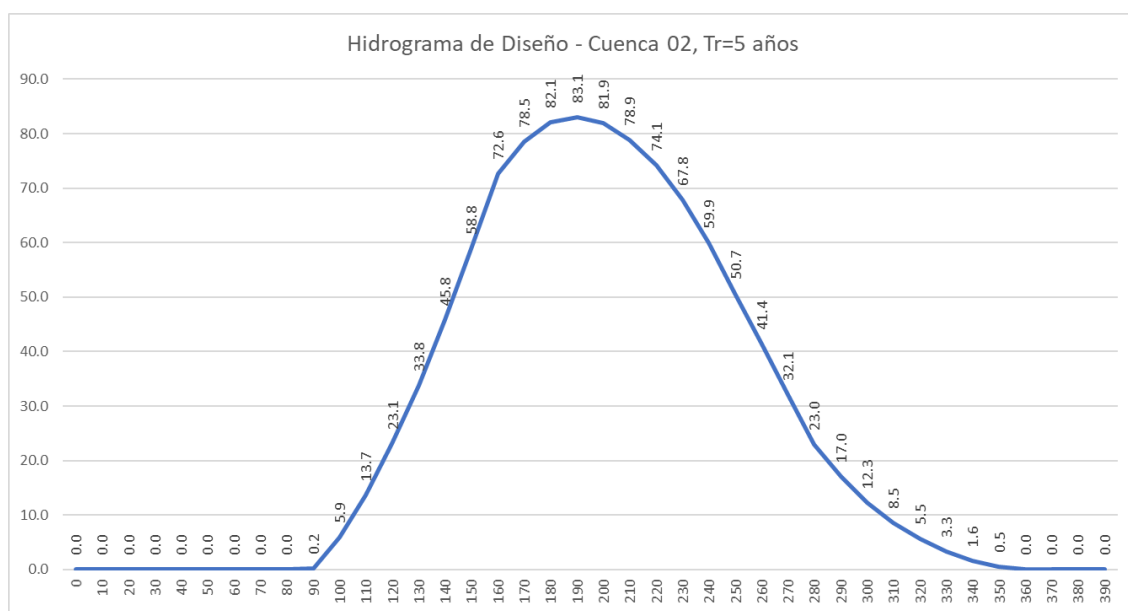


Figura C.8. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para Tr = 5 años:

Tabla C.2. Caudal para Tr 5 años

Caudal - Tr = 5 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	142.52
Cuenca 02	m³/s	83.07

Caudal Zona de estudio	m³/s	112.80
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

Tr = 10 años

Cuenca 01

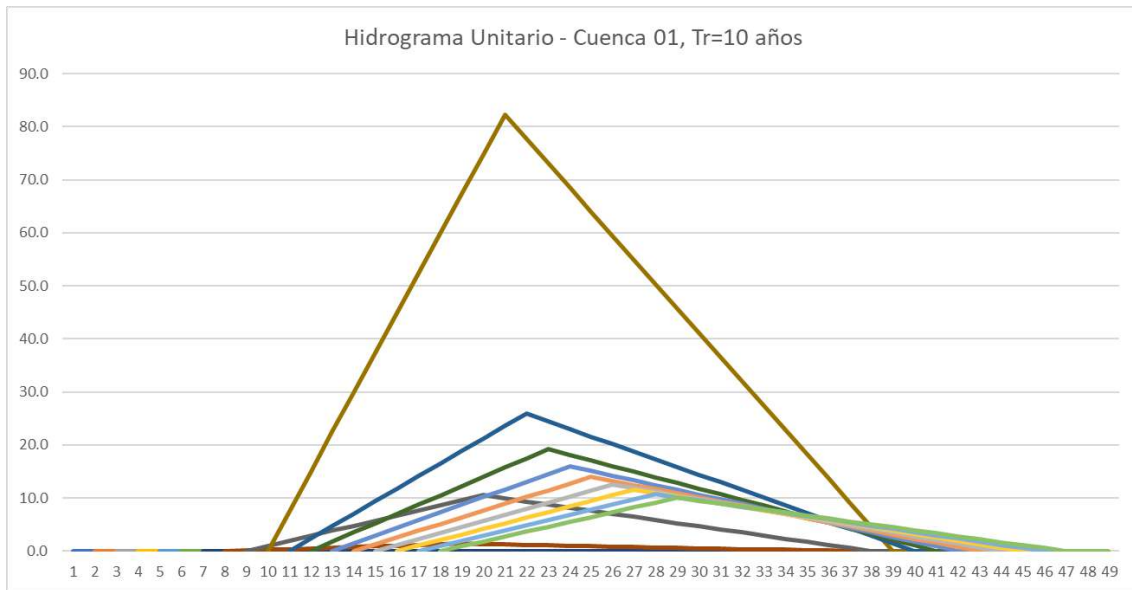


Figura C.9. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

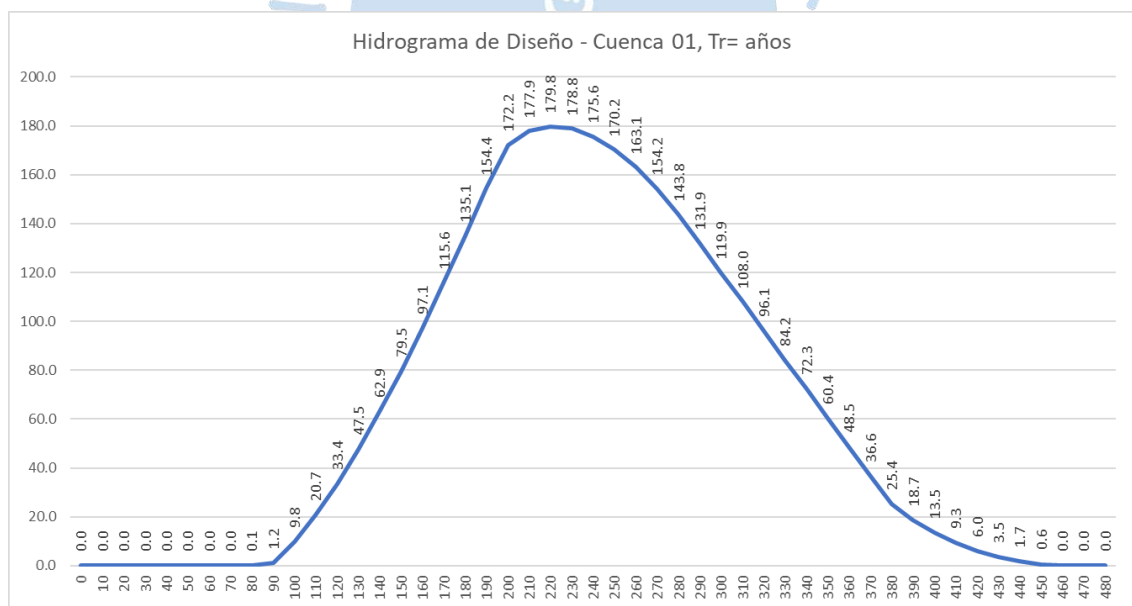


Figura C.10. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

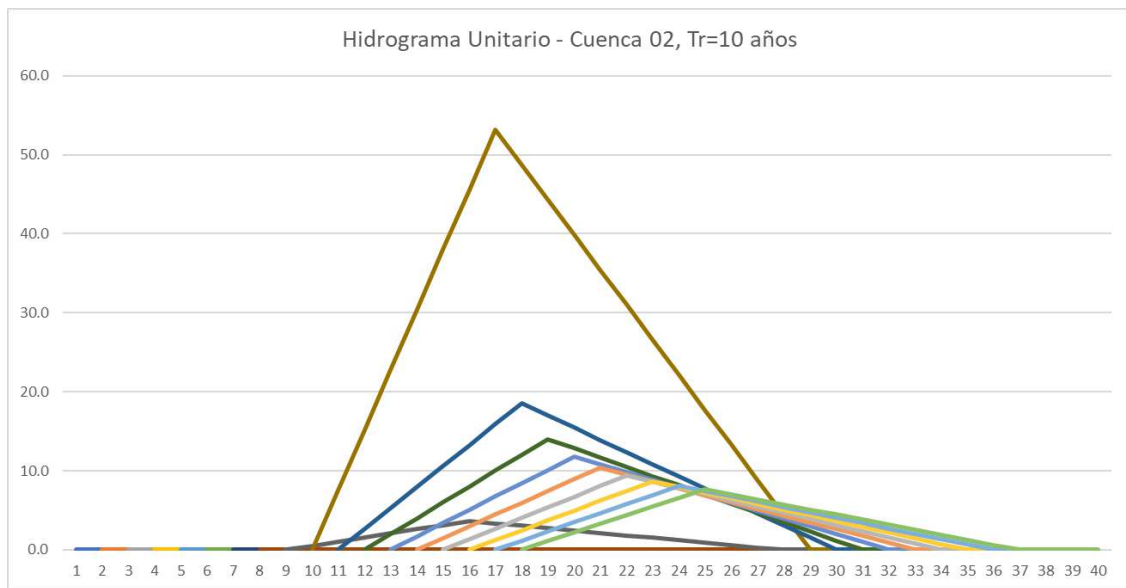


Figura C.11. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

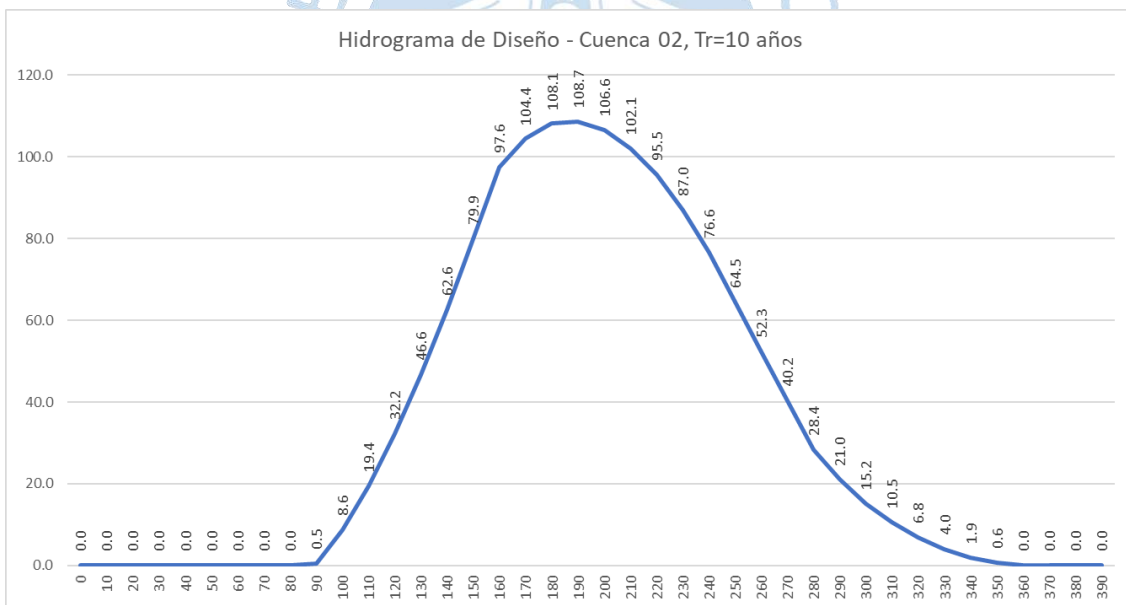


Figura C.12. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 10$ años:

Tabla C.3. Caudal para Tr 10 años

Caudal - $Tr = 10$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	179.76
Cuenca 02	m ³ /s	108.71

Caudal Zona de estudio	m ³ /s	144.23
-------------------------------	-------------------	--------

