





**Citar:**

**Quijada-Diaz N.; Breña, J. y Lavado-Casimiro W. (2022).** *Modelamiento de hidrogramas de crecidas en la vertiente del Pacífico.* Estudio Final. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú –SENAMHI.

<https://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/1778>

**MODELAMIENTO DE HIDROGRAMAS  
DE CRECIDAS EN  
LA VERTIENTE DEL PACÍFICO  
ESTUDIO FINAL**





## **DIRECTORIO**

PhD. Guillermo Antonio Baigorria Paz  
PRESIDENTE EJECUTIVO DEL SENAMHI

Ing. Oscar Gustavo Felipe Obando  
DIRECTOR DE HIDROLOGÍA DEL SENAMHI

PhD. Waldo Sven Lavado Casimiro  
SUBDIRECTOR DE ESTUDIOS E INVESTIGACIONES HIDROLÓGICAS DEL  
SENAMHI

## **REVISORES DEL ESTUDIO**

PhD. Waldo Sven Lavado Casimiro  
Ing. Oscar Gustavo Felipe Obando

## **AUTORES**

Ing. Natali Vanessa Quijada Diaz  
Ing. Juan Carlos Breña Aliaga  
PhD. Waldo Sven Lavado Casimiro

**Lima-Perú**  
**MAYO – 2022**

## Contenido

Resumen: .....	7
1. Introducción .....	7
2. Área de Estudio .....	8
2.1 Descripción de las Características geomorfológicas y fisiográficos .....	11
3. Materiales y métodos .....	13
3.1 Modelo de cuenca .....	13
3.2 Parámetros de la cuenca .....	16
3.2.1 Estimación de las pérdidas .....	16
3.2.2 Método de transformación .....	20
3.2.3 Estimación del flujo base .....	20
3.2.4 Muskingum .....	23
3.3 Modelo meteorológico .....	24
3.3.1 Precipitación espacial .....	24
3.4 Especificaciones de control .....	24
3.4.1 Calibración / Validación del modelo .....	24
3.4.2 Evaluación del performance .....	24
4. Análisis y resultados del modelo .....	24
4.1 Evaluación del performance del modelo .....	24
4.2 Simulación del caudal de descarga futura .....	25
5. Conclusiones .....	28
6. Referencias bibliográficas .....	29
Anexos .....	30

### Contenido de figuras:

<b>Figura 1.</b> Ubicación de las cuencas priorizadas de la vertiente del Pacífico .....	9
<b>Figura 2.</b> Delimitación de las cuencas priorizadas por cada cuenca de análisis .....	10
<b>Figura 3.</b> Metodología para seguir para la Implementación del modelo HEC-HMS. ....	14
<b>Figura 4.</b> Representación de las cuencas en estudio con el modelo conceptual HEC-HMS con los sistemas hidrológicos (subcuencas) e hidráulicos (cauces) ...	15
<b>Figura 5.</b> CN para condiciones normales.....	18
<b>Figura 6.</b> Uso de tierra en las cuencas priorizadas en estudio. Fuente: LAN COVER – CCI-ESA.....	19
<b>Figura 7.</b> Hidrograma de avenidas a diferentes periodos de retorno de las cuencas priorizadas del Pacífico.....	27

### Contenido de tablas:

<b>Tabla 1.</b> Geomorfológicos de las cuencas en estudio.....	12
--	----

# MODELAMIENTO DE HIDROGRAMAS DE CRECIDAS EN LA VERTIENTE DEL PACÍFICO

## Resumen:

La vertiente del pacífico posee cuencas pequeñas con taludes desnudos y pronunciados con caudales irregulares de recorrido corto y torrentosos, lo que lo hace susceptible de inundaciones cuando se producen avenidas de cierta magnitud, ante esta situación es de importancia contar con un modelo hidrológico que permita simular los caudales a la salida de cada cuenca. Con esta finalidad, este estudio presenta una metodología para simular caudales de crecidas a partir del modelo lluvia-escorrentía HEC-HMS, con el objetivo de estimar hidrogramas de avenidas para diferentes periodos de retorno para 11 cuencas de la vertiente del pacífico peruano. Para ello, se ha calibrado el hidrograma de avenida simulado por el modelo con el hidrograma observado de las avenidas más significativas de los últimos años. Los resultados muestran buenas predicciones para el caudal de aforo a la salida de cada cuenca. Este último de apoyo para brindar buenas proyecciones de hidrogramas de crecidas en las cuencas del pacífico peruano, los mismos de utilidad para alimentar modelos hidráulicos que permitan definir zonas inundables asociadas a distintos niveles de probabilidad.

**Palabras claves:** HEC-HMS, simulación de hidrograma de avenidas

## 1. Introducción

El comportamiento hidrológico de la vertiente del Pacífico peruano durante el Fenómeno El Niño/Oscilación Sur (ENOS), ha sido muy variable respecto a su intensidad, una clara muestra de ello fue reflejado en los eventos Extraordinarios del niño en los años 1982/1983 y 1997/1998 y el niño del 2017 que tuvieron un impacto, creando condiciones de exceso hídrico que provocaron desastres, siendo la zona desde Ica hasta la frontera norte con Ecuador la parte más afectada con casi 162 muertes con casi 1.5 millones de personas y cientos de miles de hogares afectados (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, 2017). Como resultado muchos estudios e investigaciones en los últimos años se ha centrado en la evaluación de modelos hidrológicos que simulen caudales que permitan la planificación y gestión a largo plazo de las cuencas hidrográficas en mención para la previsión de inundaciones. Los modelos hidrológicos se diferencian de acuerdo con su naturaleza de algoritmos y estos pueden clasificarse como modelos distribuidos de base física, modelos estocásticos, modelos conceptuales agrupados y modelos de caja negra (Rauf & Ghumman, 2018). En cuanto a los modelos basados en la física encontramos a los modelos de lluvia-escorrentía, tales como SWAT, MGBH, SHE, HEC-HMS, entre otros. No obstante, su uso fructífero es restringido debido a los parámetros involucrados, así como la complejidad de su ecuación gobernante, por lo que diversas investigaciones recomiendan examinar las incertidumbres asociadas

con los resultados de estos modelos junto a las identidades de sus parámetros (Rauf & Ghumman, 2018). En este estudio, esta tarea se logra mediante la realización de la calibración de las avenidas más importantes de cada cuenca de la vertiente del pacífico utilizando el Sistema de Modelado Hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC-HMS).

