

INSTRUCCIONES PARA EL CORRECTO USO DEL HIDROGRAMA EN ARCHIVO EXCEL

Elaborado por:

Karen Lizeth Martínez Jaimes

Practicante Empresarial

Estudiante UIS

Presentado a:

IBG Ingeniería

Colombia

Bucaramanga

2025

Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN	4
2. INSUMOS NECESARIOS	4
2.1. HERRAMIENTAS Y SOFTWARE:	4
3. METODOLOGÍA	5
3.1. CARACTERISTICAS MORFOMÉTRICAS.....	5
3.1.1. LONGITUD DEL CAUCE.....	5
3.1.2. PENDIENTE DEL CAUCE	5
3.1.3. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	5
3.2. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN	7
3.2.1. CURVAS IDF.....	7
3.2.2. TORMENTA DE DISEÑO	9
3.3. MÉTODO DEL HIDROGRAMA SCS	10
3.3.1. NÚMERO DE CURVA	10
3.3.2. ESCORRENTÍA DIRECTA O PROFUNDIDAD DE EXCESO DE PRECIPITACIÓN (Pe).....	14
3.3.3. HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO DEL SCS	16
4. MODO DE USO DEL EXCEL	18
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20

TABLA DE FIGURAS

Figura 1. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d	8
Figura 2. Curvas típicas IDF	9
Figura 3. Hietograma de precipitación	10
Figura 4. Número de curva de escorrentía para áreas urbanas	12
Figura 5. Número de curva de escorrentía para área rurales	13
Figura 6. Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas.....	14
Figura 7. Hidrograma Unitario del SCS	16
Figura 8. Hidrograma correspondiente a cada periodo de retorno	18

1. INTRODUCCIÓN

Este manual explica el uso del archivo de Excel en el que se integran todas las hojas de cálculo relacionadas con el análisis de precipitación, incluyendo las curvas IDF y el hietograma. Estas hojas de cálculo, con un formato previamente establecido por IBG Ingeniería, se conectaron con otras dedicadas al método SCS para abstracciones de la precipitación y el método del hidrograma SCS para cálculo de caudales. Este enfoque permitió estimar los caudales y compararlos con los resultados obtenidos mediante el software HEC-HMS, tras ingresar la información de la cuenca de estudio.

A continuación, se detallarán los datos de entrada y los parámetros que deben ajustarse según las características del área de estudio. Adicionalmente, se mostrara las formulas usadas para cada uno de los caculos y de que norma provienen, dejando claro que se usó como base el manual de drenaje para carreteras (Instituto Nacional de Vías, 2009).

2. INSUMOS NECESARIOS

- **Series hidroclimáticas:** Datos a escala diaria con registros de al menos 15 años, provenientes de estaciones ubicadas dentro de la cuenca hidrográfica del cuerpo de agua en estudio. Estos registros permiten el tratamiento de datos de precipitación para determinar la precipitación máxima anual en un periodo de 24 horas.
- **Intensidades por periodo de retorno:** Valores obtenidos con intervalos de 5 minutos a partir de la hoja “Curvas IDF” proporcionada por IBG Ingeniería.
- **Cota máxima:** Altura máxima en metros dentro de la cuenca.
- **Cota mínima:** Altura mínima en metros dentro de la cuenca.
- **Longitud:** Distancia en metros correspondiente al trayecto de la fuente hídrica en estudio relevante dentro de la cuenca.
- **Área:** Extensión total de la cuenca en kilómetros cuadrados (km²).
- **Tiempo de concentración:** Valor calculado utilizando la hoja “Tiempo de concentración” proporcionada por IBG Ingeniería, donde se tienen en cuenta las ecuaciones de Kirpich, Temez y Giandotti.
- **Número de curva de escorrentía:** Parámetro asociado al tipo de suelo hidrológico, utilización y tratamiento del suelo, condiciones de la superficie del terreno y la condición de humedad del suelo.