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 25$ años

Cuenca 01

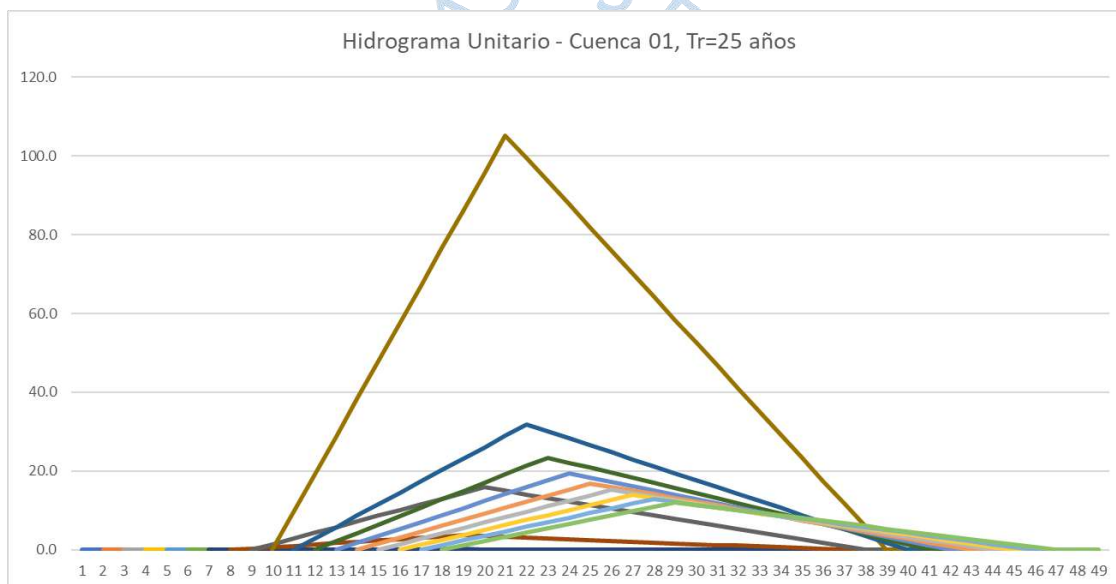


Figura C.13. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

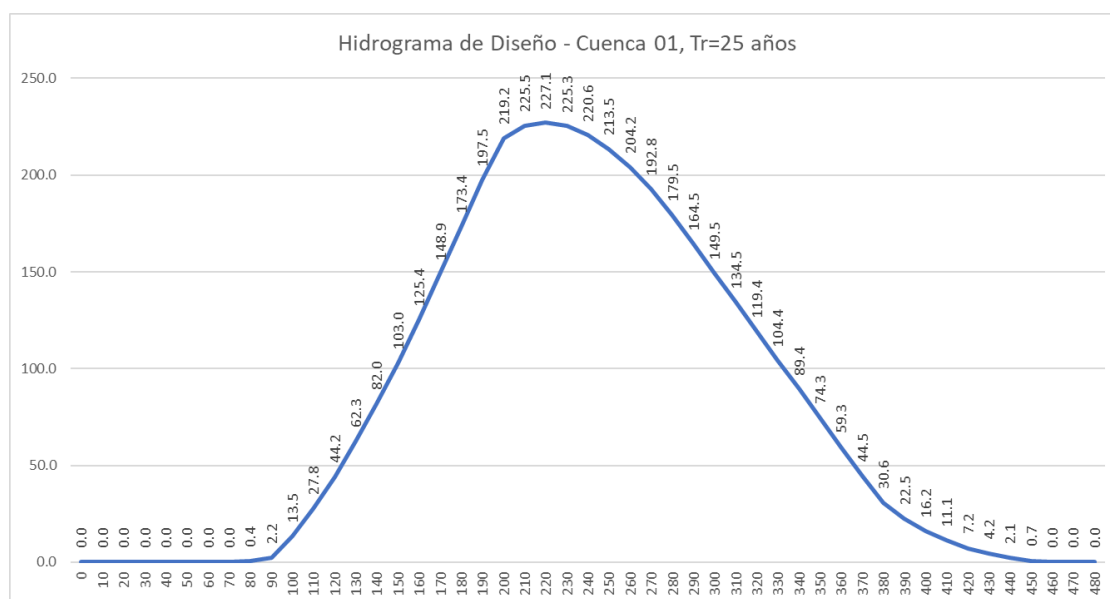


Figura C.14. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

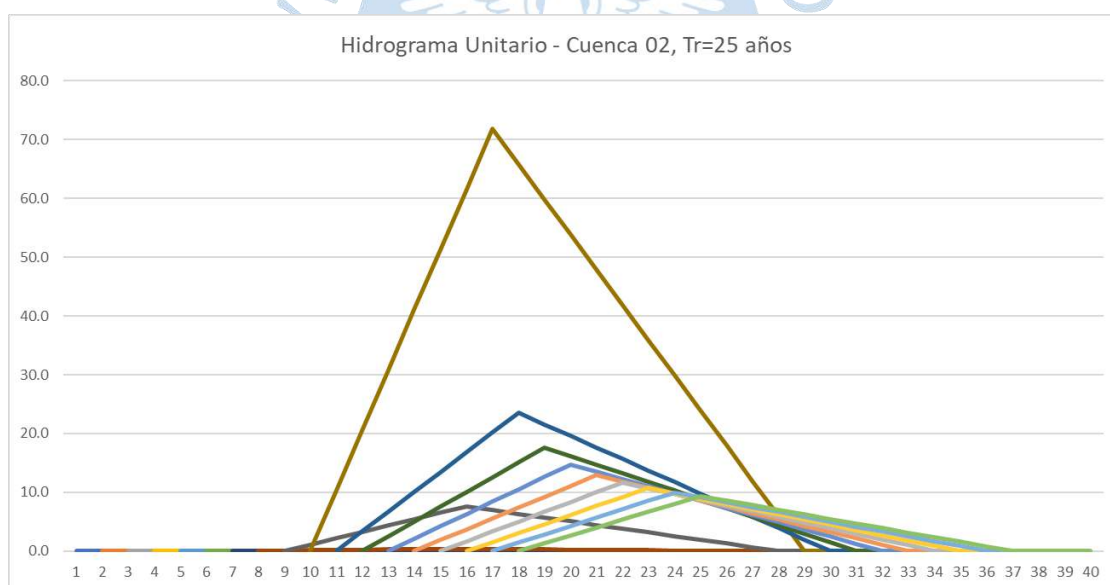


Figura C.15. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

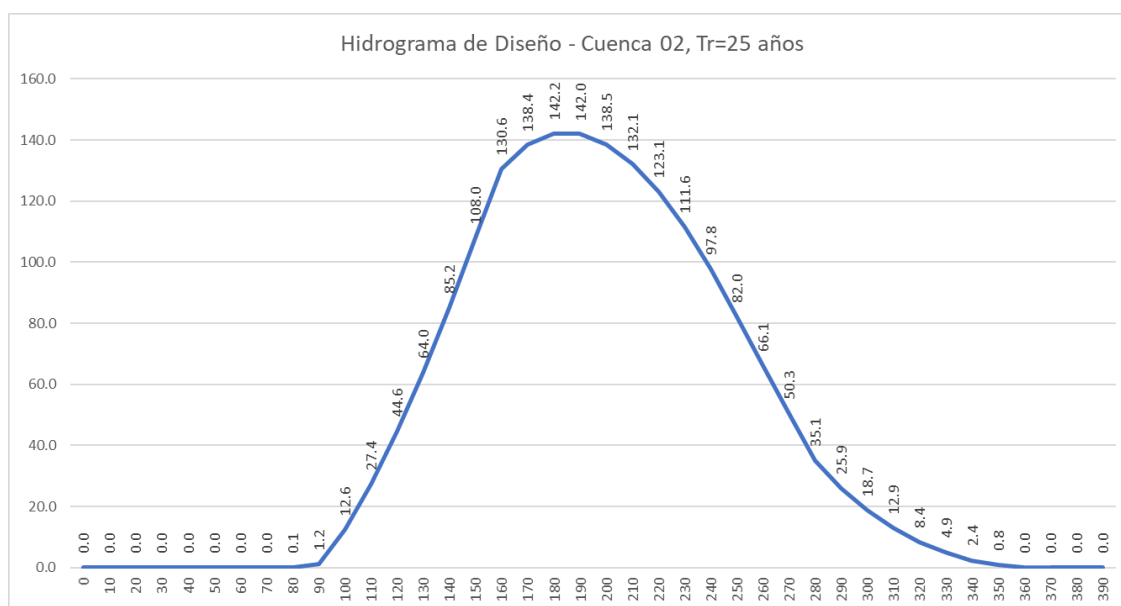


Figura C.16. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 25 años.

Fuente: Elaboración propia.

El caudal obtenido para Tr = 25 años:

Tabla C.4. Caudal para Tr 25 años

Caudal - Tr = 25 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	227.09
Cuenca 02	m³/s	142.21

Caudal Zona de estudio	m³/s	184.65
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

Tr = 50 años

Cuenca 01

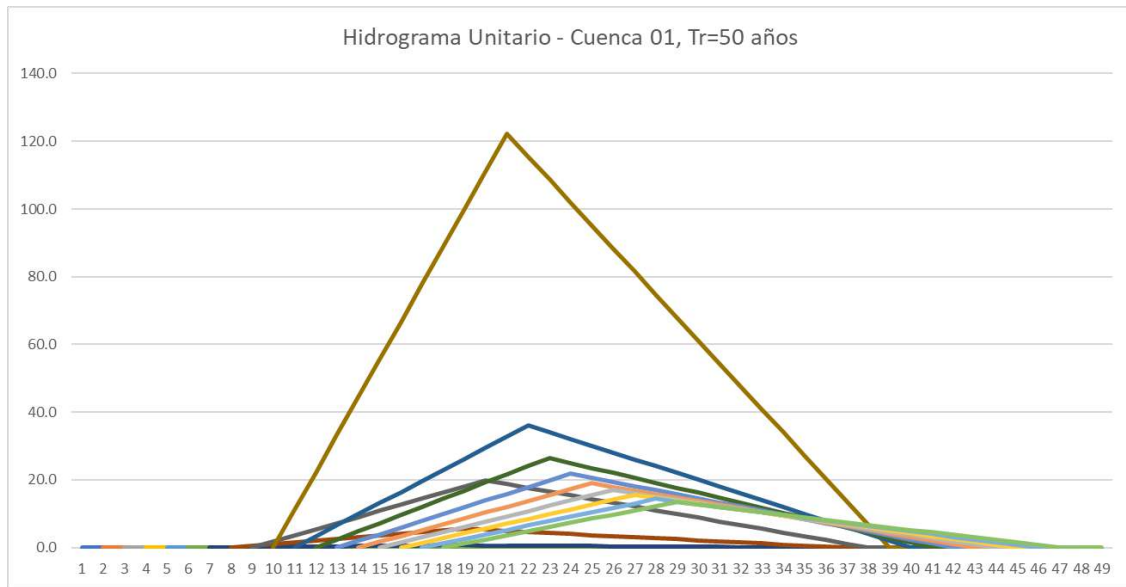


Figura C.17. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

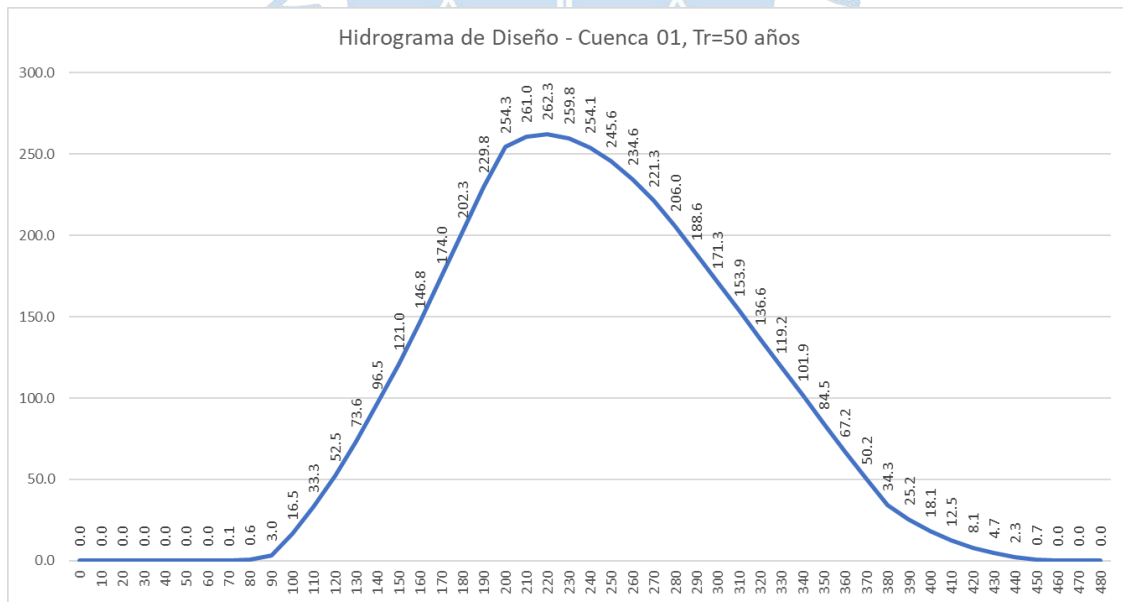


Figura C.18. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

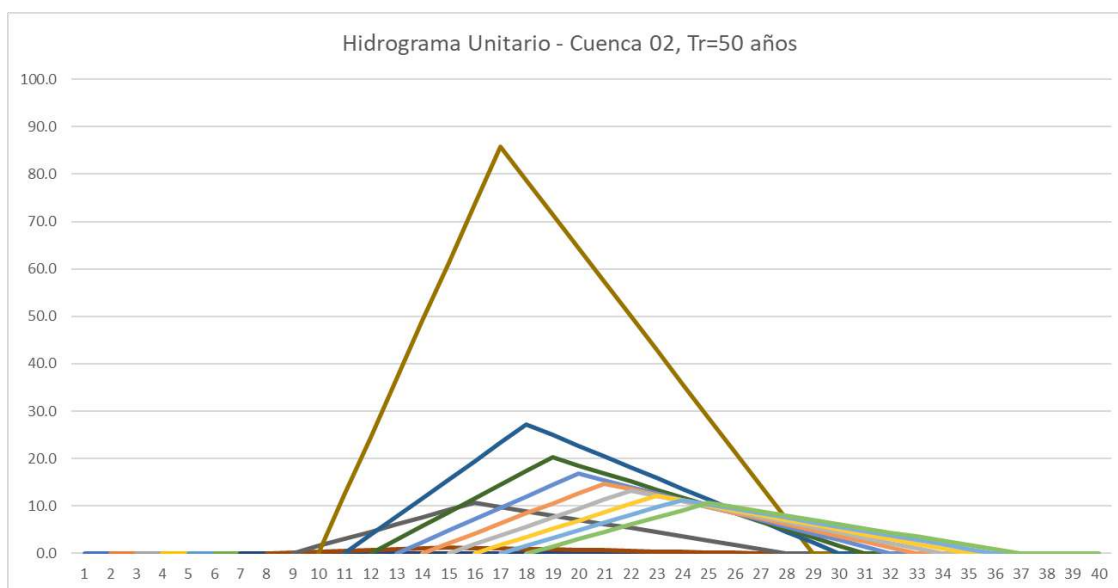


Figura C.19. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

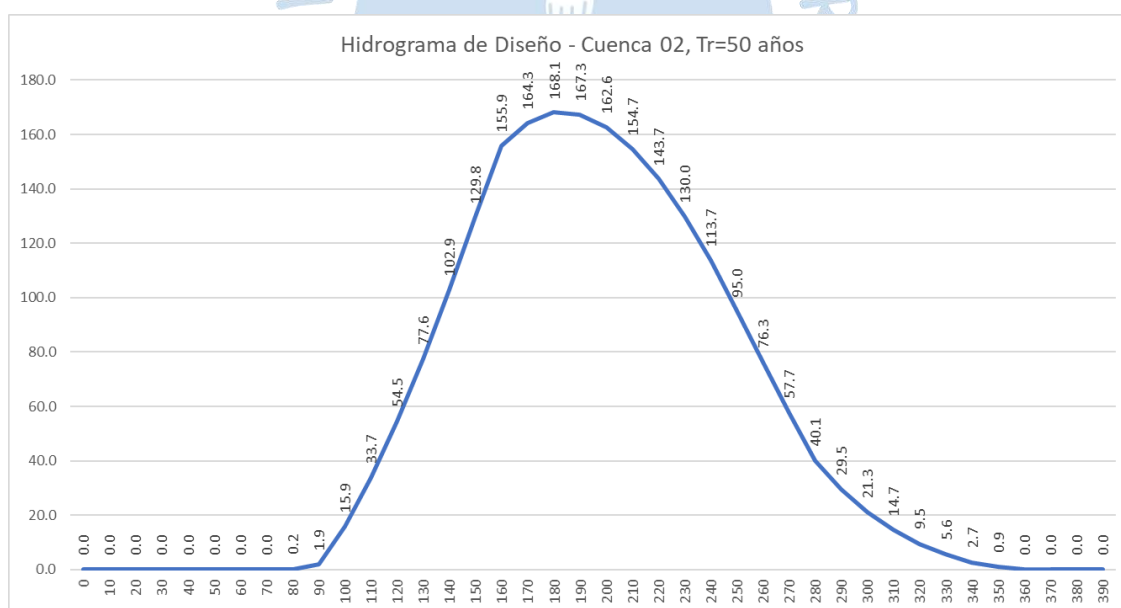


Figura C.20. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 50$ años:

Tabla C.5. Caudal para Tr 50 años

Caudal - $Tr = 50$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	262.33
Cuenca 02	m ³ /s	168.08

Caudal Zona de estudio	m ³ /s	215.21
-------------------------------	-------------------	--------