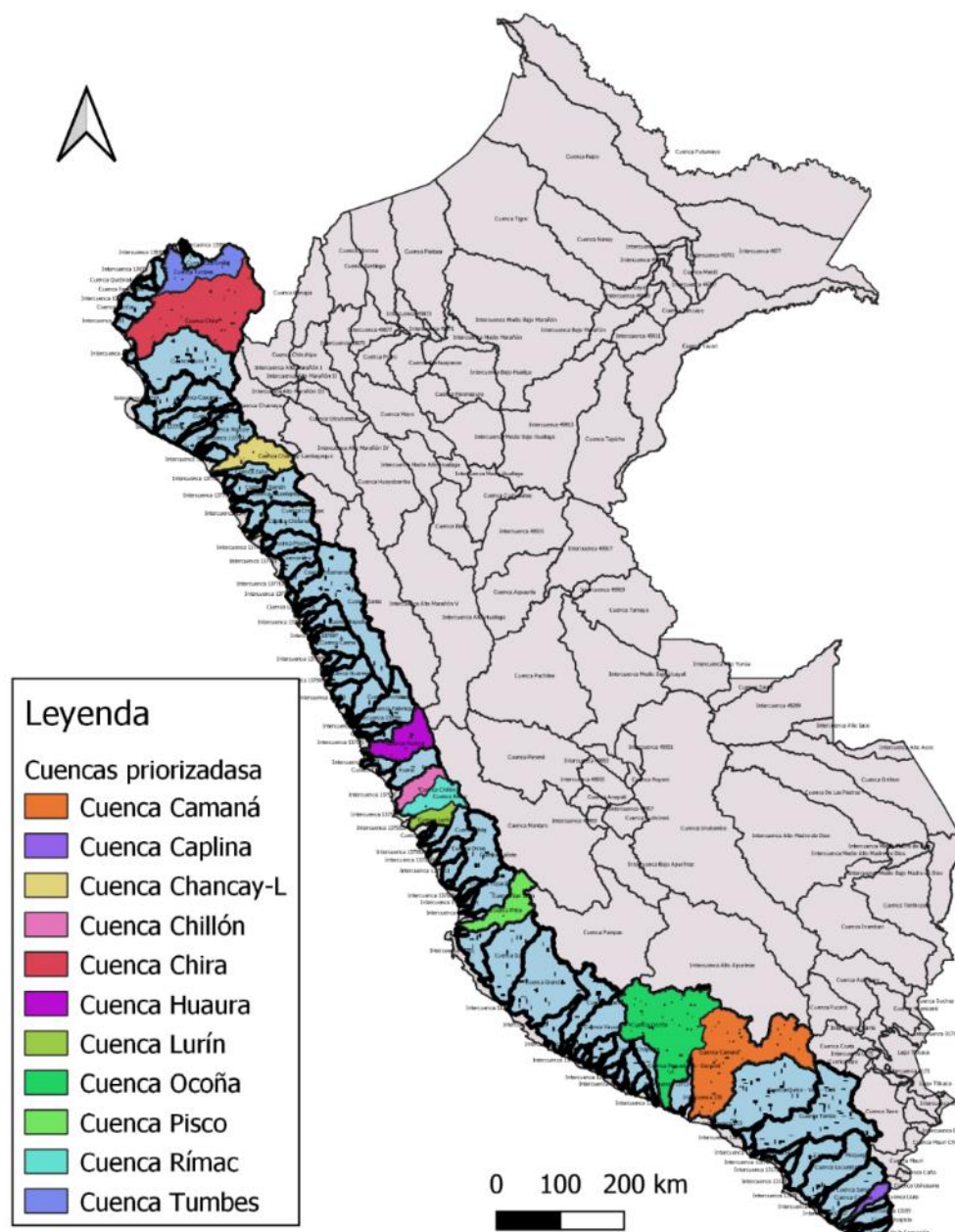
En el Perú, en cuanto modelación hidrológica, existe trabajos importantes tales como el trabajo de Asurza-Véliz & Lavado-Casimiro (2020) quienes pusieron manifiesto que el modelo SWAT brinda información de apoyo para los estudios de balance hídrico y gestión del agua de drenaje, sin embargo, no cuantifica correctamente las altas tasas de flujo durante los períodos húmedos. Por otro lado, si hablamos de trabajos con HEC-HMS, Ochoa Ramon et al., (2010.) de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) estimó caudales de máximas avenidas en los ríos de la Vertiente del Pacífico Sur a partir de la simulación de hidrológica de avenidas para diferentes periodos de retorno. Sin embargo, el proceso de simulación de dicho estudio no cuenta con a la implementación de estaciones de aforo que permitan comparar los valores observados con los simulados.

En este sentido en este trabajo, se pretende comparar los hidrogramas de avenida observados en la 11 cuencas de la vertiente del pacífico con los simulados por el modelo HEC-HMS, con el objetivo de calibrar el modelo de acuerdo a las condiciones del medio, esto último de apoyo para luego estimar hidrogramas de avenidas para diferentes periodos de retorno a partir del hidrovvisor de Curvas de intensidad Duración y Frecuencia de Senamhi (IDF-Senamhi), de apoyo para brindar buenas proyecciones de hidrogramas de crecidas en las cuencas del pacífico peruano, los mismos de utilidad para alimentar modelos hidráulicos que permitan definir zonas inundables asociadas a distintos niveles de probabilidad que permitan prevenir desastres al interior de las cuencas en mención.

## 2. Área de Estudio

El área de estudio comprende 11 cuencas priorizadas, a saber: Cuenca Camaná, Cuenca Chancay, Cuenca Chillón, Cuenca Huaura, Cuenca Lurín, Cuenca Ocoña, Cuenca Pisco y Cuenca Rímac, las cuales se ubican y detalla en la Figura 1.





*Figura 1. Ubicación de las cuencas priorizadas de la vertiente del Pacífico*

Las cuencas priorizadas en estudio se ubican en la vertiente del pacífico, abarcando los departamentos Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca, Lima, Ica, Huancavelica, Arequipa, Ayacucho y Tacna, todas pertenecientes a la vertiente del Pacífico.

Poseen una extensa red hidrográfica con ríos muy caudalosos y de longitudes considerables, existiendo en toda la cuenca un curso de mayor longitud llamado río principal. Los ríos principales poseen una densa red de afluentes, subafluentes y tributarios por ambos márgenes izquierda y derecha y la división de las cuencas hidrográficas en subcuencas es extraída a partir del trabajo de **Llauca. H (2019)**, como se muestra en la Figura 2.