2.1.HERRAMIENTAS Y SOFTWARE:

- ArcGIS para análisis geoespacial, sacar valores de áreas, cotas y longitudes,
- HEC-HMS para el modelamiento hidrológico y calculo de caudales. Se recomienda su uso al tener un área de cuenca mayor a los 2.5 km².

3. METODOLOGÍA

A continuación, se mostraran cada uno de los componentes necesarios para la correcta construcción del hidrograma unitario SCS y las ecuaciones usadas, teniendo como base el Manual de Drenaje para Carreteras (Instituto Nacional de Vías, 2009).

3.1. CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Las características morfométricas, que incluyen propiedades geométricas y topográficas como forma, tamaño y pendiente. Estas medidas permiten identificar las áreas que contribuyen al escurrimiento y abastecimiento de agua, lo que facilita la gestión sostenible de los recursos hídricos.

3.1.1. LONGITUD DEL CAUCE

Es la medida de la distancia que recorre el agua desde el inicio hasta el final de la quebrada. Esta longitud afecta el tiempo que tarda el agua en llegar a diferentes puntos del cauce y puede influir en la dinámica del flujo, la erosión y la sedimentación. Un cauce más largo puede tener más zonas de acumulación de sedimentos y variaciones en la velocidad del flujo.

3.1.2. PENDIENTE DEL CAUCE

La pendiente es la relación entre la diferencia de altitud a lo largo del cauce y su longitud, y tiene un impacto directo en la velocidad del flujo, la erosión y la capacidad de transporte de sedimentos. Este dado por la siguiente formula:

$$S = \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

- S: Pendiente (m/m).
- Δh : Diferencia de altitud entre el punto más alto y el más bajo del cauce (en metros).
- L: Longitud del cauce principal (en metros).

3.1.3. TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración es el período que tarda el agua de lluvia en llegar al punto más bajo de la cuenca. Este periodo se ve influenciado por diversos factores, como la topografía, el uso del suelo y las características del suelo mismo. Para calcularlo, se utilizan ecuaciones empíricas que consideran aspectos como la longitud del flujo, el área y la pendiente de la cuenca, lo que permite estimar de manera efectiva el tiempo necesario para que el agua recorra toda la cuenca. Un tiempo de concentración corto puede provocar un aumento rápido del caudal en la quebrada, lo que conlleva un mayor riesgo de inundaciones, mientras que un

tiempo más prolongado permite una absorción más gradual, resultando en una respuesta más moderada del flujo. Las metodologías recomendadas para su determinación son presentadas por el Instituto Nacional de Vías (Instituto Nacional de Vías, 2009).

7.5.1 ECUACIÓN DE KIRPICH

$$T_c = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}} \right)^{0.77}$$

Donde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima del cauce principal, en (m/m).

1.1.2 ECUACIÓN DE TÉMEZ

$$T_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

7.5.2 ECUACIÓN DE GIANDOTTI

$$T_c = \frac{4A^{0.5} + 1.50L}{0.8(LS)^{0.5}}$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración, en horas (h).

A: Área de la cuenca, en kilómetros cuadrados (km²).

L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km).

S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).

3.2. ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN

Este proceso requiere un análisis detallado de las características hidrológicas de la cuenca, considerando aspectos como la medición de la precipitación, los flujos de agua superficial y subterránea, los niveles de inundación y los patrones de escorrentía. La información recopilada permite determinar la precipitación máxima anual en un periodo de 24 horas, dato fundamental para elaborar las curvas de Intensidad, Duración y Frecuencia (IDF). A partir de estas curvas, se construyen el hietograma y el hidrograma, herramientas clave para analizar la distribución de la precipitación y calcular los caudales máximos asociados a los periodos de retorno en estudio.

3.2.1. CURVAS IDF

Es una herramienta fundamental en la hidrología que se utilizan para estimar la intensidad de las lluvias extremas en función de su duración y frecuencia de ocurrencia. Estas curvas representan gráficamente la relación entre la intensidad de la precipitación en [mm/h], la duración en minutos y la frecuencia en años.