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 100$ años

Cuenca 01

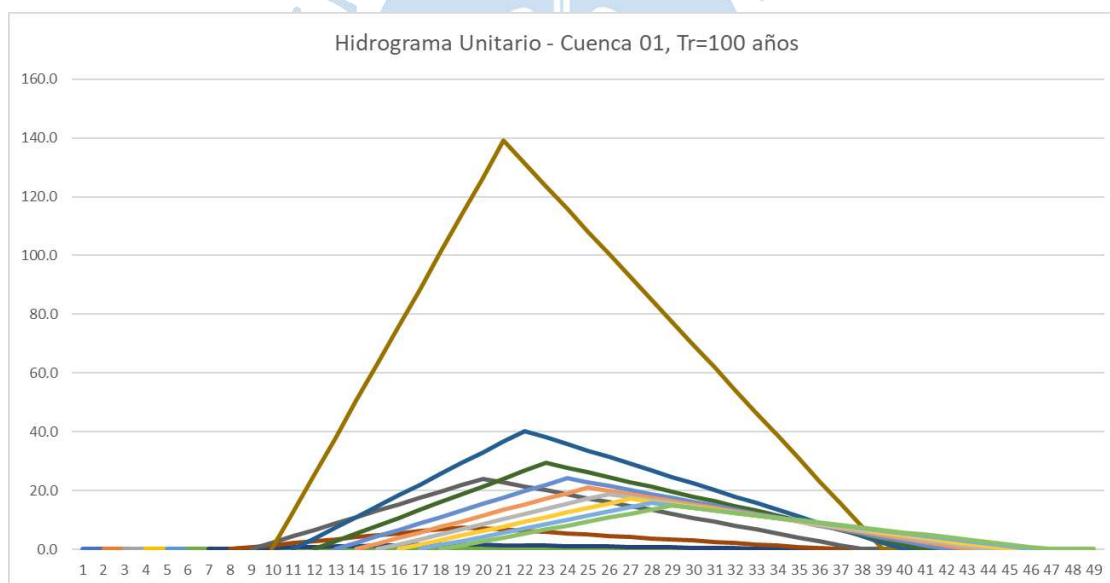


Figura C.21. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

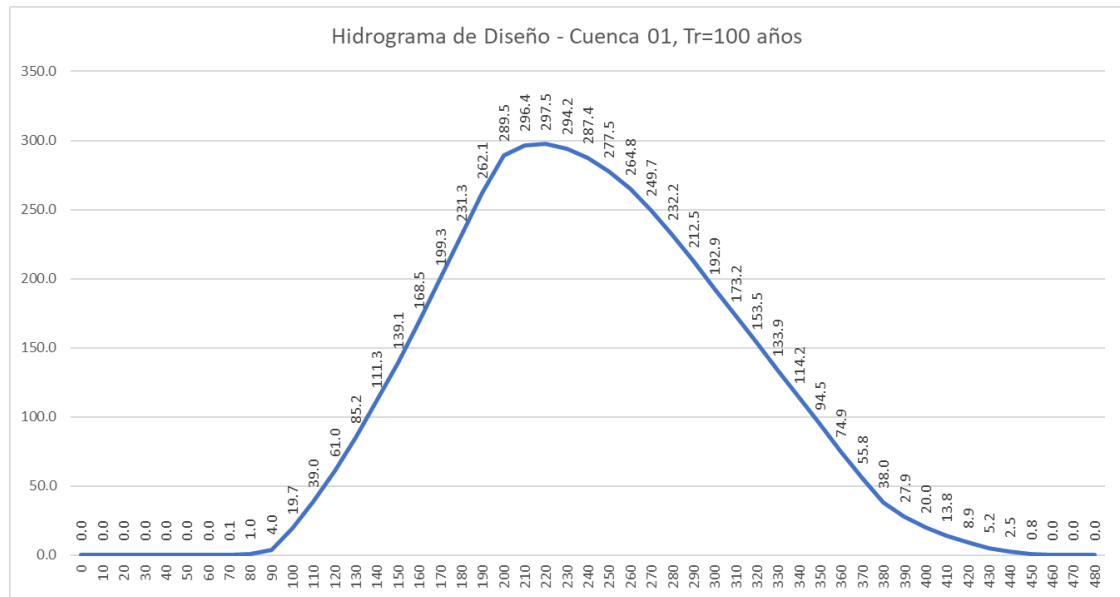


Figura C.22. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

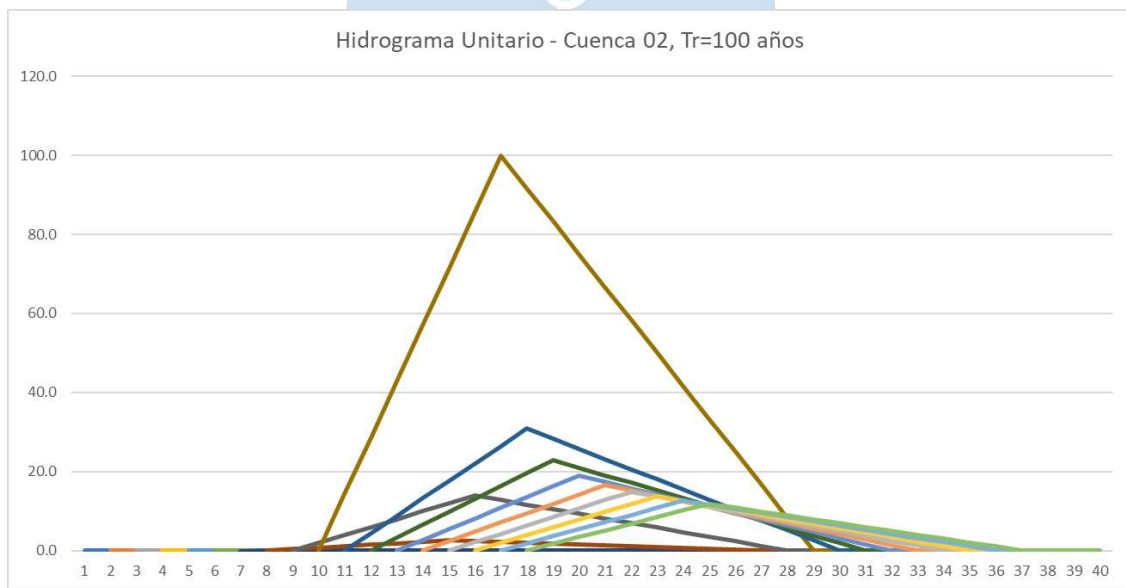


Figura C.23. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

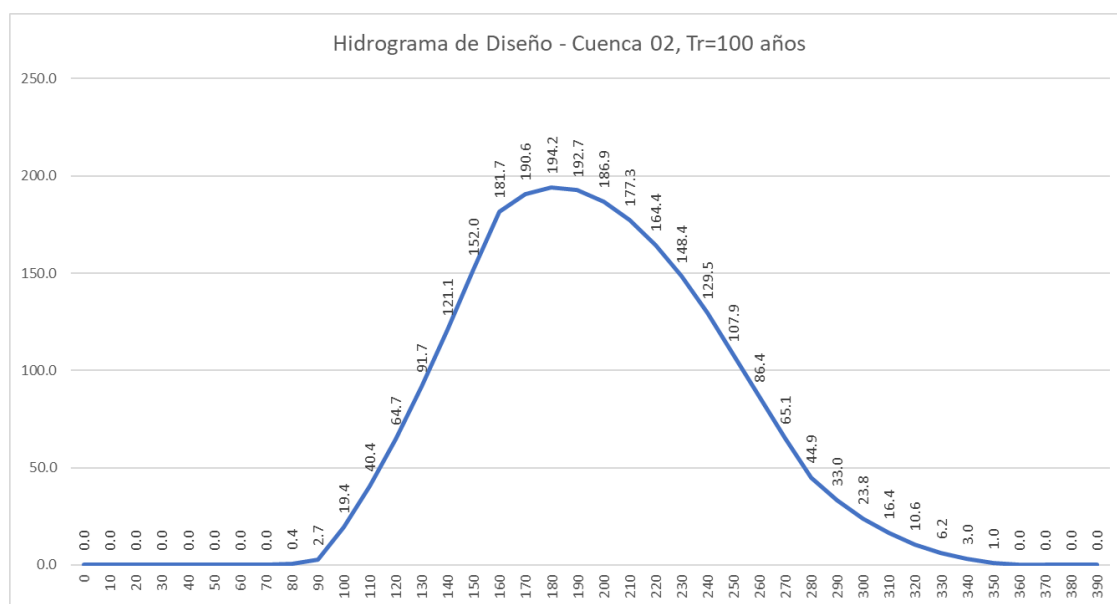


Figura C.24. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para Tr = 100 años:

Tabla C.6. Caudal para Tr 100 años

Caudal - Tr = 100 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	297.46
Cuenca 02	m³/s	194.22

Caudal Zona de estudio	m³/s	245.84
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

Tr = 200 años

Cuenca 01

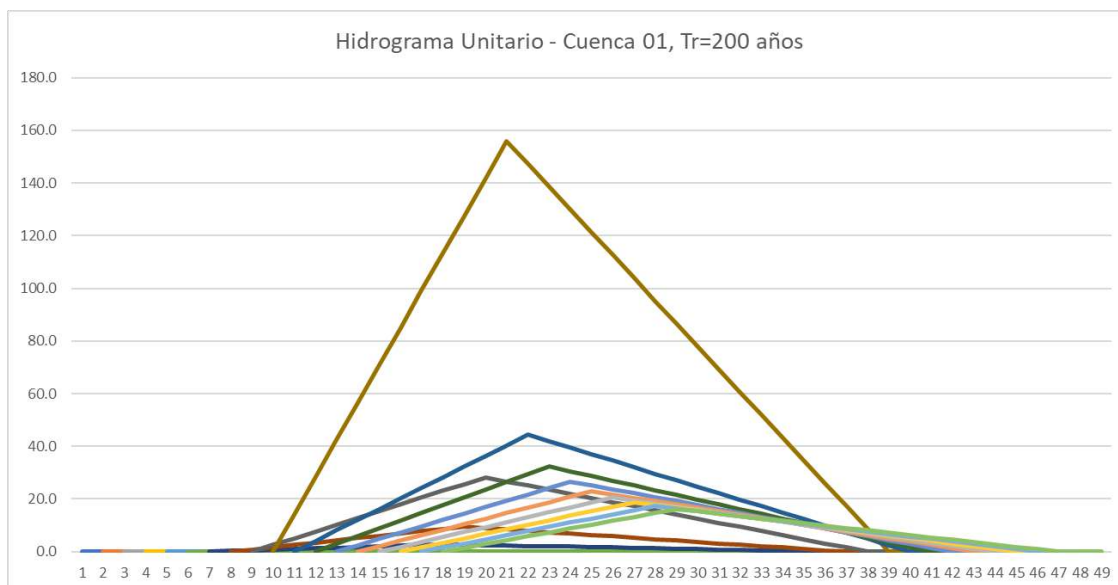


Figura C.25. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

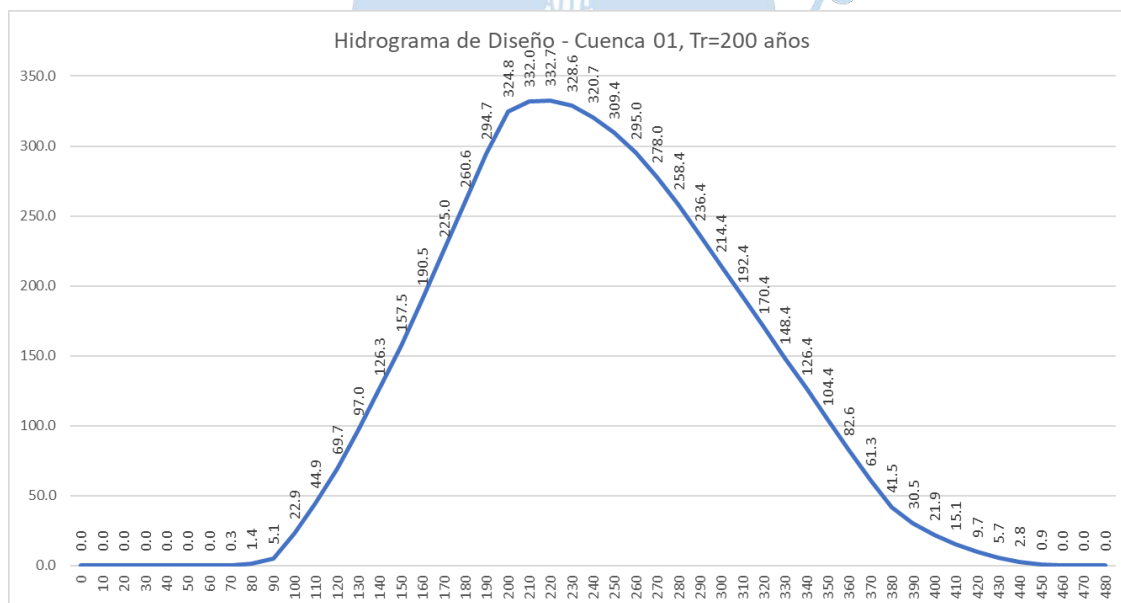


Figura C.26. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

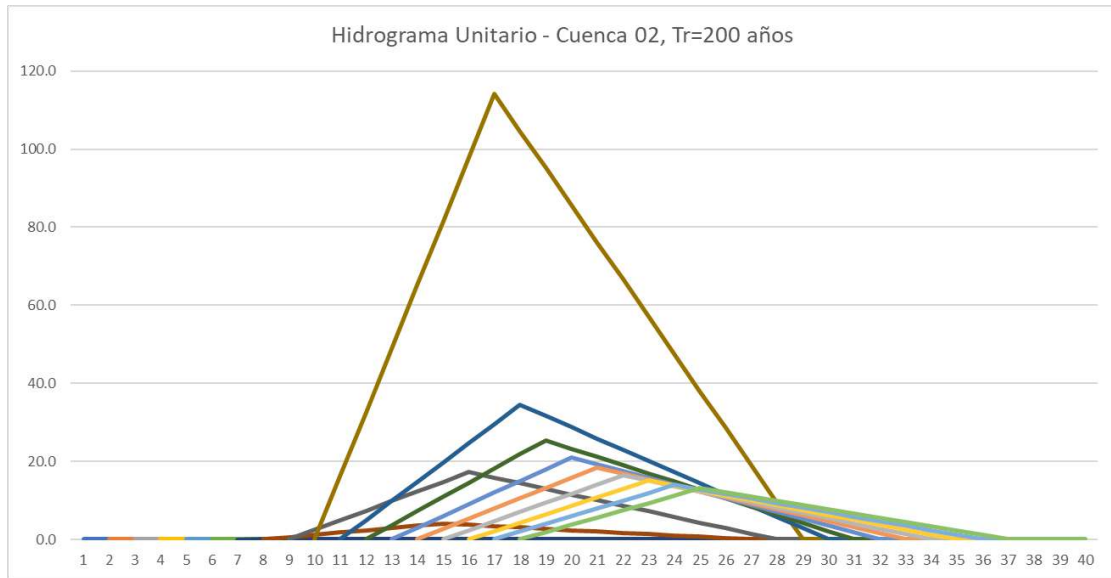


Figura C.27. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

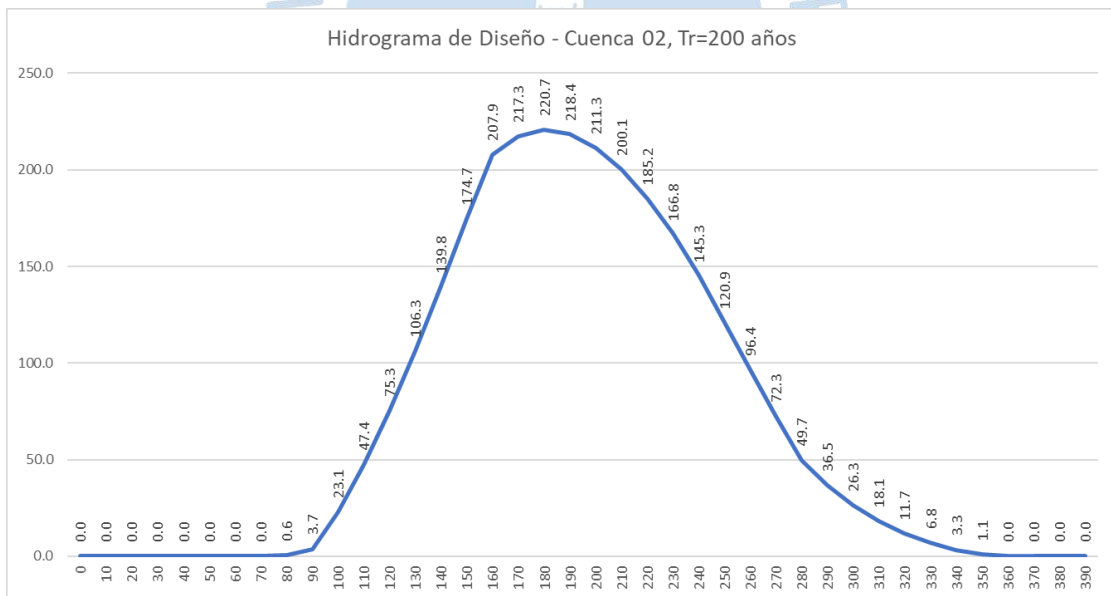


Figura C.28. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 200$ años:

Tabla C.7. Caudal para Tr 200 años

Caudal - $Tr = 200$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	332.67
Cuenca 02	m ³ /s	220.72

Caudal Zona de estudio	m ³ /s	276.69
-------------------------------	-------------------	--------