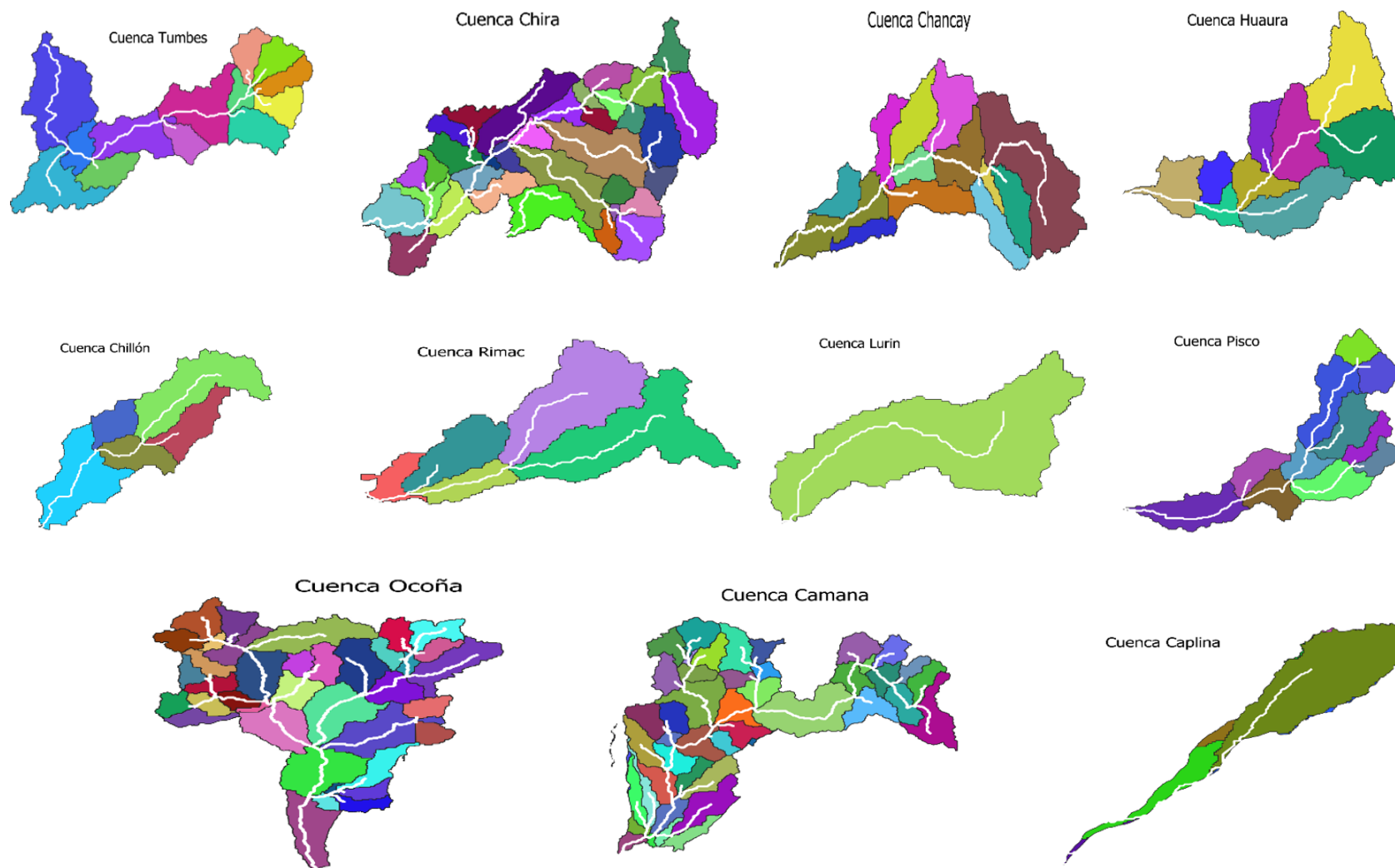


Figura 2. Delimitación de las cuencas priorizadas por cada cuenca de análisis

## **2.1 Descripción de las Características geomorfológicas y fisiográficos**

El comportamiento de las cuencas se puede conocer a partir las características geomorfológicas o fisiográficas, las cuales son definidas como los diversos factores que determinan la naturaleza de la descarga en un curso de agua, las cuales se resumen en la Tabla 1.

**Tabla 1:** Geomorfológicos de las cuencas en estudio

Parámetros	Cuencas priorizadas del pacífico										
	Cuenca Camaná	Cuenca Caplina	Cuenca Chancay	Cuenca Chillón	Cuenca Chira	Cuenca Huaura	Cuenca Lurín	Cuenca Ocoña	Cuenca Pisco	Cuenca Rímac	Cuenca Tumbes
Área (km <sup>2</sup> )	17,050.00	909.00	4,022.00	2,211.00	10,535.00	4,311.00	1,634.00	15,913.00	4,209.00	3,485.00	1,806.00
Perímetro (km)	1,089.64	248.68	433.95	306.09	776.22	434.06	252.55	883.34	497.68	419.59	374.18
Longitud río (km)	412.57	115.31	203.93	131.14	388.90	161.60	108.50	282.67	185.27	144.78	233.67
Altitud media (m)	69.756	68.540	74.897	75.527	76.444	72.946	75.871	70.162	74.057	74.899	77.421
Pendiente cauce principal (%)	1.15	4.43	1.89	3.69	0.60	2.93	4.42	1.66	2.53	3.36	0.89
Ancho Promedio (km)	41.33	7.88	19.72	16.86	27.09	26.68	15.06	56.30	22.72	24.07	7.73
Índice Compacidad o coeficiente de Gravelius (kc)	2.35	2.33	1.93	1.84	2.13	1.86	1.76	1.98	2.16	2.01	2.48
Rectángulo Equivalente, lado mayor (km)	511.49	116.54	196.51	136.89	358.74	194.91	111.64	402.10	230.59	191.60	176.88
Rectángulo Equivalente, lado menor (km)	33.33	7.80	20.47	16.15	29.37	22.12	14.64	39.58	18.25	18.19	10.21
Tiempo de Concentración (minutos)	2,292.00	511.00	1,100.00	605.00	2,818.00	777.00	488.00	1,487.00	913.00	677.00	1,631.00
Tiempo de Concentración (metodología)	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich	Kirpich

### 3. Materiales y métodos

Para el presente estudio se utiliza el modelo de lluvia esorrentía HEC-HMS, para la implementación del modelo HEC-HMS, se ha definido seguir la metodología de la Figura 3.

El modelo HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System, por sus siglas en Ingles) es un modelo lluvia esorrentía, desarrollado por el Hydrologic Engineering Center HEC del U.S. Army Corps of Engineers USACE. El modelo está diseñado para simular el hidrograma de esorrentía que se produce en un determinado punto de la red fluvial como consecuencia de un episodio de lluvia.

Los componentes del modelo funcionan basados en relaciones matemáticas simples que tratan de representar los procesos que intervienen en la generación y circulación de los hidrogramas de esorrentía, como: estimación de pérdidas, transformación del exceso de lluvia en caudal de salida de la cuenca, adición del flujo base y circulación del hidrograma por el cauce.

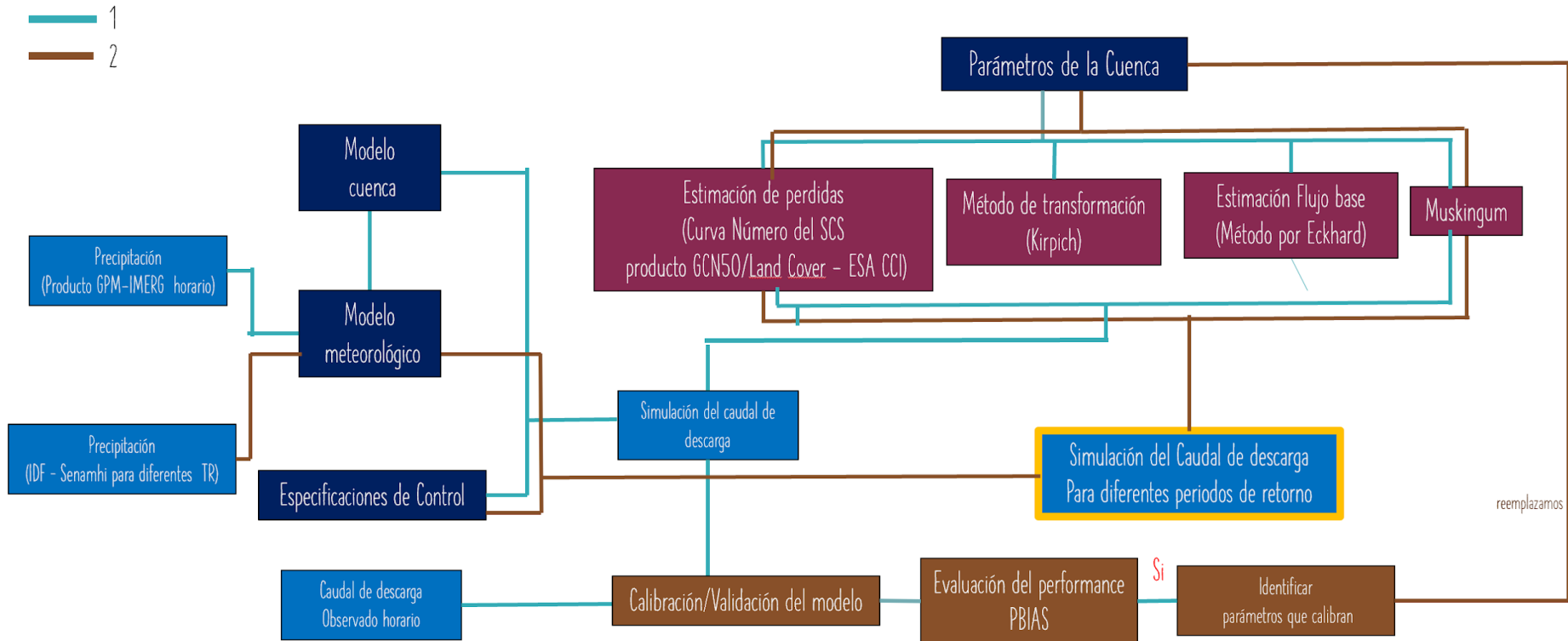
Entendiendo que la simulación de la red de drenaje de una cuenca constituye la base del modelo, en HEC-HMS el punto de partida constituye la representación distribuida de la cuenca que se basa en una red ramificada de sistemas hidrológicos-hidráulicos (subcuencas-embalses) conectados por sistemas hidráulicos, a lo que llamamos cauces.

#### 3.1 Modelo de cuenca

Con el fin de formar una red que refleje el movimiento real del agua en una cuenca para construir el modelo de la cuenca HEC-HMS es necesario la conexión de una serie de elementos hidrológicos.