La metodología usada para el cálculo de curvas IDF fue el método simplificado. En este se divide el territorio nacional en cinco grandes zonas, permitiendo un análisis independiente de estaciones dentro de las mismas regiones geográficas y buscando condiciones meteorológicas similares. La clasificación, propuesta por Vélez (1983), incluye las regiones Andina (R1), Caribe (R2), Pacífica (R3), Orinoquia (R4) y Amazonia (R5). A partir de esta división, se calcularon los índices necesarios para las ecuaciones correspondientes (Díaz-Granados & Vargas M., 1997). Por otro lado, la información de entrada para estimar estas curvas proviene de resúmenes multianuales de precipitación máxima en 24 horas y la ecuación aplicada es:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c}$$

Donde:

i: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

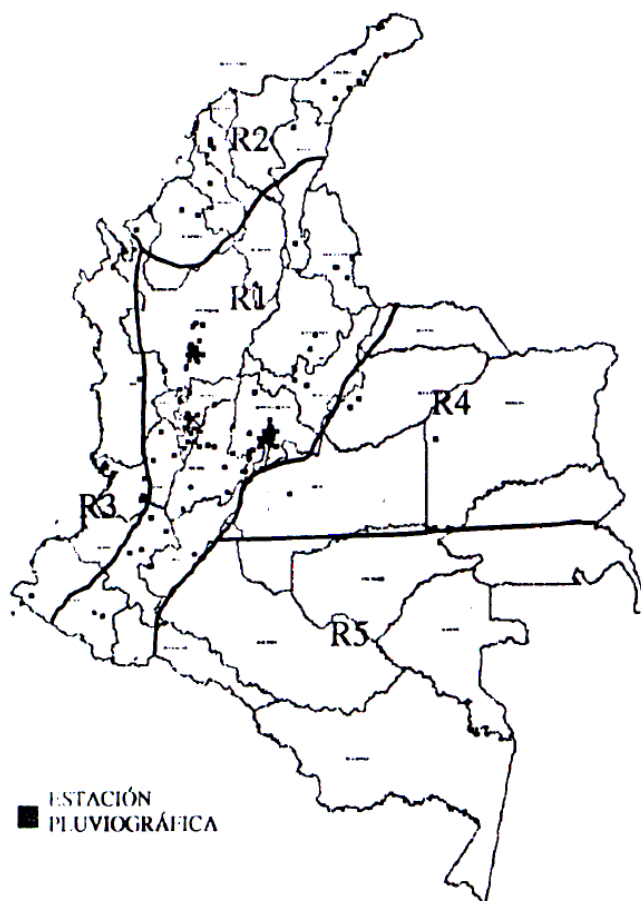
a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión.

Tabla 1. Valores de los coeficientes a, b, c y d para el cálculo de las curvas IDF

REGIÓN	a	b	c	d
Andina (R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe (R2)	24.85	0.22	0.50	0.10
Pacífico (R3)	13.92	0.19	0.58	0.20
Orinoquía (R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