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 500$ años

Cuenca 01

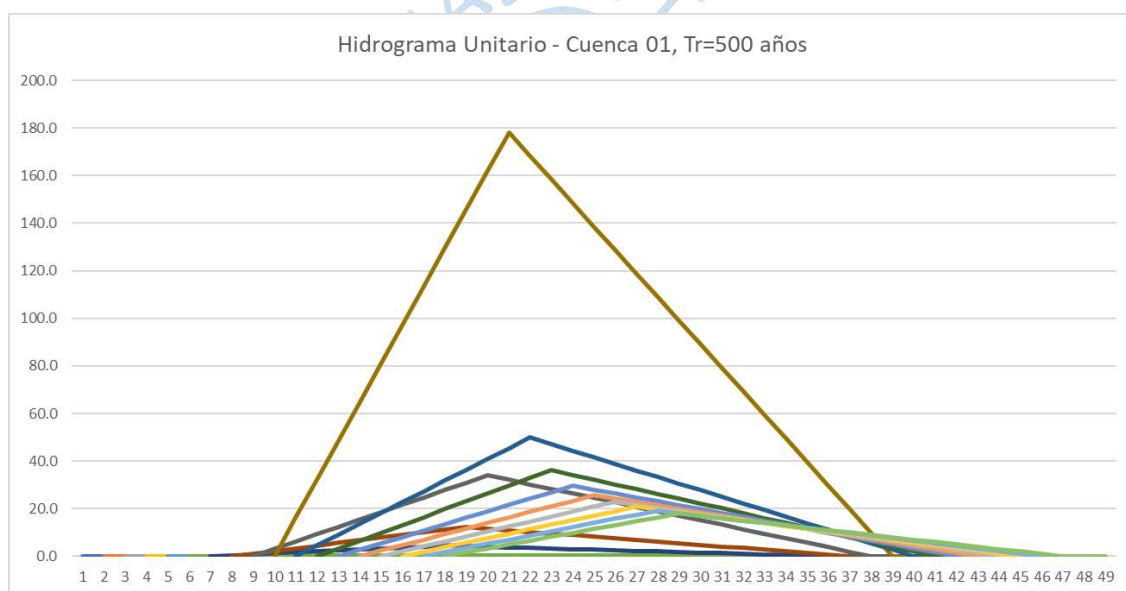


Figura C.29. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

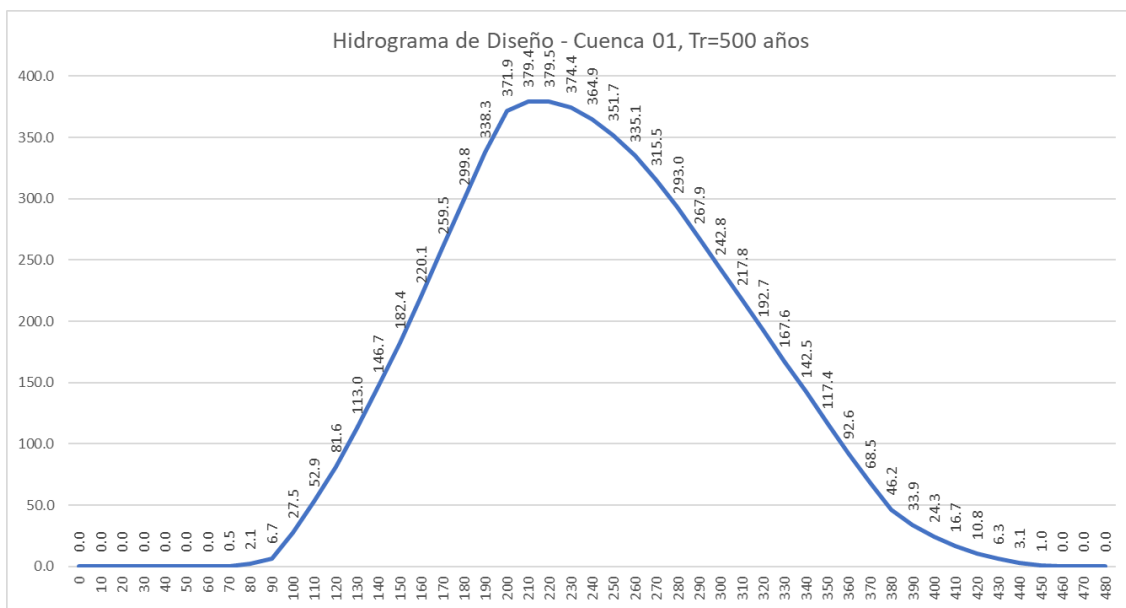


Figura C.30. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

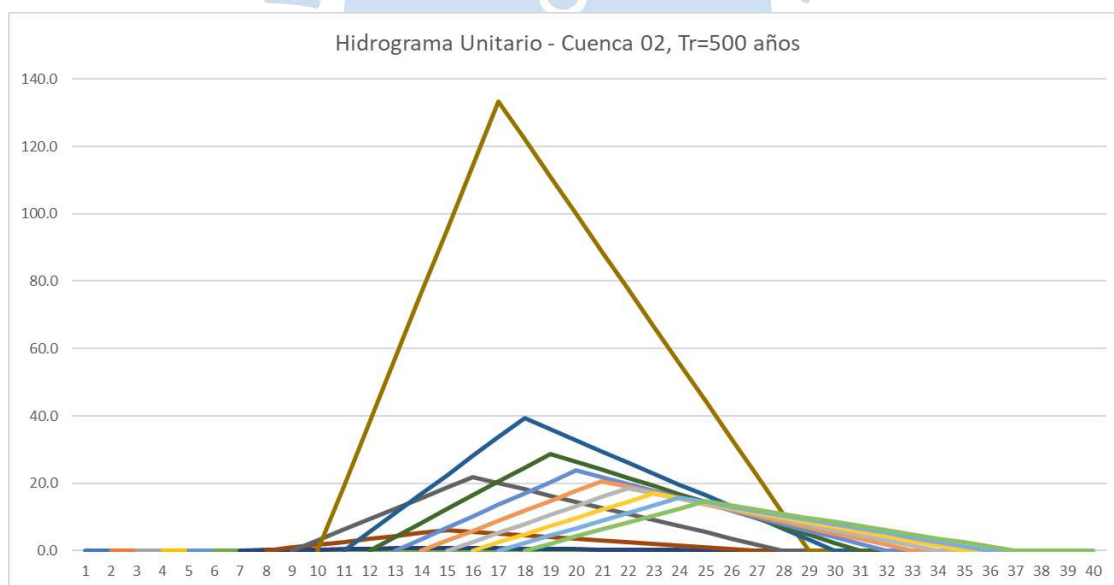


Figura C.31. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

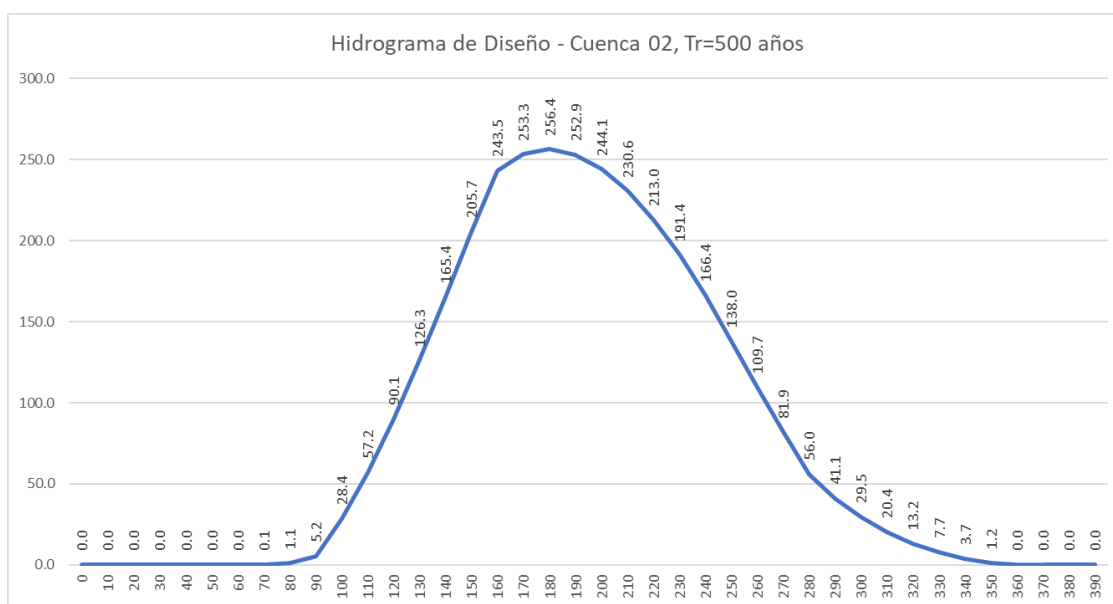


Figura C.32. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para Tr = 500 años:

Tabla C.8. Caudal para Tr 500 años.

Caudal - Tr = 500 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	379.54
Cuenca 02	m³/s	256.39

Caudal Zona de estudio	m³/s	317.97
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

C.2. Cálculo de caudales y hietogramas unitarios y de diseño completando datos faltantes de precipitación.

Tr = 2 años

Cuenca 01

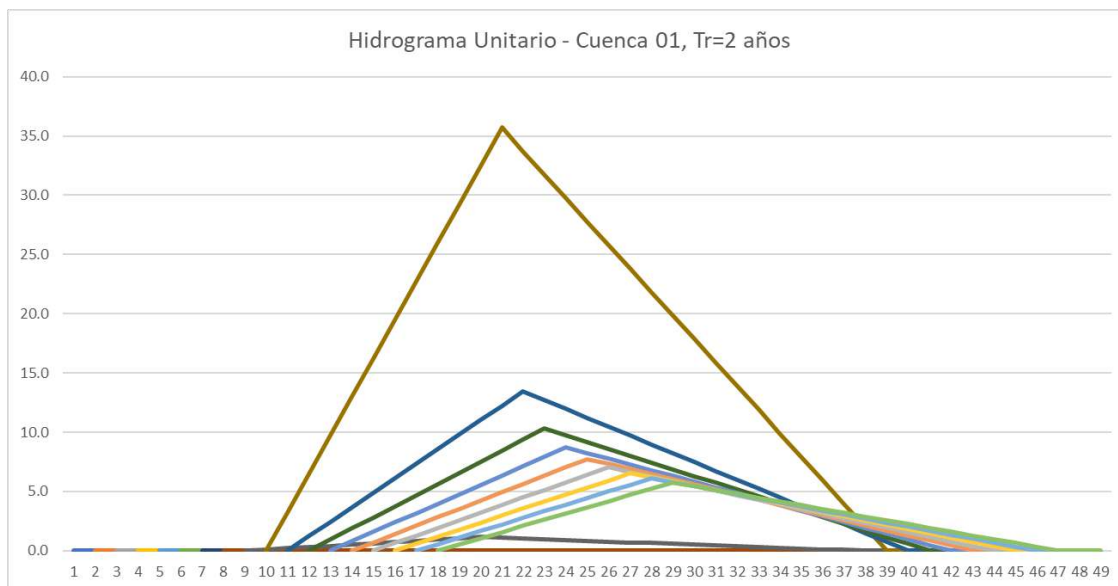


Figura C.33. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

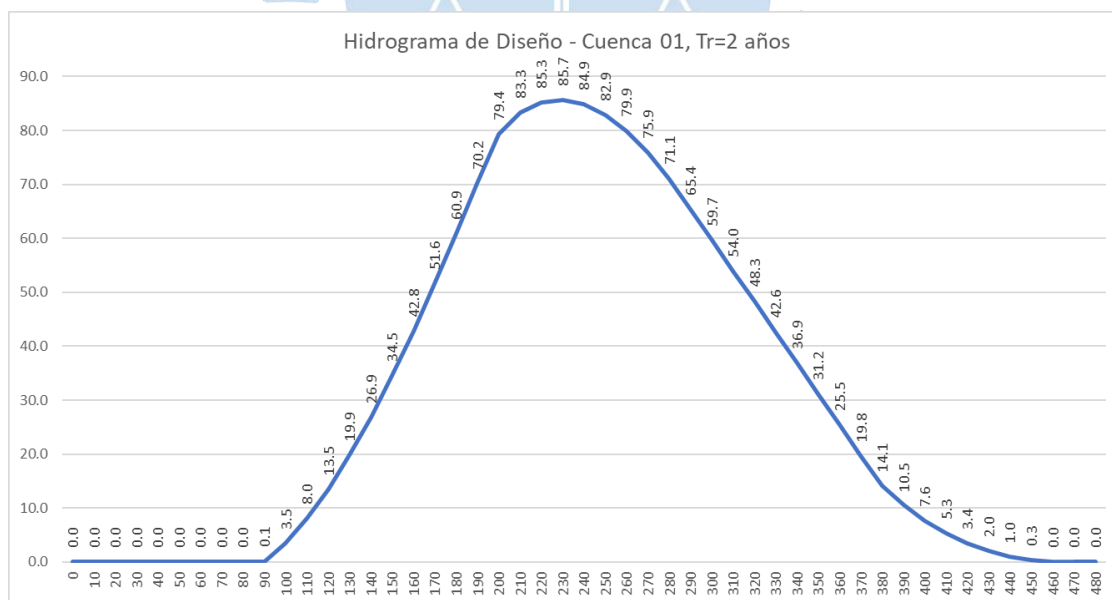


Figura C.34. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 2 año

Fuente: Elaboración propi

Cuenca 02

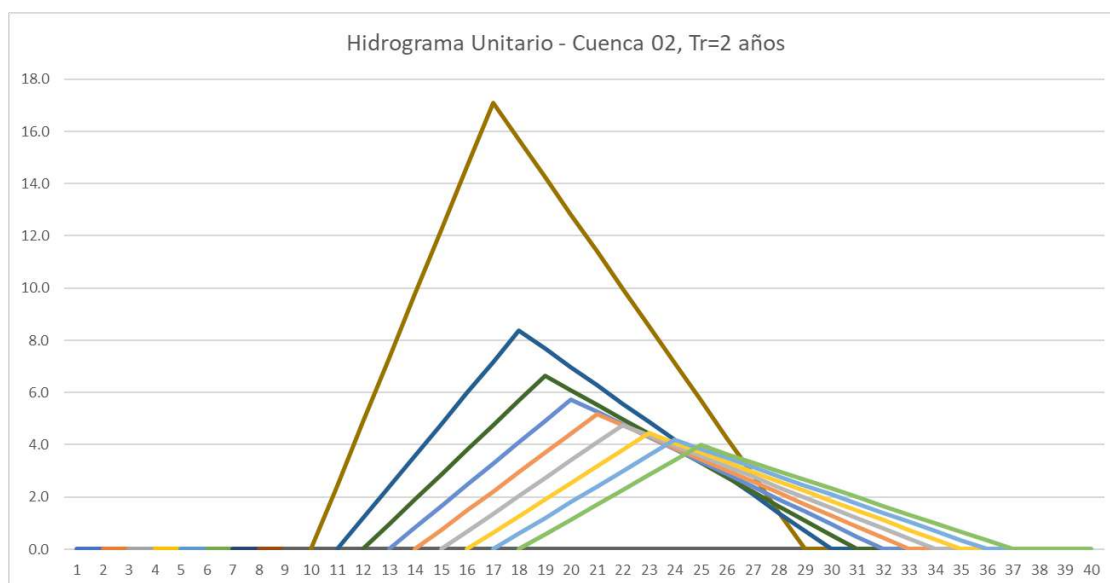


Figura C.35. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 2 años

Fuente: Elaboración propia

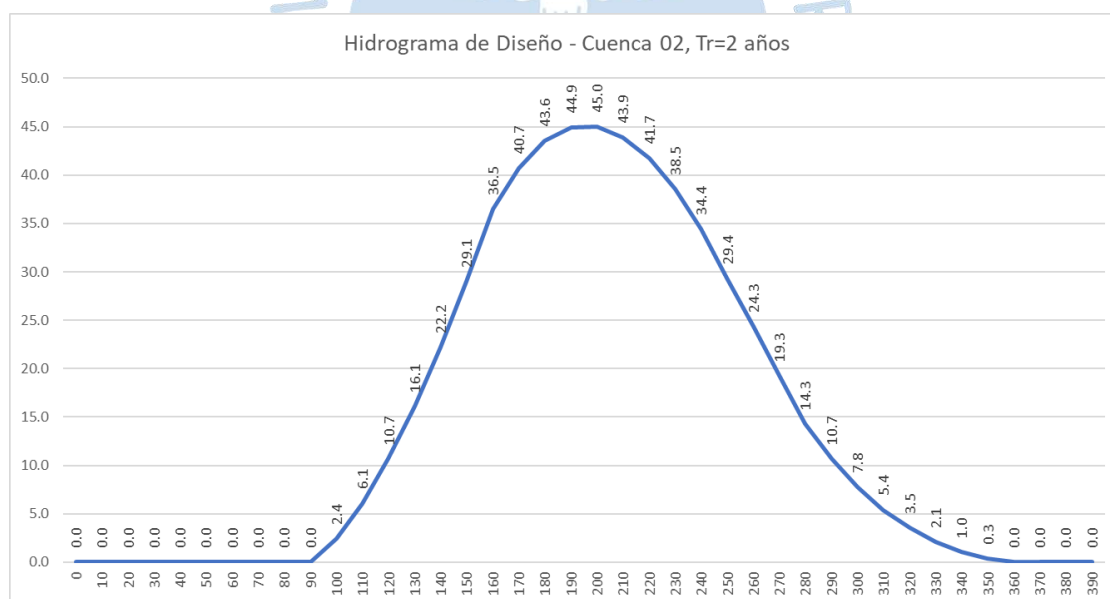


Figura C.36. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 2 años.