Los tres elementos fundamentales del modelo estructural son: subcuenca, tramo de tránsito y confluencia, para volcar dicha información al HEC-HMS y construir el modelo conceptual, se ha cargado el contorno de las cuencas y la delimitación en subcuencas generadas a partir de la Figura 4; y se consideró los puntos definidos por las estaciones de aforo del SENAMHI como punto de drenaje de la red fluvial de las cuencas. De esta forma se llega a la estructura de subcuencas que en HEC-HMS genera el modelo cuenca como se presenta en la Figura 4 con la terminología que también se muestra en la misma.





**Figura 3.** Metodología para seguir para la Implementación del modelo HEC-HMS.  
Fuente: Elaboración propia

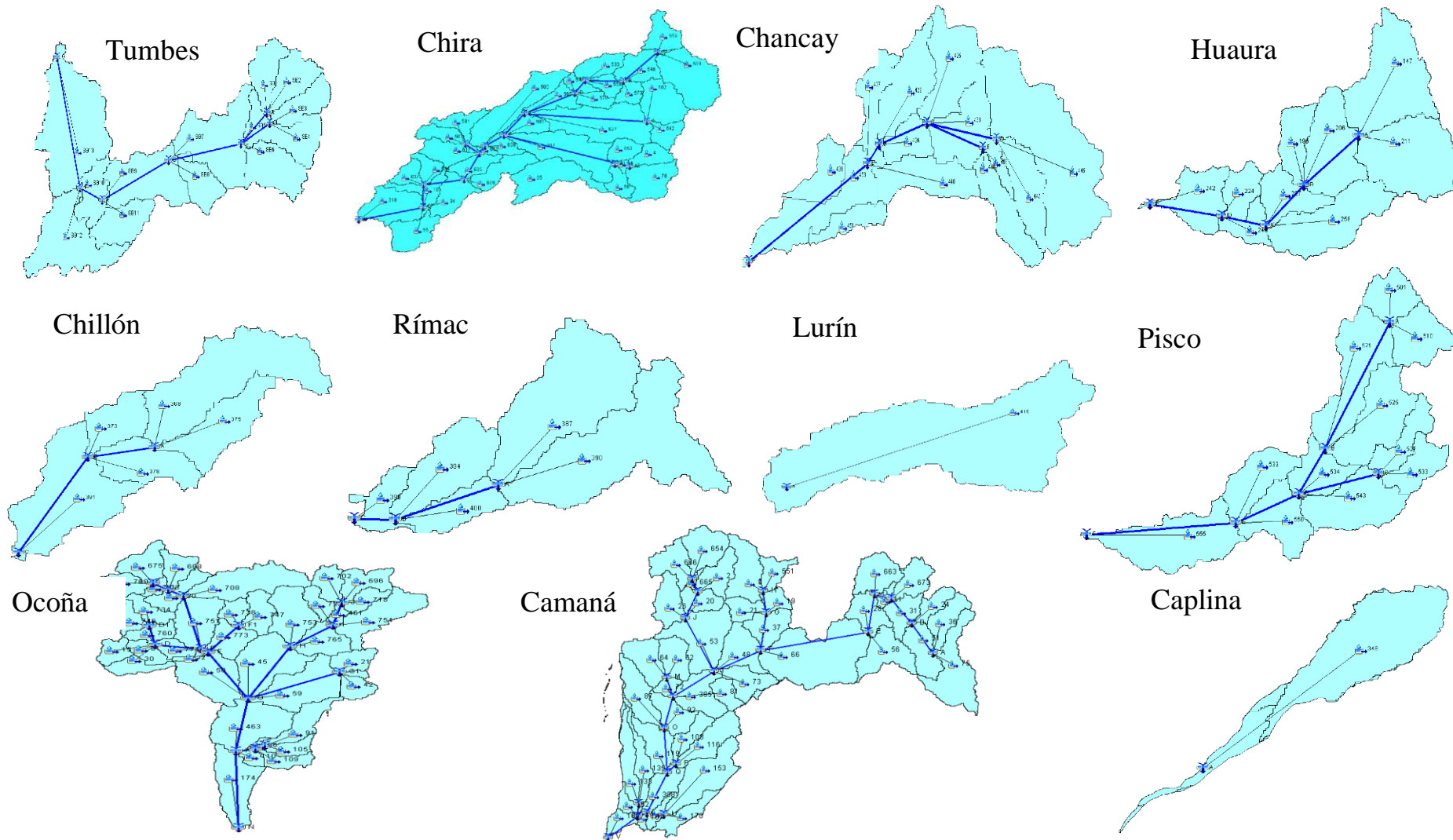


Figura 4. Representación de las cuencas en estudio con el modelo conceptual HEC-HMS con los sistemas hidrológicos (subcuencas) e hidráulicos (cauces)

## 3.2 Parámetros de la cuenca

### 3.2.1 Estimación de las pérdidas

En una subcuenca existe dos procesos que son importantes caracterizar: la determinación de la precipitación efectiva y la circulación de esta por la cuenca, que en ambos casos se ha elegido el método del SCS para las pérdidas por infiltración, ya que está basado únicamente en un parámetro el Número de Curva (CN) y por contar con una información del uso y tipo de suelo digitalizada de calidad.

El método de curva número fue desarrollado por el SCS del Departamento de Agricultura de los EE. UU., USDA, para estimar las pérdidas (o abstracciones) en un evento de lluvia o aguacero (Mockus, 1969). En este método la altura de lluvia efectiva es función del volumen de precipitación total y de un parámetro de pérdidas denominado número de curva CN. El número de curva varía en el rango de 0 a 100 y depende de factores que influyen en la generación de escorrentía en la cuenca, como: tipo hidrológico del suelo (Grupo hidrológico-Capacidad de drenaje), Uso y manejo del terreno, Condición superficial del suelo y Condición de humedad antecedente.

Esta metodología establece que la escorrentía superficial directa comienza después de que se alcance un cierto valor de lluvia acumulada,  $I_a$ , denominada pérdida (o abstracción) inicial. En HEC-HMS la expresión  $I_a$  fue determinada, en base a datos de numerosas cuencas pequeñas experimentales instaladas a lo largo de los EE.UU., en donde se llegó a la expresión  $I_a = 0.2S$ , donde el coeficiente 0.2 es el valor de un parámetro de ajuste, recomendado por el SCS como estándar del coeficiente de pérdidas iniciales en base a ese gran número de datos experimentales.

Para la estimación de los valores de Número de Curva de las subcuencas se ha tomado referencia de la información del producto GCN50 (Jaafar et al, 2019) para las condiciones de escorrentía: Seco I, Normal y Húmedo III y la CN estimada en el trabajo de sistemas de seguimiento de la escorrentía a nivel nacional por (SENAMHI, 2015). Con esta información sea elaborado el mapa de CN de las cuencas en estudio para condiciones de humedad y para condiciones normales (Figura 5). Seguido, con este mapa se han determinado los valores de CN medios de las distintas cuencas y subcuencas, así como los demás parámetros, S e  $I_a$ , cuyos valores se presentan en la Tabla 2, a nivel de cuenca y en anexos a nivel de subcuenca para cada cuenca en estudio.

Por otro lado, para la estimación del parámetro de impermeabilidad en HEC-HMS, se ha utilizado la información de uso de suelo proporcionada por el proyecto CCI-LC, el cual ofrece mapas de cobertura terrestre global consistentes con una resolución espacial de 300m anualmente desde 1992 hasta 2018. El de Land Cover CCI – Product User Guide Version 2.0, es accesible en la siguiente dirección: <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.html>.

En la Figura 6, se detalla los resultados de uso de suelo para las cuencas priorizadas.