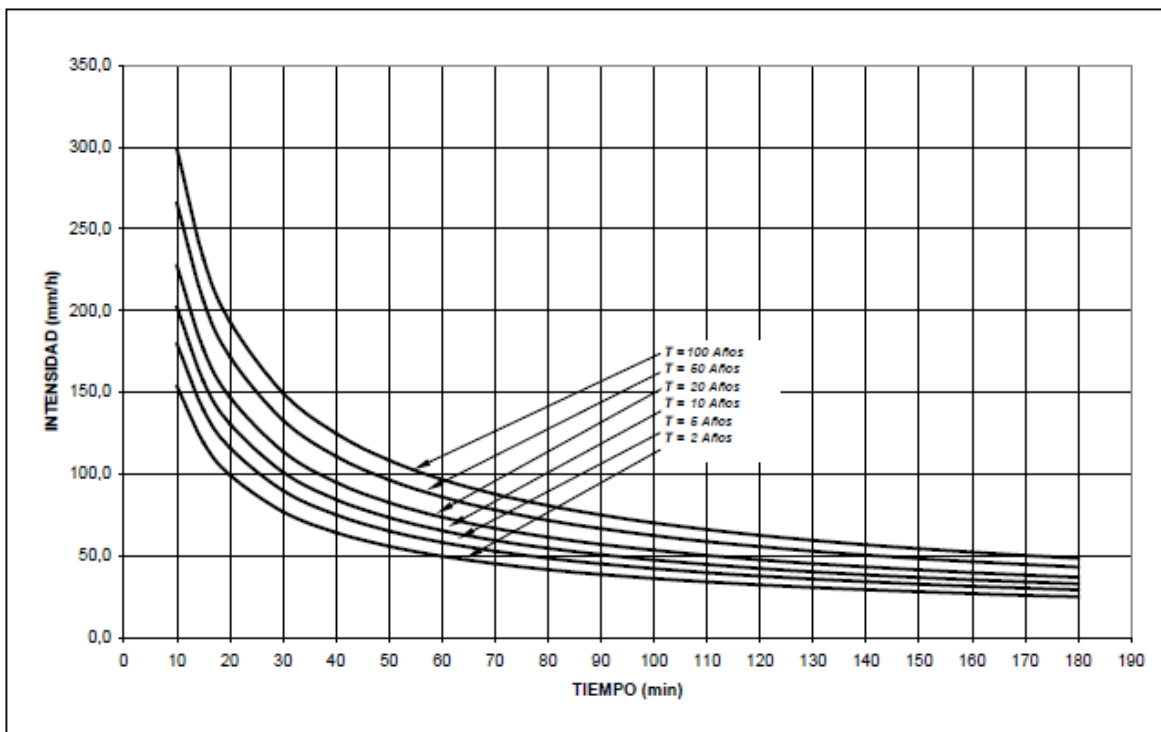
Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2009)

Figura 1. Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d



Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2009)

Figura 2. Curvas típicas IDF



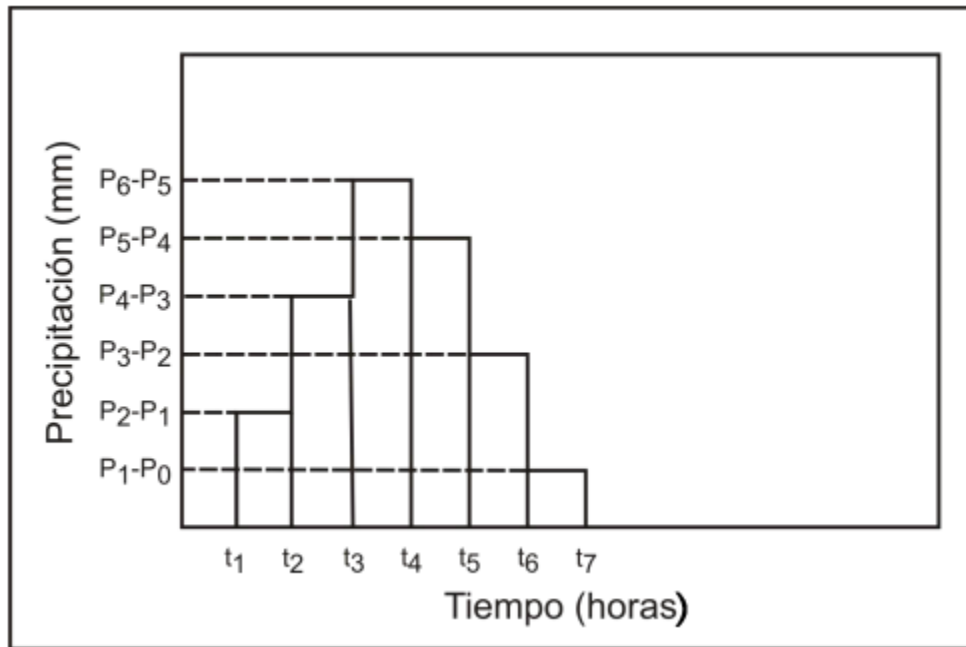
Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2009)