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 2$ años:

Tabla C.9. Caudal para Tr 2 años

Caudal - $Tr = 2$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	85.70
Cuenca 02	m ³ /s	45.01

Caudal Zona de estudio	m ³ /s	65.36
-------------------------------	-------------------	-------

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 5$ años

Cuenca 01

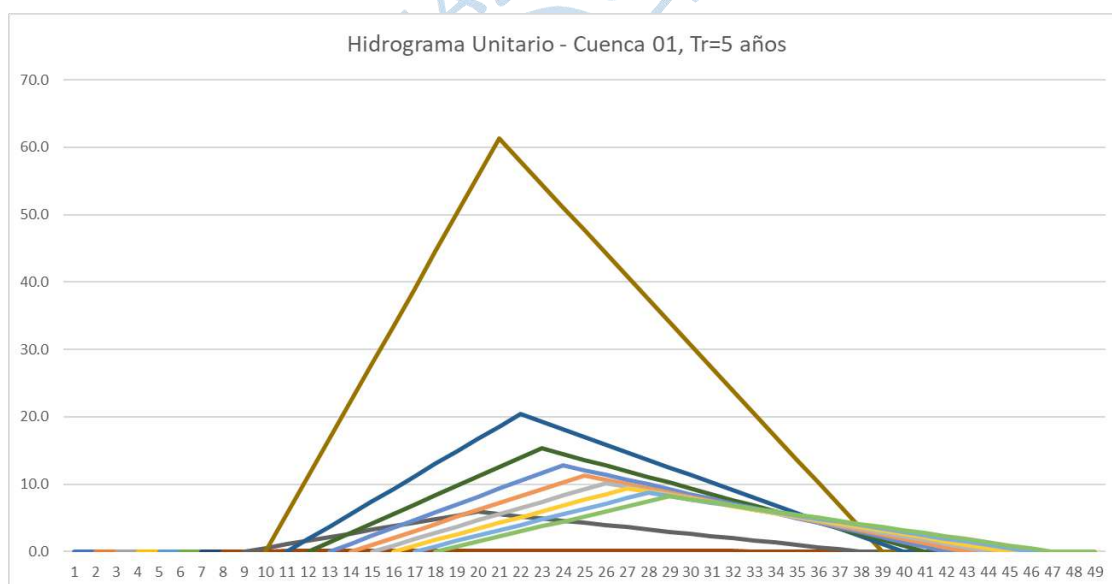


Figura C.37. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

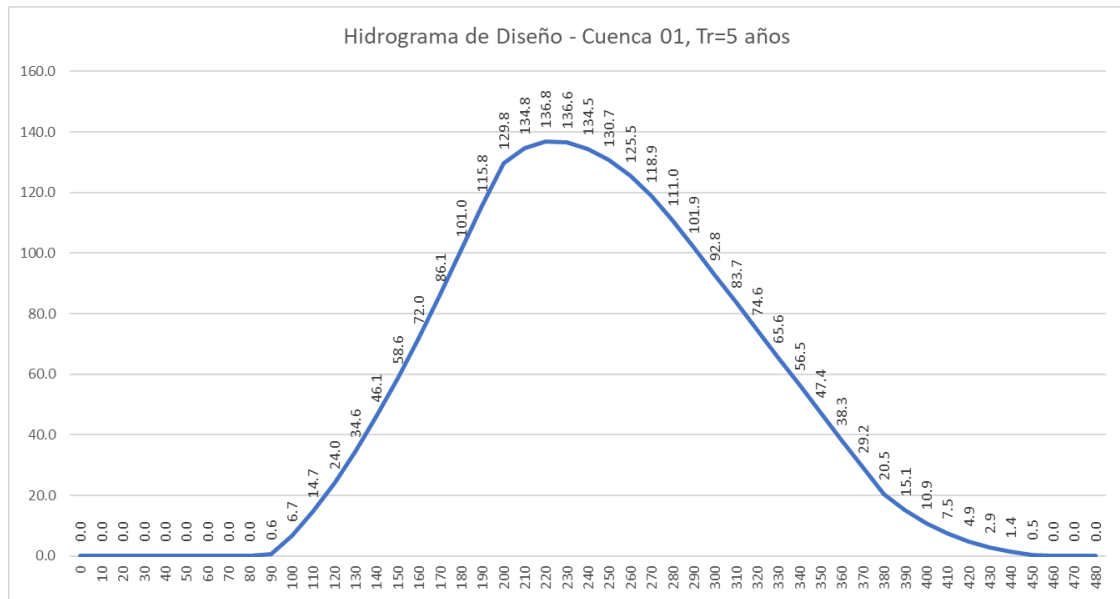


Figura C.38. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

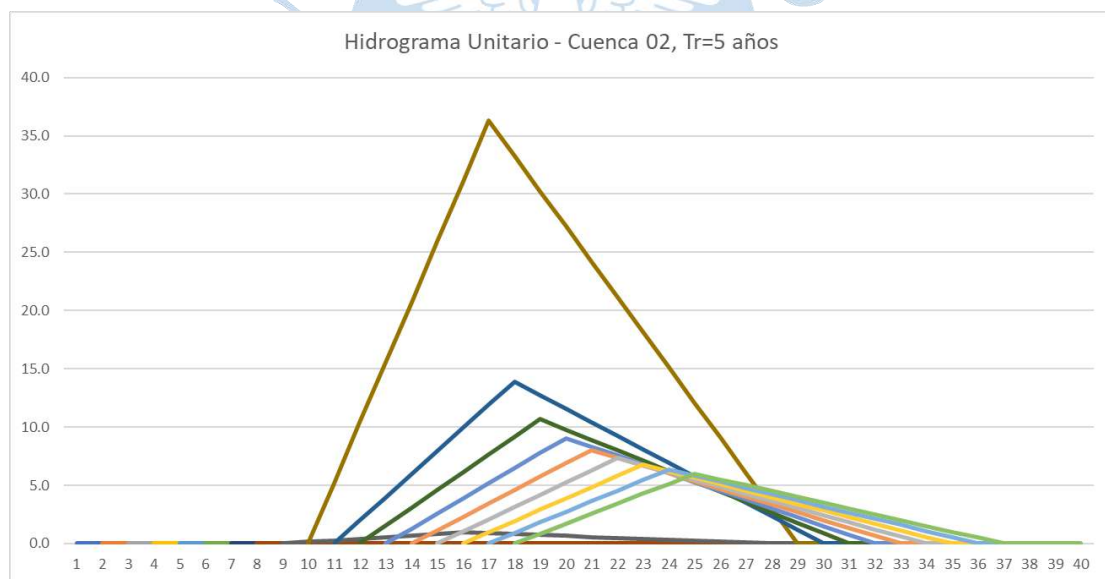


Figura C.39. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

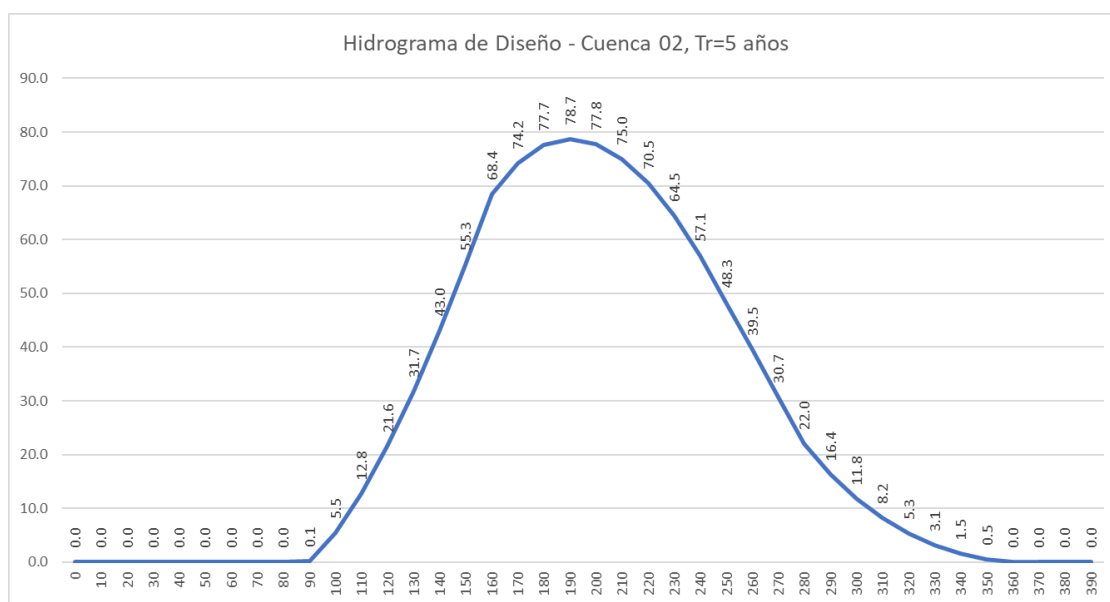


Figura C.40. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 5 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para Tr = 5 años:

Tabla C.10. Caudal para Tr 5 años

Caudal - Tr = 5 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	136.82
Cuenca 02	m³/s	78.74

Caudal Zona de estudio	m³/s	107.78
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