**Tabla 2:** Valores de las áreas y de los parámetros hidrológicos medios en cada cuenca: CN

Cuenca	Pérdidas	
	lo (mm)	CN
Cuenca Camana	10.755	83
Cuenca Caplina	11.377	82
Cuenca Chancay	15.811	76
Cuenca Chillón	11.616	81
Cuenca Chira	15.344	77
Cuenca Huaura	12.388	80
Cuenca Lurín	11.078	82
Cuenca Ocoña	10.395	83
Cuenca Pisco	11.241	82
Cuenca Rímac	12.351	80
Cuenca Tumbes	18.039	74

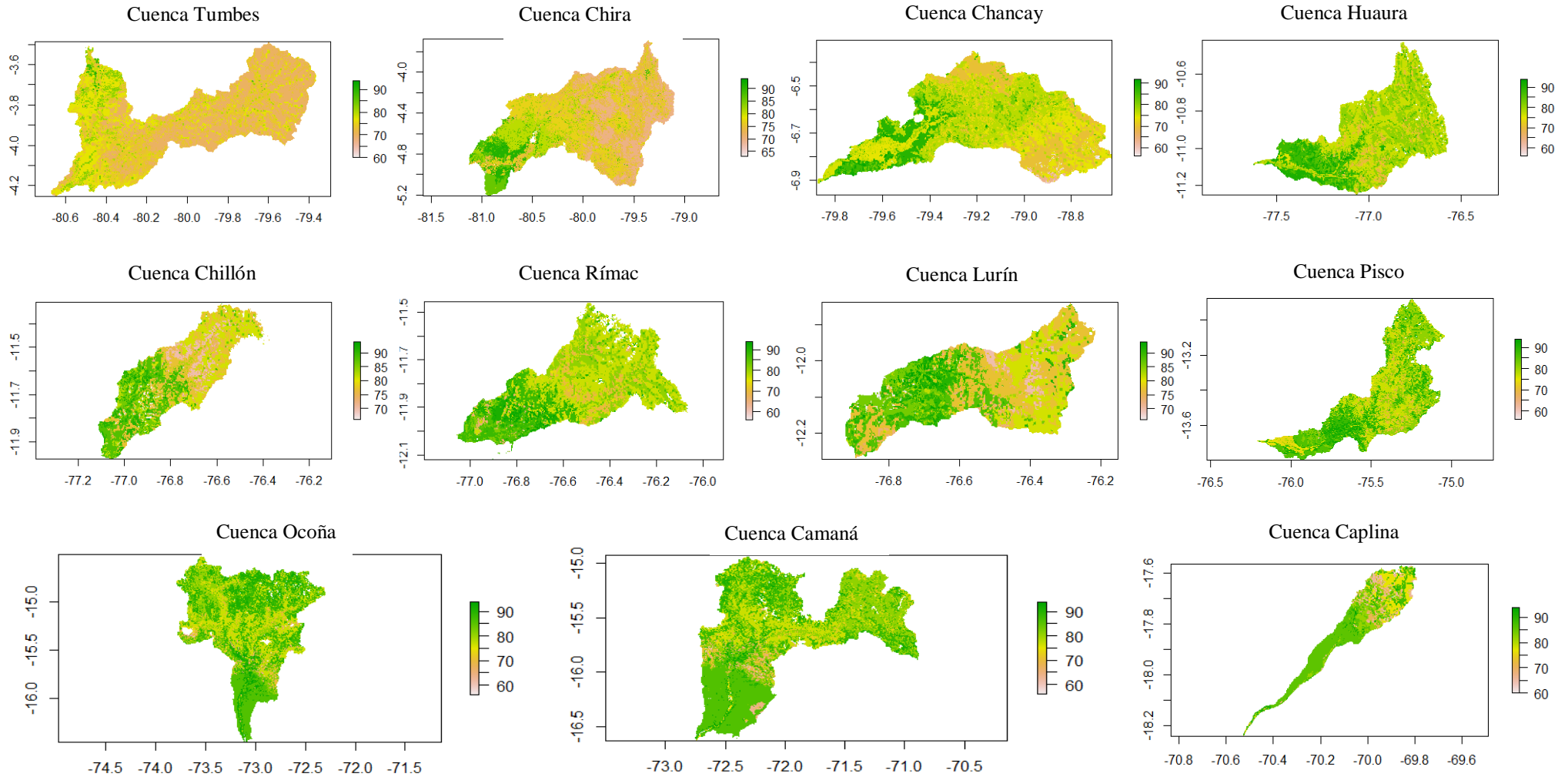


Figura 5. CN para condiciones normales



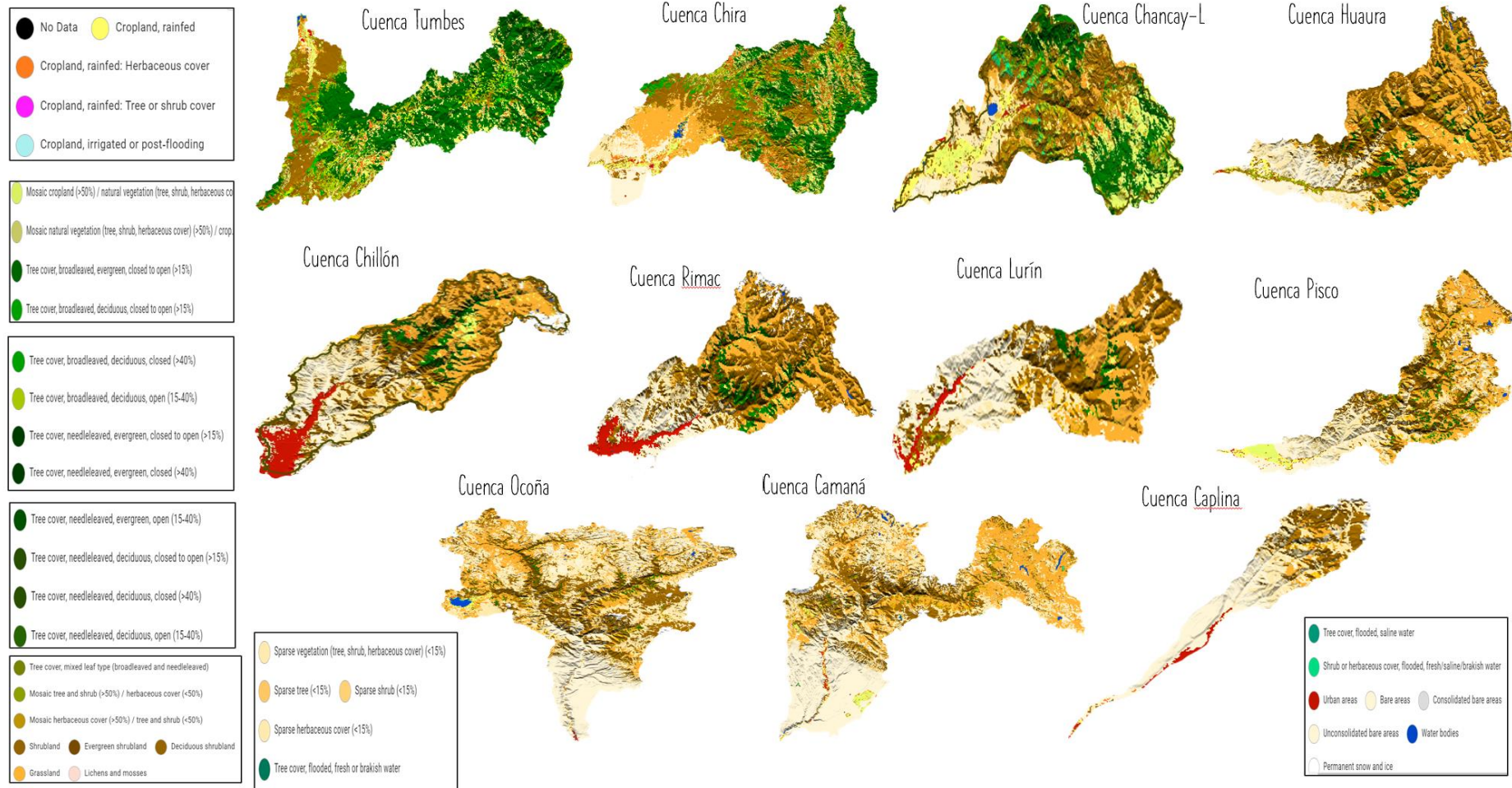


Figura 6. Uso de tierra en las cuencas priorizadas en estudio. Fuente: LAN COVER – CCI-ESA

### 3.2.2 Método de transformación

Una vez estimada las pérdidas, se debe realizar una transformación de lluvia escurrentía mediante un hidrograma unitario. En HEC-HMS, al igual que para los demás componentes del modelo, dispone de diferentes métodos para determinar este hidrograma de escurrentía directa. En este trabajo se ha seleccionado la técnica del hidrograma unitario HU y, dentro de ésta, se ha elegido el HU Adimensional del SCS por ser un método sencillo ampliamente aplicado en multitud de casos. Para ello para determinar los parámetros del método, el tiempo de concentración se calculó por el método de Kirpich (Tabla 1) y el retraso o “lag” en HEC-HMS corresponde al tiempo que transcurre desde el centro de gravedad de la P neta hasta la punta del hidrograma y es determinado como 0,6 por el tiempo de concentración.