3.2.2. TORMENTA DE DISEÑO

La tormenta de diseño o hietograma, es una representación gráfica que ilustra la intensidad y duración de una tormenta en una zona específica, permitiendo estimar la cantidad de agua que puede acumularse durante eventos de precipitación extrema. La metodología para construir hietogramas de diseño mediante el método del Bloque Alternado comienza con la obtención de datos de las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) de la estación meteorológica representativa de la cuenca hidrográfica. A partir de estas curvas, se calculan las curvas de masas acumuladas para diferentes duraciones (de 0 a 180 minutos) y periodos de retorno definidos, utilizando intervalos de tiempo consistentes con la duración efectiva de la lluvia (T_r). Posteriormente, se derivan los incrementos de lluvia en cada intervalo, construyendo un hietograma base. Para hacer el hietograma más crítico, se aplica el método del Bloque Alternado, que reorganiza los incrementos de lluvia en un patrón alternado: el menor valor se coloca al inicio, el siguiente menor al final, y así sucesivamente, hasta completar el ordenamiento como se muestra en la Figura 3. El resultado es un hietograma de diseño que

simula una distribución más concentrada y crítica del aguacero, útil para el diseño de obras hidráulicas y análisis hidrológicos.

Figura 3. Hietograma de precipitación



Fuente: (Instituto Nacional de Vías, 2009)

3.3.MÉTODO DEL HIDROGRAMA SCS

Esta técnica se emplea para calcular la escorrentía superficial, considerando factores como las distintas coberturas del suelo y las condiciones de uso de la tierra ante eventos de precipitación en cuencas que superan los 2.5 km². Según el manual de drenaje para carreteras, cuando se trata de cuencas más grandes, se sugiere el uso de metodologías computacionales avanzadas, como programas especializados como el HEC-HMS, que permiten modelar de manera más precisa el comportamiento del flujo de agua y la escorrentía en áreas extensas.

3.3.1. NÚMERO DE CURVA

El Soil Conservation Service (SCS) de los Estados Unidos desarrolló el método Número de Curva de Escorrentía (CN) para estimar las abstracciones de una tormenta, que incluyen la interceptación, la detención superficial y la infiltración. En este método, la escorrentía depende de la precipitación total y un parámetro de abstracción, el número de curva (CN), que varía entre 1 y 100. Este número se selecciona de acuerdo a las características del área hidrográfica,

como el tipo de suelo, uso del terreno, condiciones superficiales y la humedad antecedente del suelo, como se observa en la Figura 4, Figura 5 y Figura 6. La información del tipo de suelo y coberturas se descarga de las respectivas planchas del IGAC, para luego clasificarlos según su potencial de escorrentía, que consta de cuatro grupos:

- **A** (Bajo potencial de escorrentía): Presentan una alta tasa de infiltración, incluso cuando están muy húmedos, como en el caso de las arenas o gravas profundas y bien drenadas.
- **B** (Moderadamente bajo potencial de escorrentía): Con una tasa de infiltración moderada en suelos profundos y bien drenados, cuya permeabilidad varía de moderadamente lenta a moderadamente rápida.
- **C** (Moderadamente alto potencial de escorrentía): Su infiltración es lenta debido a la presencia de estratos que dificultan el movimiento del agua, como suelos con altos niveles de salinidad o niveles freáticos elevados.
- **D** (Alto potencial de escorrentía): Infiltración muy lenta, característicos de suelos arcillosos, niveles freáticos altos o suelos poco profundos sobre materiales casi impermeables.

Figura 4. Número de curva de escorrentía para áreas urbanas

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES ¹	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida):					
Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) ²					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
Áreas Impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas desiertas urbanas:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) ³		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
Áreas urbanas:					
Comercial y de negocios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:					
1/8 de acre o menos (506 m ² o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m ²)	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m ²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas desarrolladas:					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Fuente: Tabla 2.14 (Instituto Nacional de Vías, 2009).