Tr = 10 años

Cuenca 01

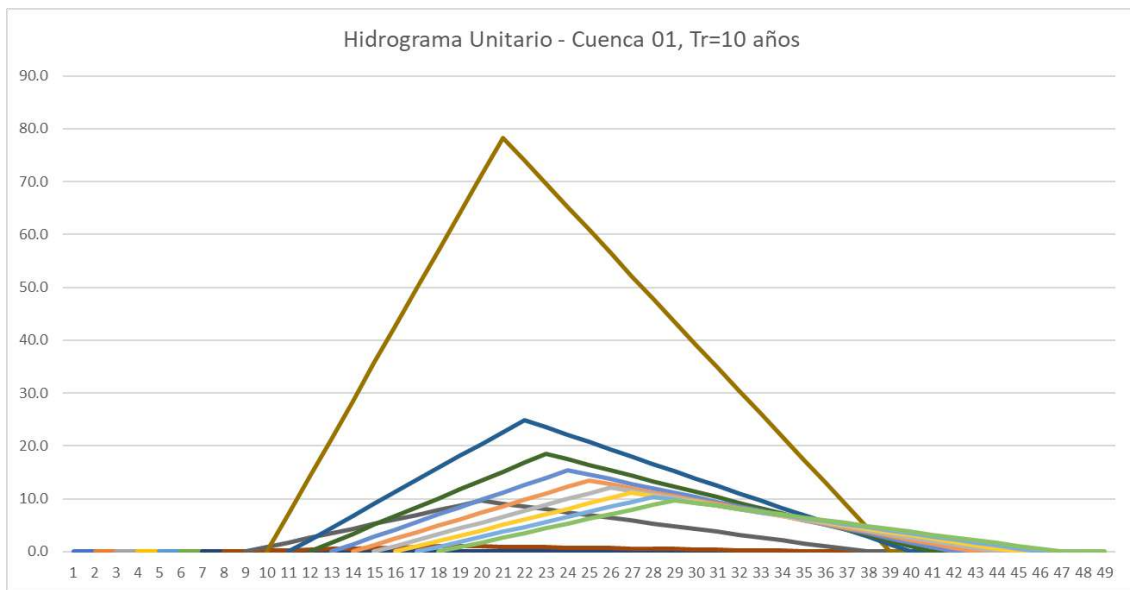


Figura C.41. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

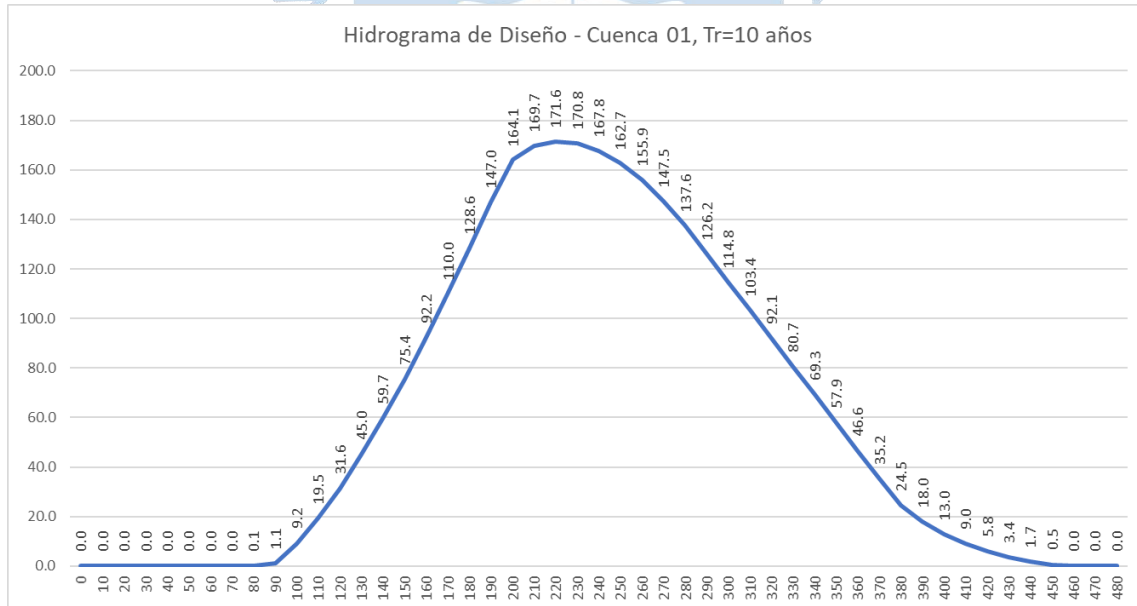


Figura C.42. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

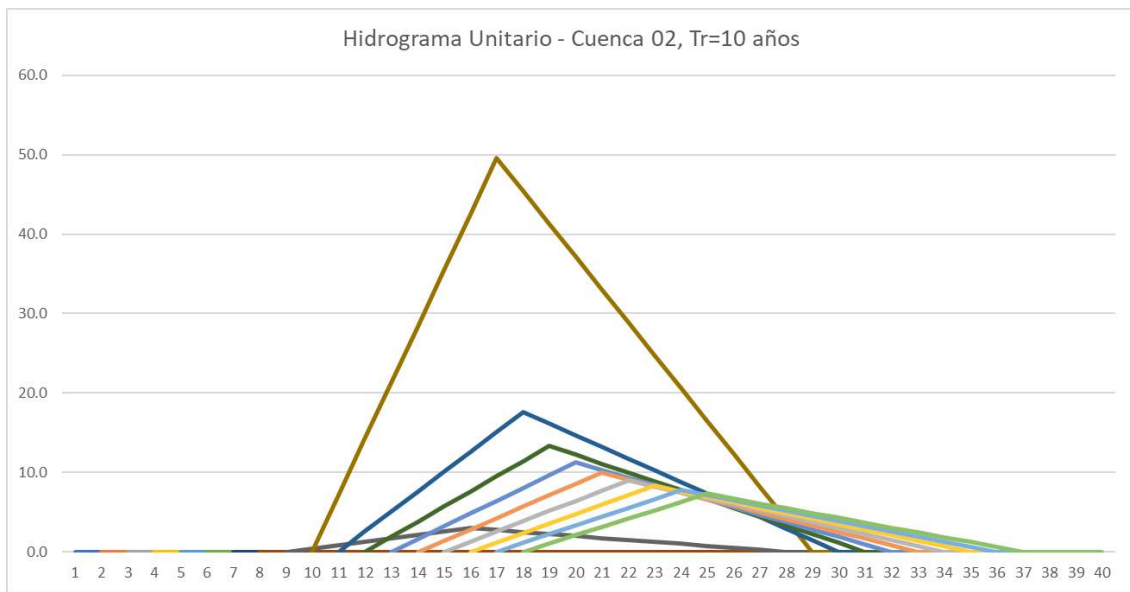


Figura C.43. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

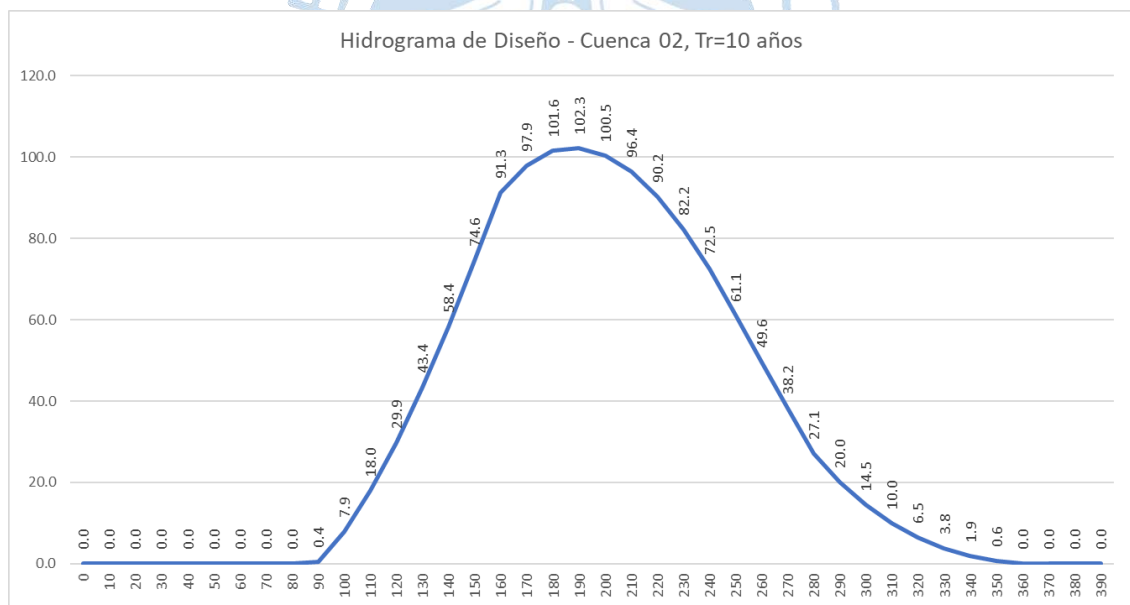


Figura C.44. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 10 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 10$ años:

Tabla C.11. Caudal para Tr 10 años

Caudal - $Tr = 10$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	171.58
Cuenca 02	m ³ /s	102.32

Caudal Zona de estudio	m ³ /s	136.95
-------------------------------	-------------------	--------

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 25$ años

Cuenca 01

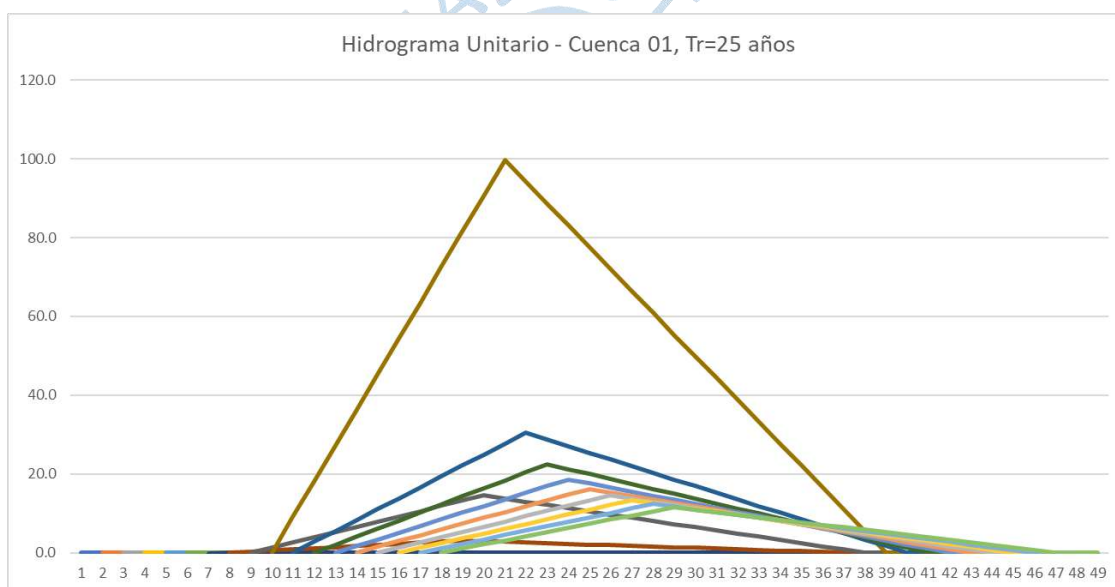


Figura C.45. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

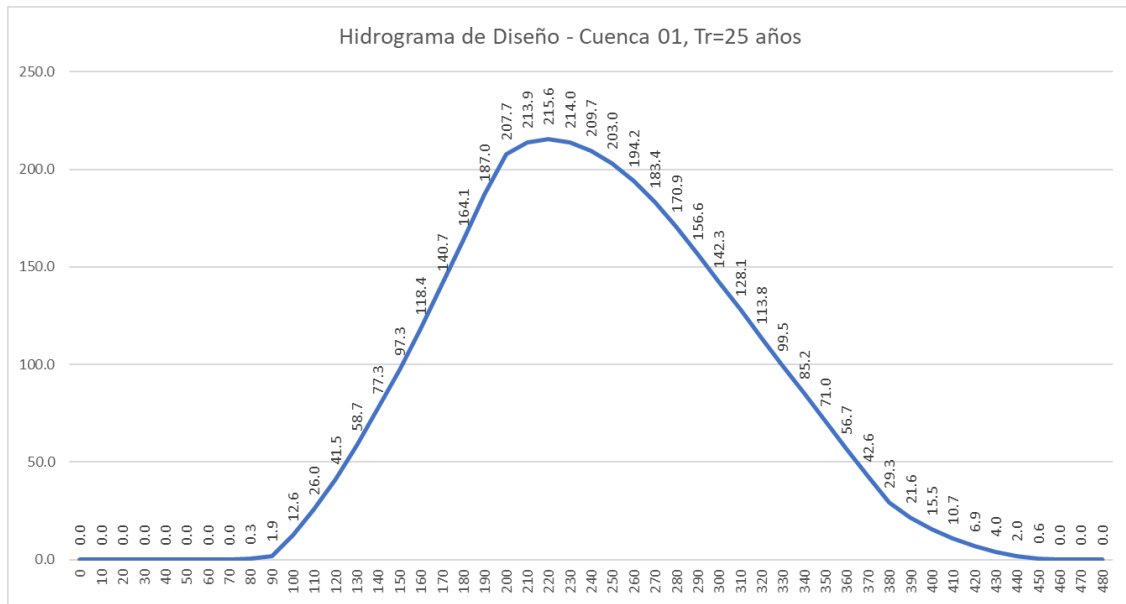


Figura C.46. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

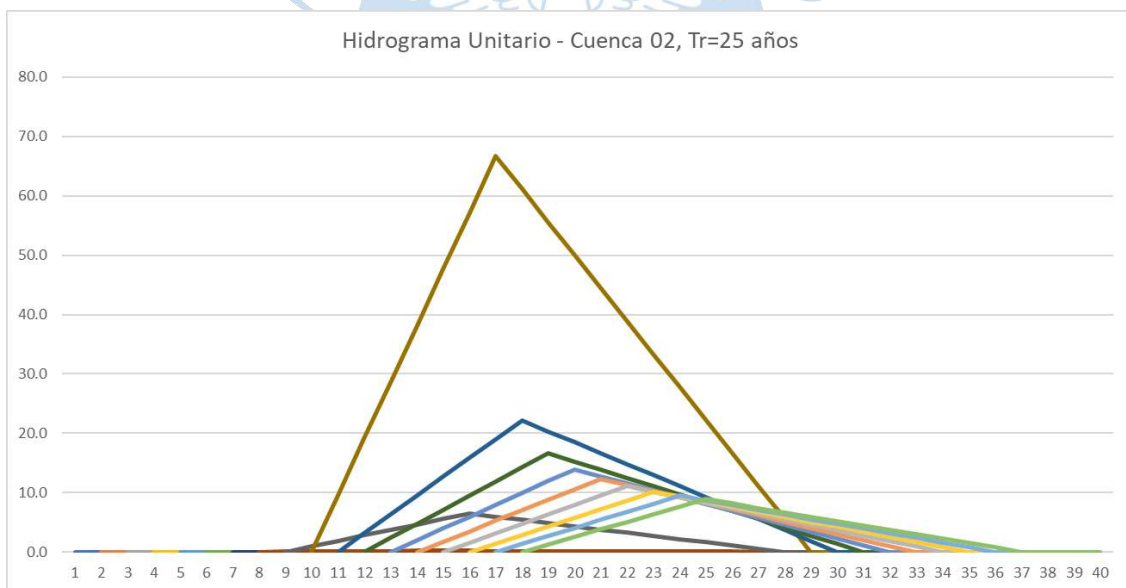


Figura C.47. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

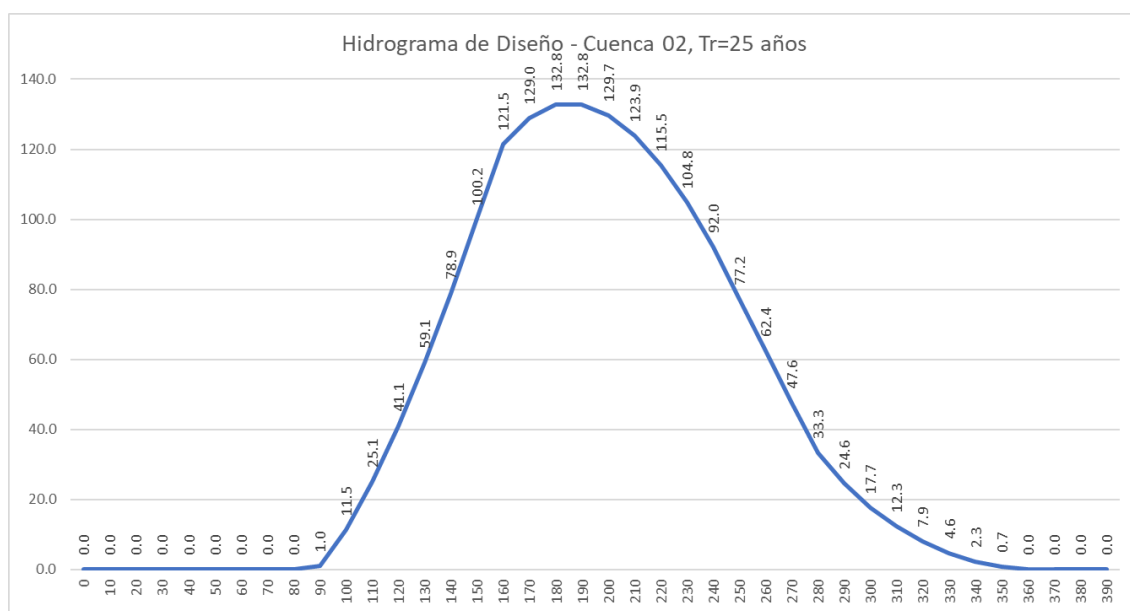


Figura C.48. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 25 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para Tr = 25 años:

Tabla C.12. Caudal para Tr 25 años

Caudal - Tr = 25 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	215.58
Cuenca 02	m³/s	132.84

Caudal Zona de estudio	m³/s	174.21
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