### 3.2.3 Estimación del flujo base

Para el análisis y aplicación del modelo HEC-HMS se han seleccionado los eventos de avenidas más representativos en cuanto a magnitud y en efectos, que se han producido en el periodo que se disponen datos de caudales horarios de caudal en las Estaciones Meteorológicas Automáticas EMA del SENAMHI, periodo relativamente corto comprendido desde el año 2006 hasta el 2020 (Tabla 1), ubicadas a la salida de cada cuenca priorizada del pacífico.

**Tabla 3:** Estaciones meteorológicas automáticas (EMA) del área de estudio.

N°	CODIGO	ESTACION	CUENCA	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (MSNM)	AREA (KM <sup>2</sup> )	PERIMETRO (KM)	AÑO INICIO	AÑO FINAL	N° DE EVENTOS
1	200203	CABO INGA	TUMBES	-3.976	-80.402	230	4337.918	553.884	22/10/2014	31/12/2020	21
2	200313	EL CIRUELO	CHIRA	-4.299	-80.167	234	7058.800	624.392	9/05/2014	31/12/2020	21
3	103016	EL TIGRE	TUMBES	-3.769	-80.457	41	4848.278	606.327	1/01/2006	31/12/2020	15
4	204617	HUATIAPA	CAMANA	-16.008	-72.484	712	13383.482	1062.959	1/12/2007	31/12/2020	16
5	113153	LETRAYOC	PISCO	-13.658	-75.745	690	3429.654	438.696	1/09/2014	31/12/2020	16
6	204504	OCOÑA	OCOÑA	-16.427	-73.115	14	16189.323	1043.142	1/01/2007	31/12/2020	8
7	200201	PUENTE TUMBES	TUMBES	-3.571	-80.459	10	5416.931	684.618	1/01/2017	31/12/2020	8
8	200309	PUENTE INTERNACIONAL	CHIRA	-4.400	-79.950	425	2538.865	324.217	5/09/2018	31/12/2020	3
9	203003	ANTAPUCRO	LURIN	-12.033	-76.633	990	939.443	175.061	1/09/2018	31/12/2020	4
10	47E195C8	CHALLATA	CAPLINA	-17.815	-70.099	1540	622.403	132.423	25/09/2019	31/12/2020	3
11	106122	CIRATO	CHANCAY	-6.656	-79.074	960	1649.178	231.878	1/09/2019	31/12/2020	3
12	47278214	CHOSICA	RIMAC	-11.930	-76.690	870	2325.860	311.681	1/09/2018	31/12/2020	4
13	47E9F488	OBRAJILLO	CHILLON	-11.455	-76.626	2680	381.680	117.944	7/01/2019	31/12/2020	4
14	212605	SAN MATEO	RIMAC	-11.760	-76.301	3150	532.994	154.812	1/09/2018	31/12/2020	2
15	4724966C	SAYAN	HUARA	-11.135	-77.198	648	2867.309	358.524	25/10/2019	31/12/2020	3

Fuente: Juan Carlos Breña - SENAMHI

Las características de estos eventos se presentan en Tabla 3 de manera general. Estas características fueron obtenidas a partir del método propuesto por Eckhard (2005) de dos parámetros (Ecuación 3), esto importante, ya que en este estudio utilizamos el HEC-HMS considerando únicamente la componente de flujo superficial directo.

$$q_i = \frac{(1 - BFI_{max})}{1 - \alpha BFI_{max}} [Q_i - \alpha(Q_{i-1} - q_{i-1})] ; \quad q_i \geq 0 \quad \dots 3$$

Donde:

- $q_i$ : Es la escorrentía directa en el instante  $i$
- $Q_i$ : Es la escorrentía total en el instante  $i$
- $\alpha$ : Es una constante de recesión del flujo subterráneo y se relacionan con la recesión del flujo base.
- $BFI_{max}$ : Índice de flujo subterráneo e indica la máxima proporción del flujo base, con respecto a la escorrentía total.

**Tabla 4:** Valores de las características de cada evento y de los parámetros del filtro de Echardt (2005)  $\alpha$  y  $BFI_{max}$ .

N°	Estación	$\alpha$	$BFI_{max}$	Pico (hr)	Evento (hr)	Vol. Total (mmc)	Vol. Base (mmc)	Vol. Directo (mmc)
1	Cabo Inga	0.98	0.73	15.76	45.81	64.96	41.12	23.84
2	El Ciruelo	0.98	0.75	24.43	53.90	69.93	47.27	22.67
3	El Tigre	0.98	0.75	19.20	38.27	60.73	39.72	21.01
4	Huatiapa	0.98	0.86	18.31	38.69	35.69	28.12	7.56
5	Letrayoc	0.98	0.81	8.69	21.19	7.75	5.54	2.22
6	Ocoña	0.99	0.88	31.38	67.88	84.27	68.57	15.71
7	Puente Tumbes	0.98	0.71	35.00	63.38	107.88	68.10	39.78
8	Puente Internacional	0.97	0.65	21.33	30.67	28.89	12.70	16.19
9	Antapucro	0.91	0.81	7.00	16.50	0.97	0.70	0.27
10	Challata	0.91	0.65	8.00	13.00	0.41	0.18	0.23
11	Cirato	0.97	0.82	5.33	17.67	5.31	4.17	1.14
12	Chosica	0.96	0.87	8.75	12.75	2.28	1.96	0.33
13	Obrajillo	0.99	0.89	5.50	27.50	2.26	1.95	0.31
14	San Mateo	0.99	0.91	17.50	25.00	2.10	1.79	0.31
15	Sayán	0.98	0.82	34.00	64.67	12.00	7.92	4.08

Con estos valores, se es posible estimar el flujo base y separarlo del hidrograma de caudal observado en la estación de aforo, para poder compararlo con el simulado por el modelo.

### 3.2.4 Muskingum

El tránsito del flujo en cauces es un proceso de cálculo del hidrograma de salida hacia el final aguas abajo del cauce, dado el hidrograma de ingreso al inicio del tramo aguas arriba. HEC-HMS nos ofrece opciones para el tránsito como: Muskingum, la Onda Cinemática y los métodos de Muskingum-Cunge. Para nuestro caso de estudio el método de cálculo elegido para los tránsitos en el cauce y para los reachs se utilizó el Método de Muskingum.

Es así que, en este epígrafe, se mostrará los parámetros del método de Muskingum, a saber: el parámetro  $k$  (tiempo de circulación) y  $x$  (coeficiente de almacenamiento). Sin embargo, este último parámetro de acuerdo a la teoría que es poco sensible y se adopta el valor de 0.2 (Chow et al, 1989). En el caso del tiempo de tránsito o circulación del hidrograma de avenida,  $k$ , por falta de información de estudios hidráulicos para el cálculo de la celeridad, evaluamos el valor del dicho parámetro mediante el modelo HMS por ensayo y error, ejecutando en el programa distintos valores de  $k$  mediante una optimización, hasta conseguir un hidrograma de salida similar a las medidas reales. Los resultados para cada subcuenca y cuenca se muestran en los anexos.