Figura 5. Número de curva de escorrentía para área rurales

COBERTURA		CONDICIÓN HIDROLÓGICA	GRUPO DE SUELOS			
USO DE LA TIERRA	TRATAMIENTO O PRÁCTICA		A	B	C	D
			NÚMERO DE CURVA			
Rastrojo	Hileras Rectas	---	77	86	91	94
Cultivos en hileras	Hileras Rectas	Mala	72	81	88	91
		Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Mala	70	79	84	88
		Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	66	74	80	82
		Buena	62	71	78	81
Cultivos en hileras estrechas	Hileras rectas	Mala	65	76	84	88
		Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Mala	63	74	82	85
		Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	61	72	79	82
		Buena	59	70	78	81
Leguminosas en ¹ hileras estrechas o forraje en rotación	Hileras rectas	Mala	66	77	85	89
		Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Mala	64	75	83	85
		Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y terrazas	Mala	63	73	80	83
		Buena	51	67	76	80

Fuente: Tabla 2.15 (Instituto Nacional de Vías, 2009).

Figura 6. Número de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo ¹	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	---	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento ²	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 ³	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) ⁴	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques ⁵	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	---	59	74	82	86

Fuente: Tabla 2.16 (Instituto Nacional de Vías, 2009).

3.3.2. ESCORRENTÍA DIRECTA O PROFUNDIDAD DE EXCESO DE PRECIPITACIÓN (Pe)

Es la fracción de la precipitación total que no es absorbida por el suelo ni retenida en depresiones superficiales, y que, por lo tanto, fluye directamente hacia los cauces de ríos, arroyos u otros cuerpos de agua. Este fenómeno ocurre una vez que se han satisfecho las pérdidas iniciales, como la infiltración, la evaporación y el almacenamiento superficial. Es un parámetro clave en hidrología, ya que permite evaluar la respuesta de una cuenca ante un evento de lluvia y calcular los caudales que dicho evento genera, siendo esencial para el diseño de obras hidráulicas y la gestión del riesgo de inundaciones. La ecuación de la precipitación efectiva es:

$$P_e = \frac{(P - i_a)^2}{P - i_a + S}$$

Donde:

P: Precipitación acumulada de los incrementos de lluvia, precipitación total [mm]

Ia: Abstracción Inicial

S: Retención potencial máxima [mm]

Es importante considerar que cuando la precipitación total es mayor o igual a la abstracción inicial, puede aplicarse la ecuación mencionada anteriormente. Sin embargo, si la precipitación total es menor que la abstracción inicial, la precipitación efectiva será igual a cero. Esto se debe a que la abstracción inicial representa las pérdidas de agua que deben cubrirse antes de que se genere escorrentía efectiva. En estos casos, toda el agua de la precipitación es absorbida o retenida, lo que ocurre generalmente en terrenos con alta capacidad de absorción o durante eventos de lluvia ligera. Este escenario, sin embargo, no aplica al evaluar eventos extremos (Instituto Nacional de Vías, 2009).

- Retención potencial máxima (S): es la cantidad máxima de agua que un terreno puede almacenar temporalmente antes de que se produzca escorrentía y esta dada por la siguiente formula.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

- Abstracción inicial (Ia): es la cantidad de agua de precipitación que no contribuye directamente a la escorrentía, ya que se pierde en el suelo o en la superficie antes de que ocurra el flujo superficial. Esta agua se destina a varios procesos, como la infiltración, evaporación, intercepción y almacenamiento de depresiones.

$$I_a = 0.2 * S$$

Con base en esto, las abstracciones totales son iguales a:

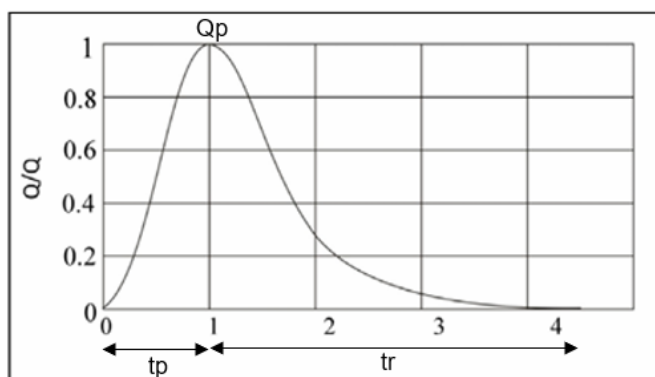
$$A = P - P_e$$

3.3.3. HIDROGRAMA UNITARIO SINTETICO DEL SCS

El hidrograma unitario sintético permite estimar el hidrograma de escorrentía directa en una cuenca hidrográfica y se utiliza para calcular el tiempo de desfase de la misma. Este cálculo puede realizarse mediante dos métodos principales: el método del número de curva (CN), que emplea parámetros relacionados con la infiltración del suelo y el uso del terreno, y el método de velocidad, que divide la corriente principal en tramos y estima los caudales asociados a diferentes períodos de retorno. Este último método permite una aproximación detallada al comportamiento de la creciente al considerar la variabilidad de las características hidráulicas de cada tramo, derivando así ecuaciones específicas para el cálculo del tiempo de concentración y otros parámetros hidráulicos necesarios para el diseño (Instituto Nacional de Vías, 2009).

En la Figura 7, se ilustran los tramos en los que se divide el hidrograma: el primero corresponde a la etapa anterior al caudal pico (Q_p) caracterizado por un crecimiento uniforme del hidrograma; el segundo tramo abarca la etapa posterior al caudal pico, donde se observa un decrecimiento progresivo hasta alcanzar un valor de cero.

Figura 7. Hidrograma Unitario del SCS



Fuente: Figura 2.9 (Instituto Nacional de Vías, 2009).

A continuación, se muestra las ecuaciones usadas para el cálculo de cada una de las variables mostradas previamente:

- Tiempo de desfase (t_i):

$$t_i = \frac{6}{10} T_c$$

Donde, T_c es el tiempo de concentración.

- Duración de la lluvia efectiva (t_r):

$$t_r = \frac{2}{9} t_i$$

- Tiempo pico (t_p):

$$t_p = \frac{t_r}{2} + 0.6 * Tc = \frac{t_r}{2} + t_i$$

- Caudal Pico (Q_p):

$$Q_p = \frac{0.208 * A}{t_p}$$

Donde, A es el área total de la cuenca hidrográfica en estudio.

- Ancho base (t_b):

$$t_b = t_r + t_p$$

Una vez determinados los componentes necesarios para la construcción del hidrograma, se procede a calcular el hidrograma unitario con unidades de $[m^3/s/mm]$, siguiendo las siguientes condiciones:

- Si la duración [Hr] es mayor que el ancho de base (t_b), entonces el caudal es igual a 0.
- Si la duración [Hr] es menor o igual al tiempo pico (t_p), el hidrograma unitario (HU) se calcula como:

$$HU = \frac{Q_p}{t_p * Duración}$$

- Si, la duración [Hr] es mayor que el tiempo pico (t_p), el hidrograma unitario (HU) se determina mediante:

$$HU = \frac{Q_p}{t_r * (-Duración)}$$

Finalmente, para el cálculo de los caudales se realiza por medio de la siguiente ecuación:

$$Q = \sum Pe * HU$$

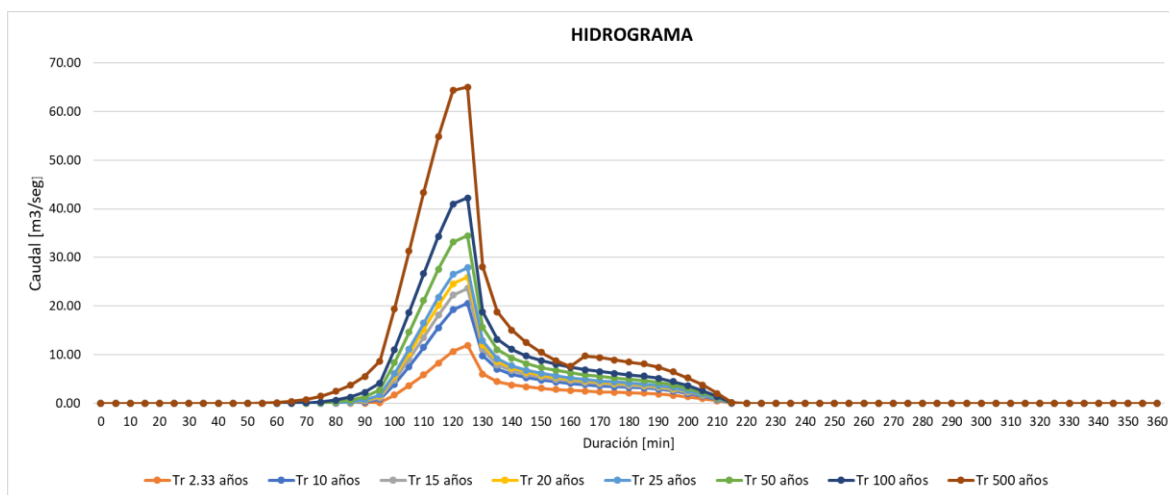
Donde,

Pe: Precipitación efectiva incremental

HU: Hidrograma Unitario

Esta sumatoria se realiza para cada uno de los intervalos de duración, teniendo como resultado los caudales asociados a la duración, que hace referencia al hidrograma unitario que se muestra en la Figura 8, correspondiente a cada uno de los periodos de retorno.

Figura 8. Hidrograma correspondiente a cada periodo de retorno



Fuente: Propia

4. MODO DE USO DEL EXCEL

El archivo de Excel se organiza en cinco hojas, donde los datos de entrada están resaltados en color rojo. A continuación, se describe el contenido de cada una:

- **Primera hoja - Curvas IDF:** Contiene las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF). Los datos de entrada incluyen la precipitación anual máxima en 24 horas de

los años registrados, obtenida a partir de la información de las estaciones hidroclimatológicas proporcionadas por el IDEAM.

- **Segunda hoja - Hietograma:** Se ingresan las intensidades correspondientes a cada período de retorno, calculadas en la hoja anterior. Estas intensidades se organizan según su duración (en minutos) y los períodos de retorno, lo que permite construir el hietograma.
- **Tercera hoja - Tiempo de concentración:** Incluye el cálculo del tiempo de concentración utilizando tres métodos: Kirpich, Temez y Giandotti. Los datos de entrada requeridos son la cota mayor, la cota menor, el área de la cuenca y la longitud del cauce principal.
- **Cuarta hoja - Método del hidrograma SCS:** Aquí se desarrolla la construcción del hidrograma utilizando el método SCS. Los datos de entrada, resaltados en rojo, deben ajustarse según las características específicas de cada caso de estudio. Al final, se obtiene el hidrograma unitario. Además, debajo de los caudales calculados, se presenta una comparación entre los valores obtenidos manualmente y los generados mediante el software HEC-HMS. Esta comparación muestra errores porcentuales pequeños, lo que respalda la precisión de los cálculos.
- **Quinta hoja - Caudales máximos:** Contiene los caudales máximos calculados con el software HEC-HMS, los cuales se contrastan con los obtenidos manualmente en la cuarta hoja. Esta comparación final verifica la consistencia de los resultados entre ambos métodos.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Instituto Nacional de Vías. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*.

<https://www.invias.gov.co/index.php/archivo-y-documentos/documentos-tecnicos/especificaciones-tecnicas/984-manual-de-drenaje-para-carreteras>