Tr = 50 años

Cuenca 01

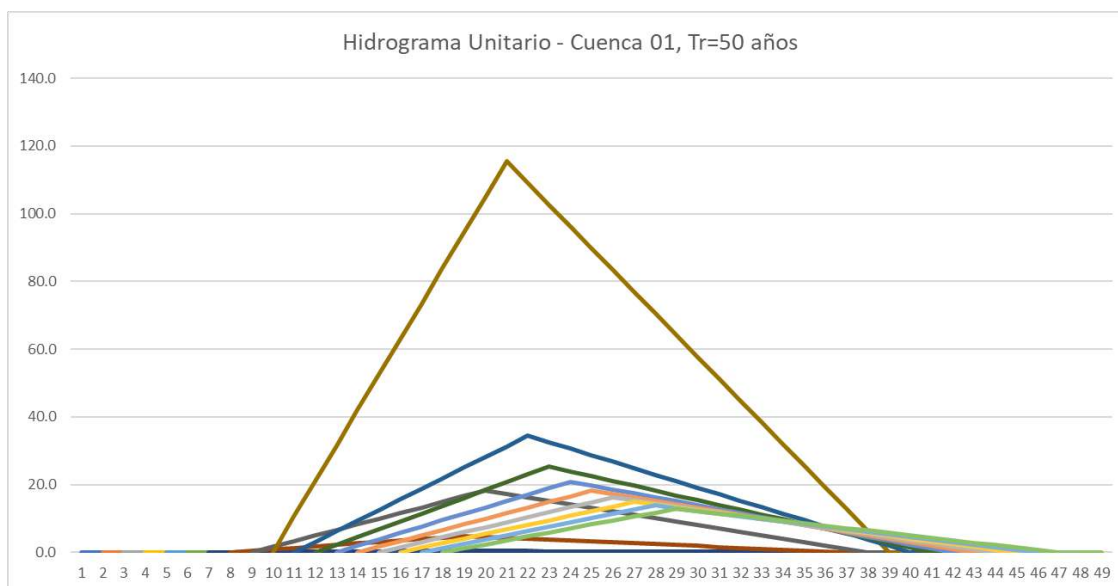


Figura C.49. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

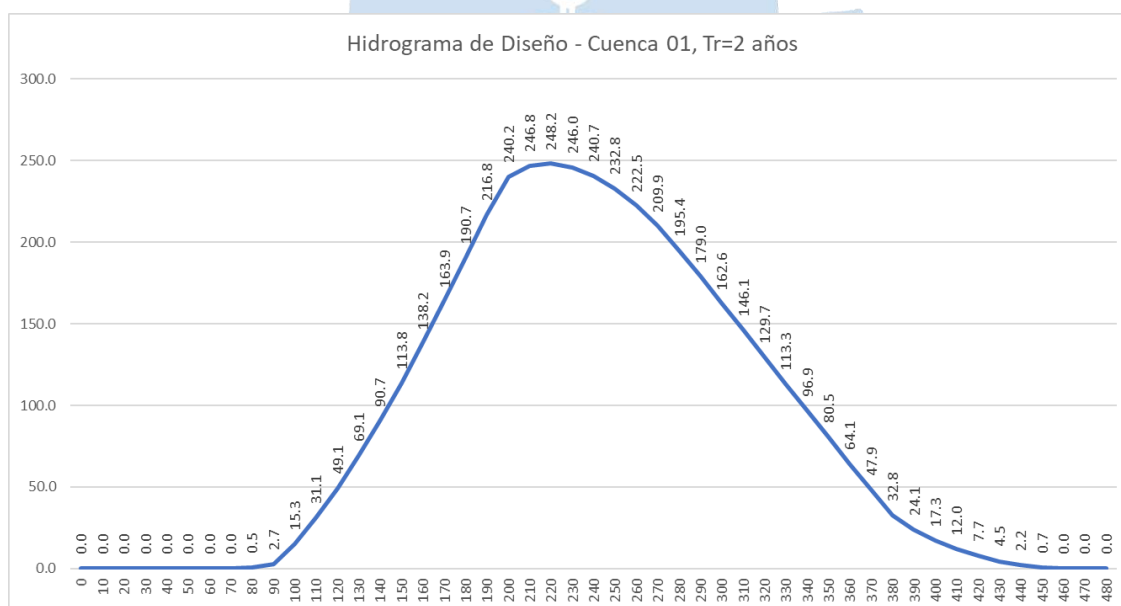


Figura C.50. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 50 año

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

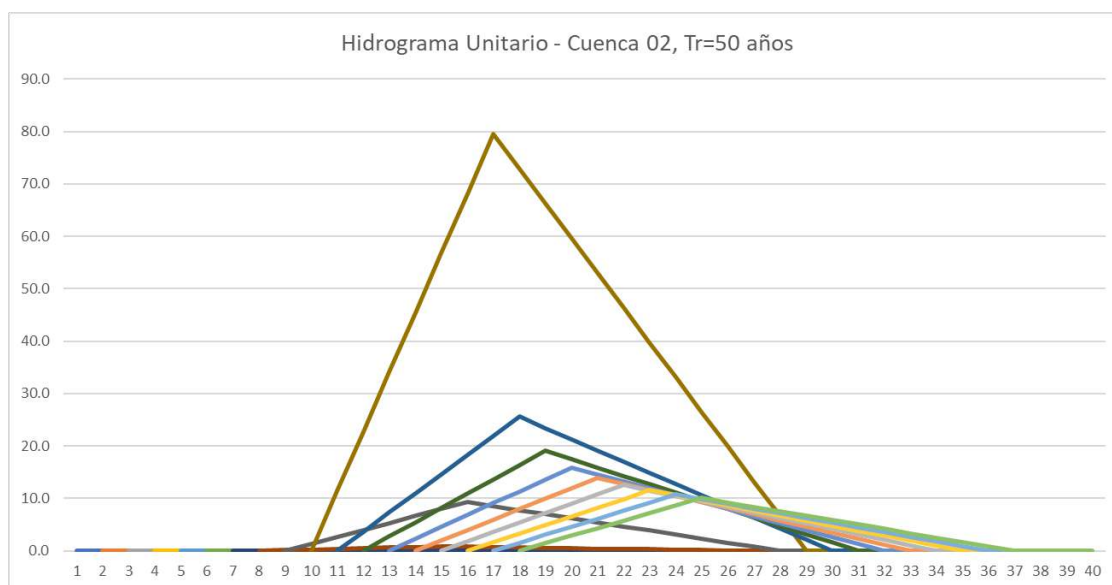


Figura C.51. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

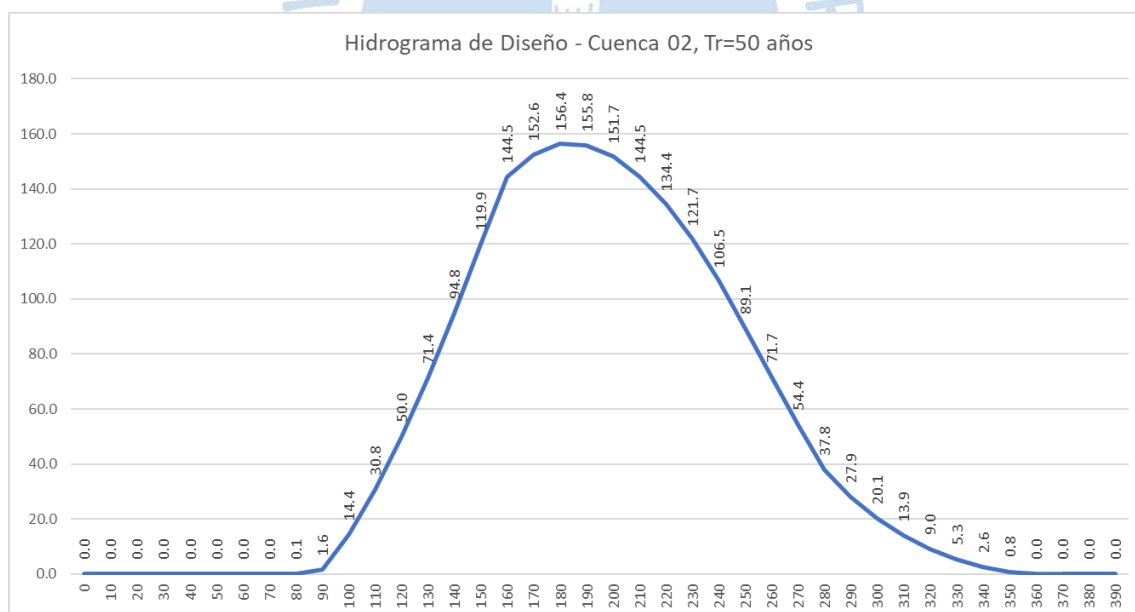


Figura C.52. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 50 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 50$ años:

Tabla C.13. Caudal para Tr 50 años

Caudal - $Tr = 2$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	248.23
Cuenca 02	m ³ /s	156.36
Caudal Zona de estudio	m ³ /s	202.30

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 100$ años

Cuenca 01

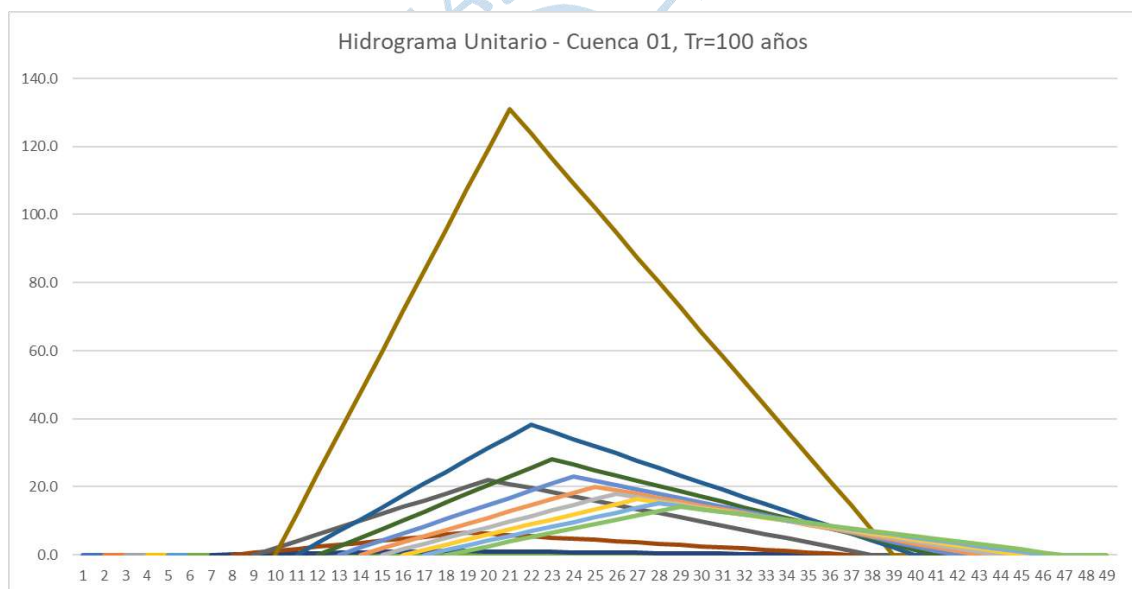


Figura C.53. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

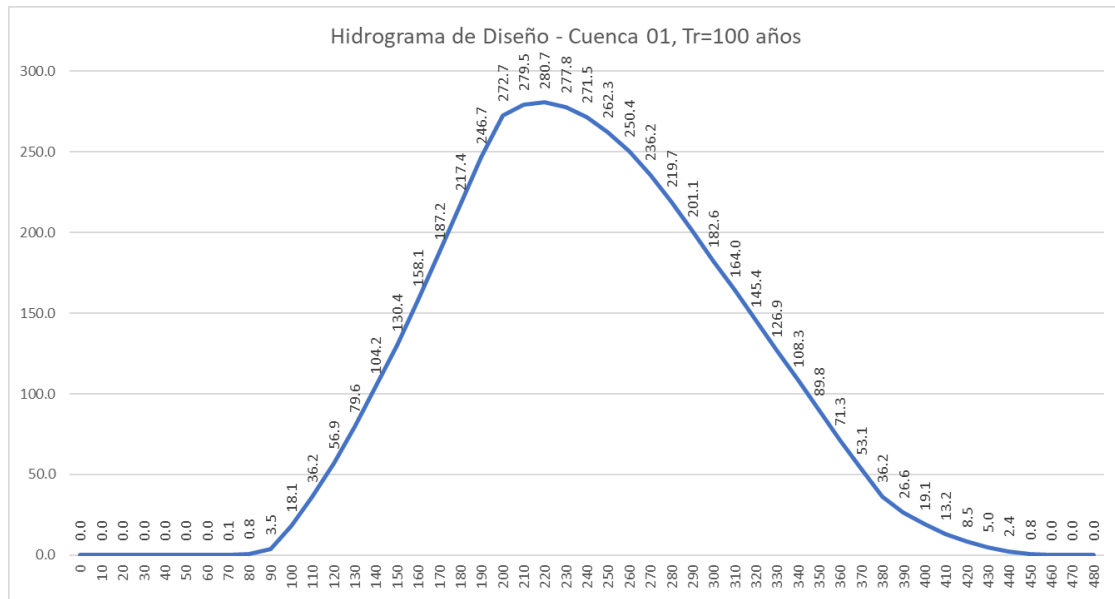


Figura C.54. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

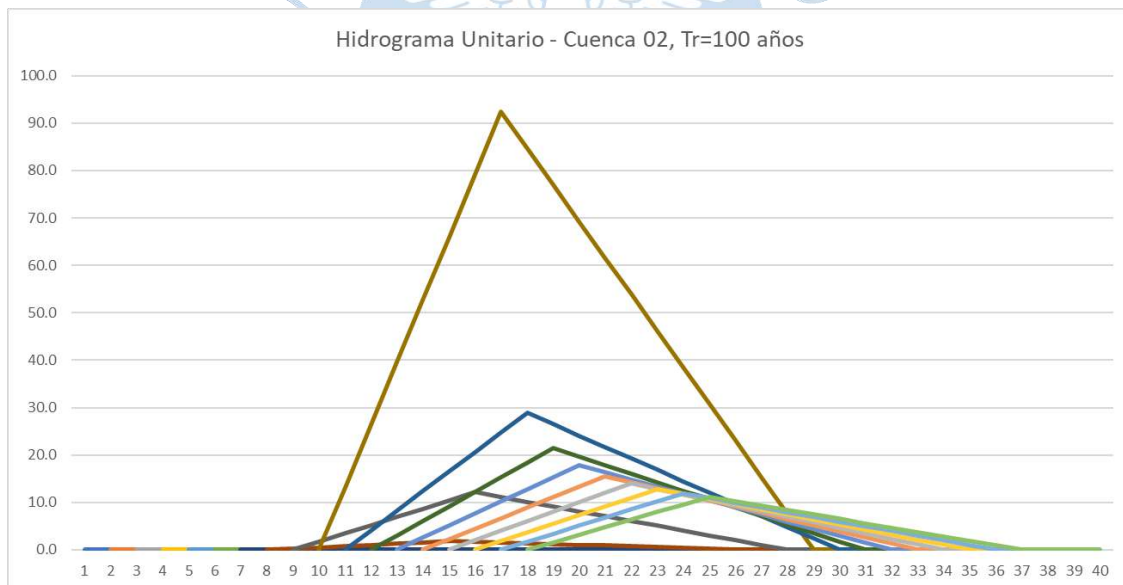


Figura C.55. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

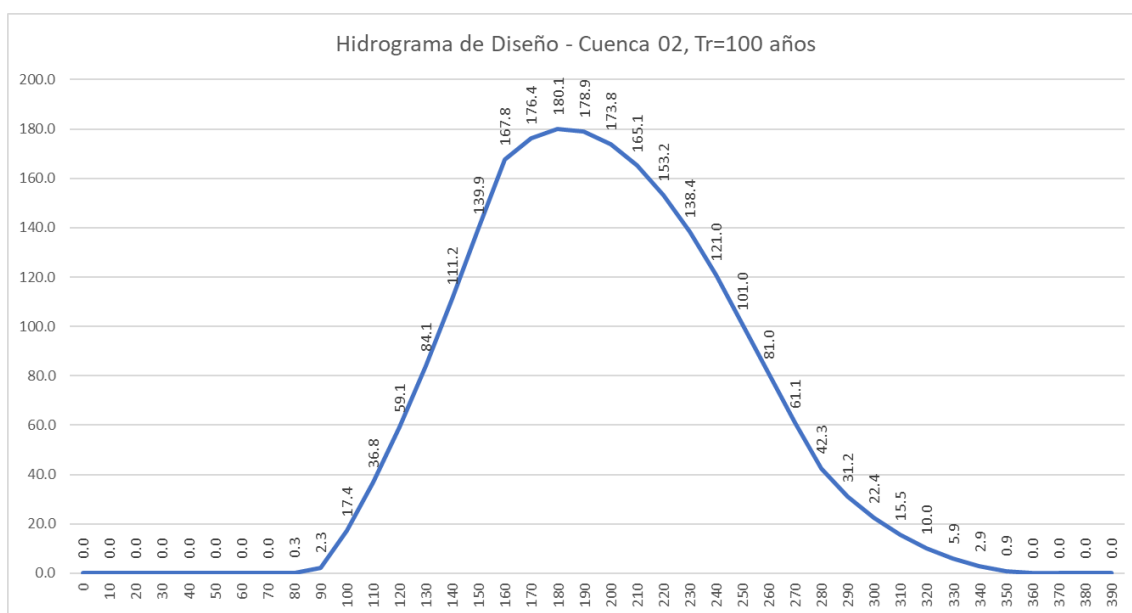


Figura C.56. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 100 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para Tr = 100 años:

Tabla C.14. Caudal para Tr 100 años

Caudal - Tr = 100 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	280.69
Cuenca 02	m³/s	180.09

Caudal Zona de estudio	m³/s	230.39
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia

Tr = 200 años

Cuenca 01

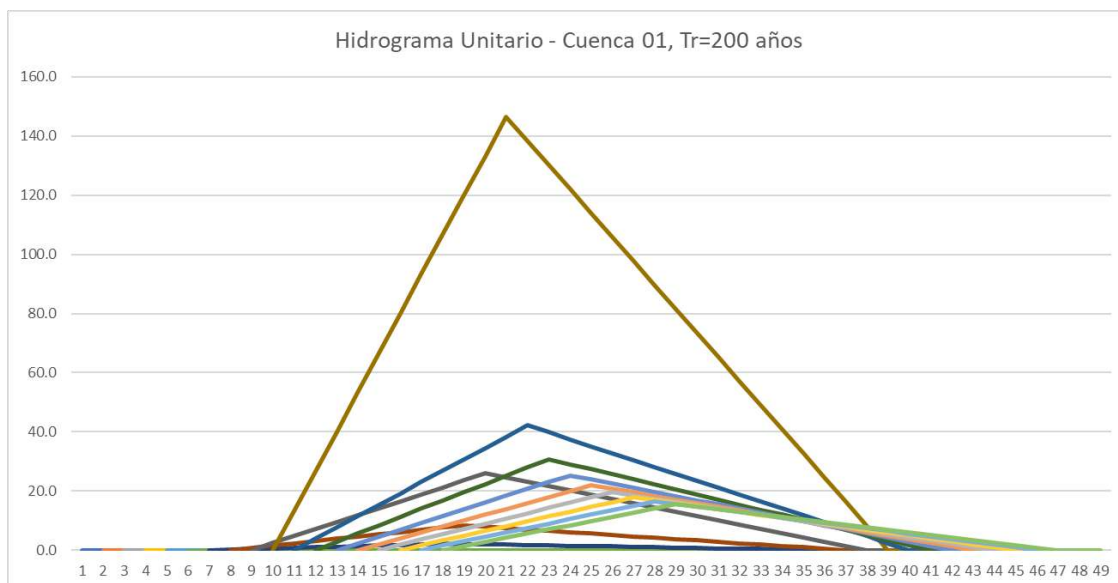


Figura C.57. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

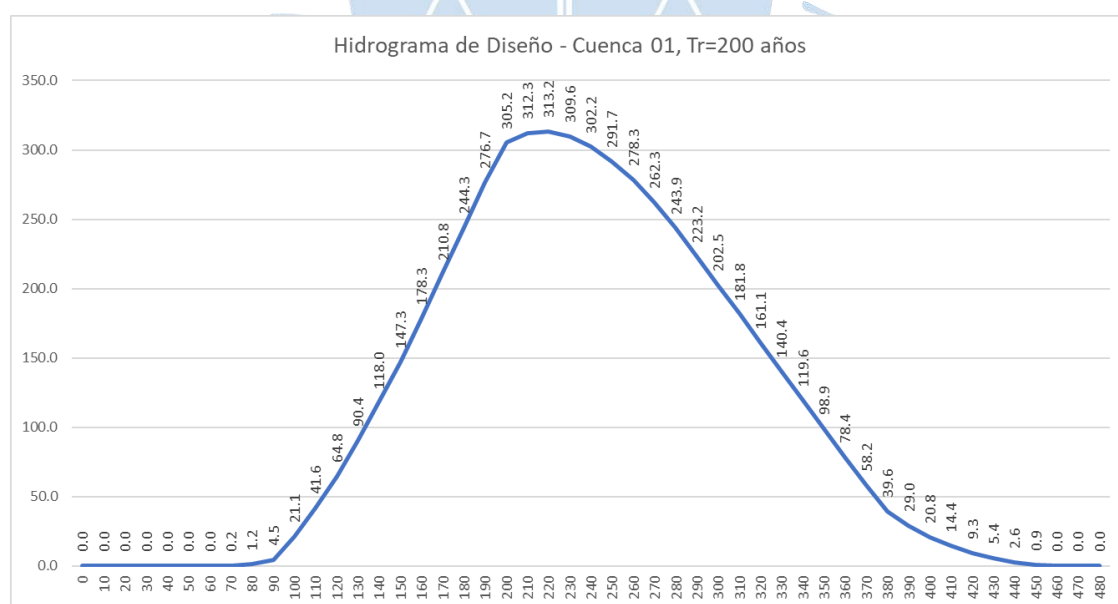


Figura C.58. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

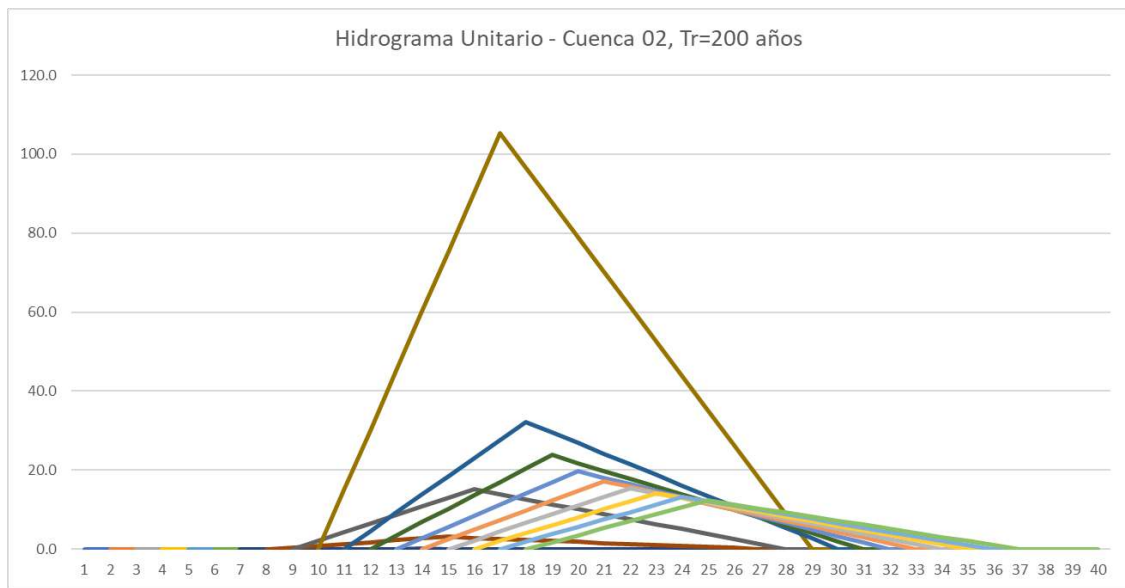


Figura C.59. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

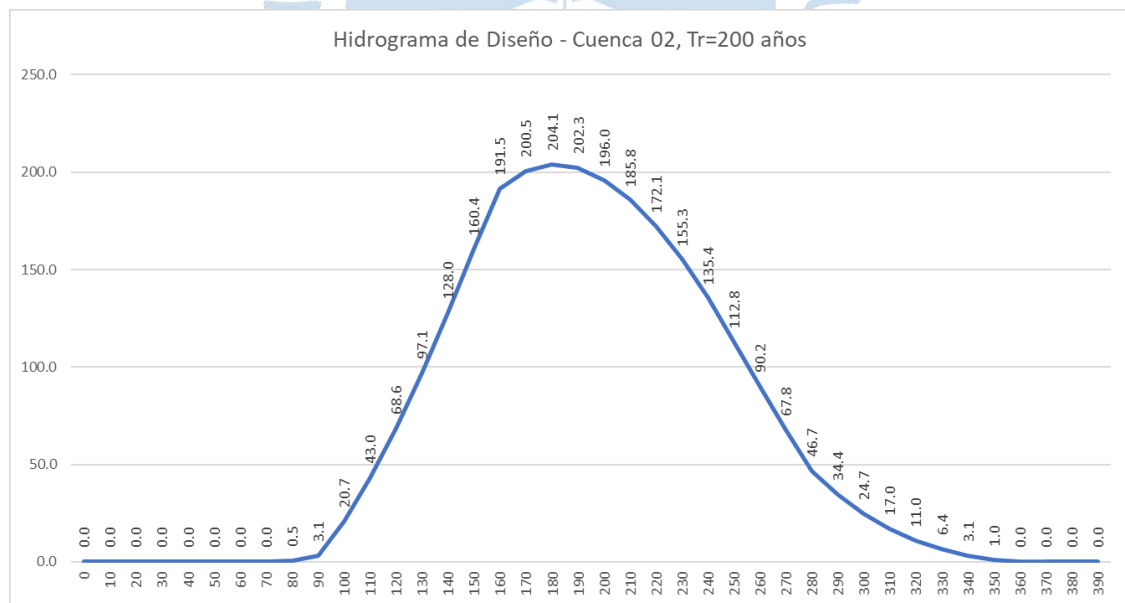


Figura C.60. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 200 años

Fuente: Elaboración propia

El caudal obtenido para $Tr = 200$ años:

Tabla C.15. Caudal para Tr 200 años

Caudal - $Tr = 200$ años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m ³ /s	313.16
Cuenca 02	m ³ /s	204.10
Caudal Zona de estudio	m ³ /s	258.63

Fuente. Elaboración propia

$Tr = 500$ años

Cuenca 01

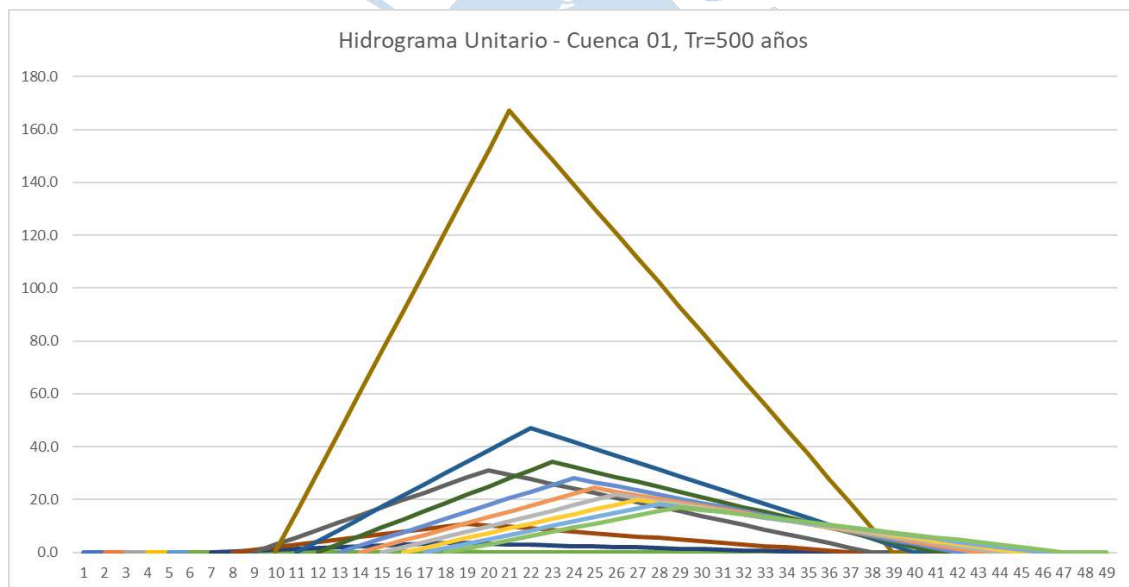


Figura C.61. Hidrograma Unitario - Cuenca 01, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

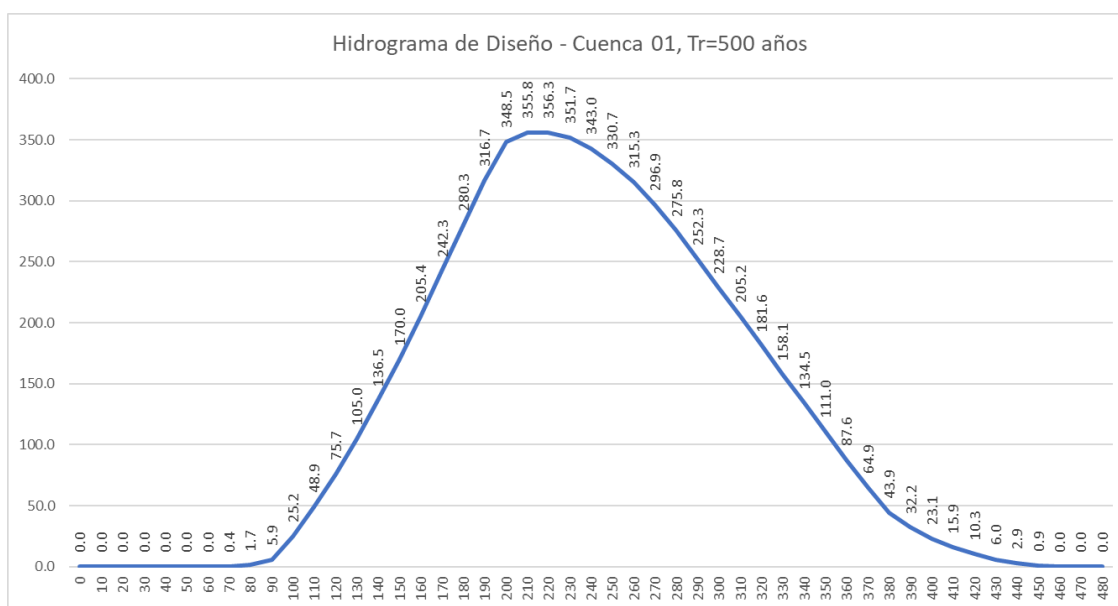


Figura C.62. Hidrograma de Diseño - Cuenca 01, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

Cuenca 02

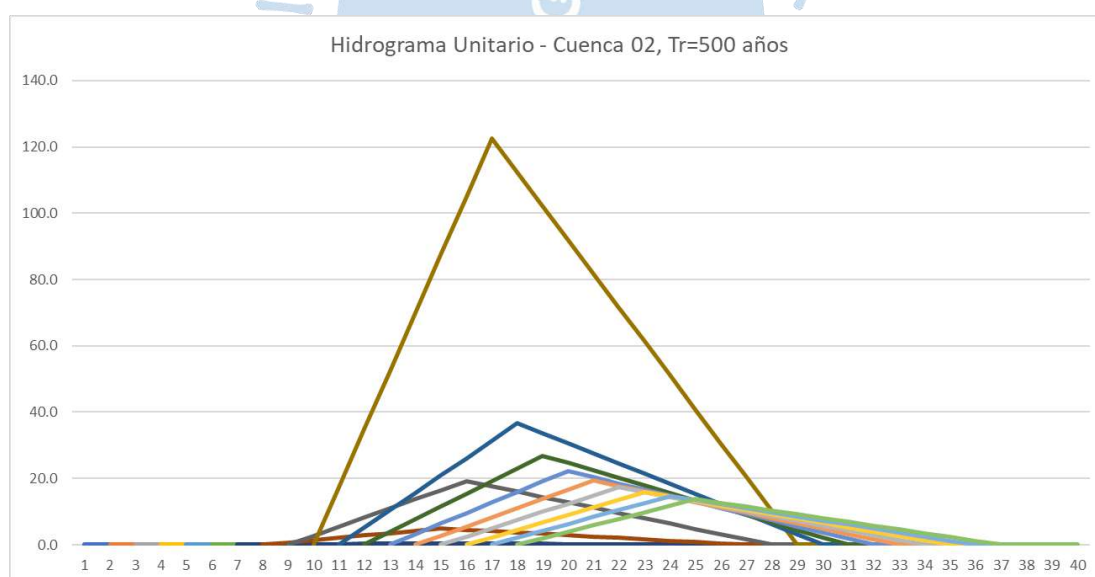


Figura C.63. Hidrograma Unitario - Cuenca 02, Tr 500 años

Fuente: Elaboración propia

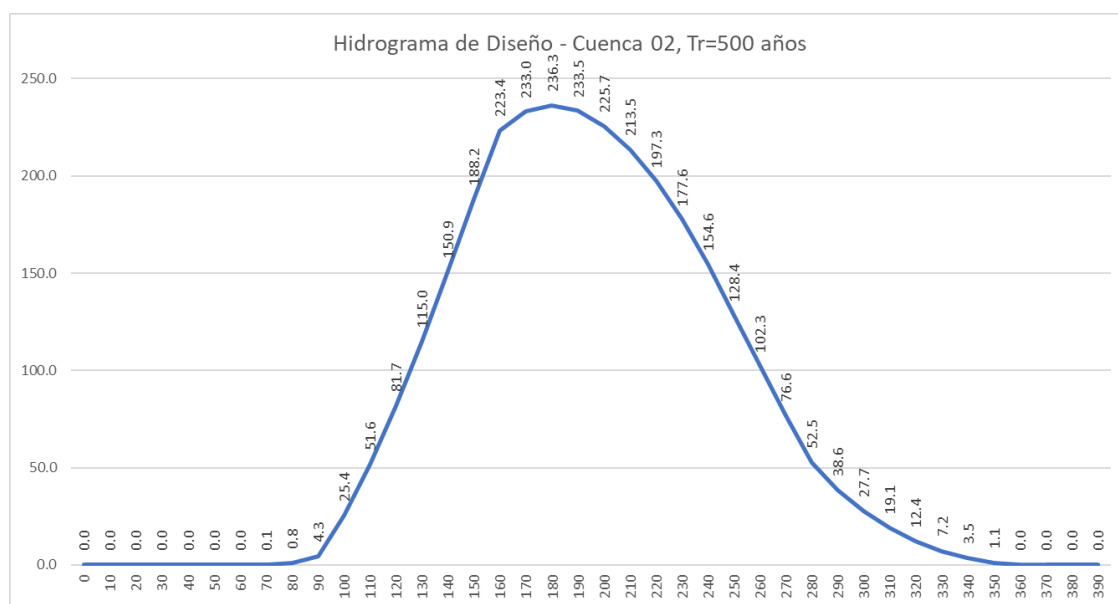


Figura C.64. Hidrograma de Diseño - Cuenca 02, Tr 500 años.

Fuente: Elaboración propia.

El caudal obtenido para Tr = 500 años:

Tabla C.16. Caudal para Tr 500 años

Caudal - Tr = 500 años		
	Unidad	Caudal
Cuenca 01	m³/s	356.28
Cuenca 02	m³/s	236.30

Caudal Zona de estudio	m³/s	296.29
-------------------------------	------	--------

Fuente. Elaboración propia