### 3.3 Modelo meteorológico

#### 3.3.1 Precipitación espacial

El análisis de la precipitación espacial es realizado a través del modelo meteorológico. Con el modelo meteorológico lo que se hace es asignar el valor de precipitación que le corresponde a cada subcuenca y como se distribuye en el tiempo, descontando las pérdidas por evapotranspiración y añadiendo los posibles aportes procedentes del derretimiento nival. Para el Modelo Meteorológico se utilizó el “Método Specified Hyetograf” para la precipitación.

Para la calibración es usado los hietogramas observados del IMERG de registro horario para el centroide de cada subcuenca. Calibrado el modelo para la obtención de los Hidrogramas para diferentes periodos de retorno se utilizó las IDF del servidor de Intensidad- Duración-Frecuencia de la plataforma del SENAMHI (<https://idesep.senamhi.gob.pe/dhi-idf/>), la cual presenta un conjunto de datos basados en precipitación extrema para determinar tormentas de diseño o hietogramas como entrada al sistema a nivel de subcuenca.

#### 3.4 Especificaciones de control

Finalmente, para correr el modelo, en especificaciones de control fijamos el lapso de tiempo de fecha, hora de inicio y termino de los eventos de avenida más severos en magnitud.

##### 3.4.1 Calibración / Validación del modelo

La calibración del modelo es fundamental para validar los resultados del modelo, esto a partir del proceso por el cual se identifican los valores de los parámetros del modelo para los cuales la serie de datos simulado en HEC-HMS se ajusta de manera óptima a la serie de datos observados.

##### 3.4.2 Evaluación del performance

Para comprobar el grado de dependencia de los resultados del modelo con respecto a los parámetros más importantes calibrados, los evaluamos a partir del PBIAS (Percent Bias) y NASH (Nash Sutcliffe), que refiere el grado de error obtenido de forma normalizada y adimensional.

## 4. Análisis y resultados del modelo

### 4.1 Evaluación del performance del modelo

Para la implementación del modelo HEC-HMS se ha realizado la calibración y optimización del modelo a partir de la evaluación del performance considerando eventos de lluvia del IMERG y caudales de descarga observados horarios de las estaciones automáticas del SENAMHI; con ello su respectiva calibración a partir de la comparación del caudal observado y simulado.

De acuerdo a la Tabla 5, se observa que el resultado de la simulación es bastante aceptable, aunque se ve claramente que los ajustes para eventos compuesto por dos picos son más complejos, pero aun así se ha conseguido la calibración con buenos resultados, esto medido a partir del PBIAS (Percent Bias) y NASH (Nash Sutcliffe) en la Tabla 5.

**Tabla 5:** Valores de las características de cada evento y de los parámetros del filtro de Echhardt (2005) a y  $BF_{max}$ .

Cuenca	Evento		Caudal máximo Qmax, m <sup>3</sup> /s	Tiempo en punta Tp, hr	Volumen de descarga total	Eficiencia	
						%PBIAS	Performance
Tumbes	Marzo del 2017	Observado	1197.52	49	47455.9	3.79	Muy bueno
		Simulado	1158.2	46	48761.3		
Chira	Marzo del 2017	Observado	1327.7	62	68376.5	0.76	Muy bueno
		Simulado	1545.2	70	68894.3		
Chancay	Mayo del 2020	Observado	169	34	3733.3	7.80	Muy bueno
		Simulado	154.8	30	4008.6		
Huaura	Enero del 2020	Observado	118.6	109	4873	18.3	Pobre
		Simulado	395.2	94	7661.7		
Chillón	Enero del 2019	Observado	215.7	30	4284.6	2.12	Muy bueno
		Simulado	272.3	34	4044.5		
Rímac	Febrero del 2020	Observado	70.2	10	2108.8	3.15	Muy bueno
		Simulado	71.7	11	2175.3		
Lurín	Enero del 2019	Observado	30.1	35	737.0	2.39	Muy bueno
		Simulado	25.8	35	719.8		
Pisco	Febrero del 2019	Observado	281.1	38	7611.6	0.46	Muy bueno
		Simulado	247.1	38	8586.6		
Ocoña	Febrero del 2019	Observado	535.5	36	23985.8	14.9	Bueno
		Simulado	504.7	44	25120.5		
Camaná	Marzo del 2017	Observado	634.4	39	21284.4	13.3	Bueno
		Simulado	644.6	43	25010.6		
Caplina	Febrero del 2020	Observado	9.3	11	111.5	0.97	Muy bueno
		Simulado	9.9	11	157.2		

## 4.2 Simulación del caudal de descarga futura

Calibrado y evaluado el performance del modelo, se ha generado los hidrogramas de salida de las cuencas a partir de Hidrovisor IDF-SENAMHI para los diferentes periodos de retorno de 2, 5, 10, 30, 75, 100, 200, 500 y 1000 años para cada cuenca como se muestra en la Tabla 6 y la Figura 7.

**Tabla 6:** Caudales máximos a diferentes periodos de retorno.

Cuenca	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
Tumbes	6091.1	9772.7	14115.2	23500.9	29453.7	35048.8	39634.2	52652.6	75379.9	97877.4
Chira	6609.9	11925	17524.6	30036.5	38001.7	45868.8	52035.8	69150.7	99897.8	130473.4
Chancay	1896.5	3095.4	4207.5	7116.5	8671.6	10322.9	11817.8	15511.9	21858.3	28227.6
Huaura	578.4	862.3	1072.7	1907.4	2416.9	2975.4	3481	4229.3	6381.9	8216.7
Chillón	311.3	517.9	656	1032.5	1303.4	1488.3	1658.9	2294.9	3329	4069.7
Rímac	90	99.1	120.8	114.9	142.1	160.9	131.4	164.2	181.8	225.9
Lurín	410.8	631.5	650	996.1	1411.3	1396.3	1656.5	1919.6	2558	2910.4
Pisco	835.2	1208.5	1413.2	2405.3	2781	3403.7	3826.6	4962.8	7055.6	9046.1
Ocoña	4429.6	6563.9	8040.7	11868.8	14029.3	16010.2	17587.5	22098.4	29656.1	36249.1
Camaná	3425.9	4439.8	5807.3	8722.9	10283.3	11950.5	13425	16720	22870.7	28518.5
Caplina	206.9	298.4	332.4	600.3	741.9	820.7	923.8	1666	2357.6	2795.3

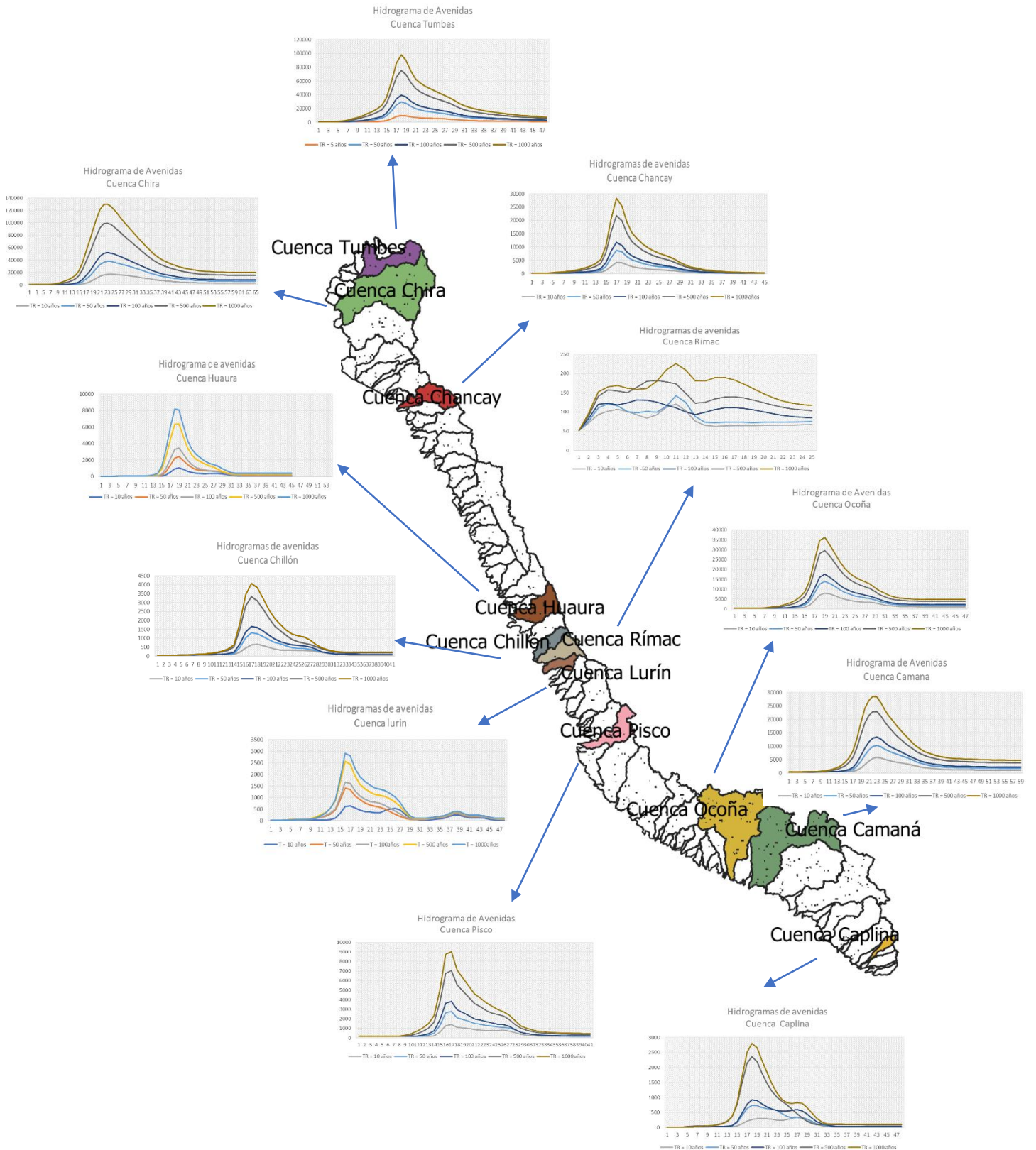


Figura 7. Hidrograma de avenidas a diferentes periodos de retorno de las cuencas priorizadas del Pacífico

## 5. Conclusiones

- De acuerdo con las características geomorfológicas de las 11 cuencas de la vertiente del pacífico, la mayoría presentan superficies de clase grande y alargada con pendiente del cauce alta de acuerdo a la Tabla 1.
- Para el modelado en HEC-HMS de acuerdo con la Figura 3, los métodos de cálculo elegidos en este estudio fueron: “Método del Número de Curva del Soil Conservation Service (SCS)” para las pérdidas por infiltración, “Snyder Unit Hydrograph” para el proceso de transformación, para el Flujo base el “Método de Recession” para los tránsitos en el cauce y para los ríos se utilizó el “Método de Muskingum”. Por otro lado, es de importancia indicar que para los cálculos no se ha tomado en consideración la existencia de infraestructura hidráulica de regulación, por no contar con información sobre la ubicación y características técnicas de la presa.
- Debido a que las tormentas en el Perú tienen una duración menos a las 24 horas, en este estudio hemos trabajado con precipitación horaria del producto IMERG. Con respecto a la precipitación, se ha observado que en la parte baja de la cuenca el producto IMERG representa mejor que la zona de cabecera de la cuenca, esto observado en las cuencas de mayor elevación.
- La implementación de estaciones de aforo en las cuencas de la vertiente del pacífico nos dio la posibilidad de comparar los valores observados con los simulados, lo que nos permitió calibrarlo para condiciones de avenidas importantes con PBIAS entre 0 y 15%, satisfactorios, lo que nos permite concluir que el modelo HEC-HMS permite simular los procesos de lluvia-escorrentía y obtener el hidrograma de avenida característico de cada cuenca en estudio.
- Los buenos resultados obtenidos de la calibración del modelo HEC-HMS en las cuencas priorizadas del pacífico permitieron modelar los hidrogramas de avenidas para diferentes periodos de retorno a partir del hidrovvisor IDF-SENAMHI (Tabla 6 y Figura 7). Esto de importancia para brindar buenas proyecciones de hidrogramas de crecidas en las cuencas del pacífico peruano, los mismos de utilidad para alimentar modelos hidráulicos que permitan definir zonas inundables asociadas a distintos niveles de probabilidad.

## 6. Referencias bibliográficas

- Aybar, C.; Fernández, C.; Huerta, A.; Lavado, W.; Vega, F.; Felipe-Obando, O. Construction of a high-resolution gridded rainfall dataset for Peru from 1981 to the present day. *Hydrol. Sci. J.* 2020, 65, 770–785.
- Addor, N., Newman, A.J., Mizukami, N., Clark, M.P., 2017. The CAMELS data set: Catchment attributes and meteorology for large-sample studies. *Hydrology and Earth System Sciences* 21, 5293–5313. <https://doi.org/10.5194/hess-21-5293-2017>
- Asurza-Véliz, F. A., & Lavado-Casimiro, W. S. (2020). Regional parameter estimation of the SWAT model: Methodology and application to river basins in the Peruvian Pacific drainage. *Water (Switzerland)*, 12(11), 1–25. <https://doi.org/10.3390/w12113198>
- Barria, P., Barria Sandoval, I., Guzman, C., Chadwick, C., Alvarez-Garreton, C., Diaz-Vasconcellos, R., Ocampo-Melgar, A., Fuster, R., 2021. Water allocation under climate change: A diagnosis of the Chilean system. *Elementa* 9, 1–20. <https://doi.org/10.1525/elementa.2020.00131> RESEARCH
- Chow, V.T., Maidment, D.R. and Mays, L.W. (1989). *Applied Hydrology*. McGraw-Hill
- Llauca, H., 2019. Modelamiento hidrológico a paso mensual para el monitoreo de sequías hidrológicas en cuencas de la vertiente del Pacífico y del Titicaca. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI. Dirección de hidrología - DHI.
- Ochoa Ramon, & Quispe Leonardo. (2015). *ESTUDIO DE MÁXIMAS AVENIDAS EN LAS CUENCAS DE LA VERTIENTE DEL PACÍFICO -CUENCAS DE LA COSTA SUR*.
- Rauf, A. ur, & Ghumman, A. R. (2018). Impact assessment of rainfall-runoff simulations on the flow duration curve of the Upper Indus river-a comparison of data-driven and hydrologic models. *Water (Switzerland)*, 10(7). <https://doi.org/10.3390/w10070876>.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2017). Obtenido de [idesep.senamhi.gob.pe](http://idesep.senamhi.gob.pe): [https://idesep.senamhi.gob.pe/portalesdesep/idesep\\_tema\\_evento\\_el\\_nino\\_la\\_nina\\_nino\\_2017.jsp](https://idesep.senamhi.gob.pe/portalesdesep/idesep_tema_evento_el_nino_la_nina_nino_2017.jsp)



## Anexos

### Anexo 1. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Tumbes

Cuenca Tumbes	Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
	1	773.1	773.1	773.1	773.1	773.1	773.1	773.1	773.1	773.1	773.1
	2	772.9	772.9	772.9	772.9	772.9	772.9	772.9	772.9	772.9	772.9
	2	772.7	773	772.9	773.1	773	773.4	773.3	773.7	775.5	776.7
	3	773.8	775.4	775	776	776.1	778.4	778.4	788.1	818.2	840.2
	3	778.1	781.8	782.4	784.9	788.7	801.6	806.3	868.1	1010.5	1141
	4	785.5	790.7	798.6	808.4	828.7	872.6	901.4	1104.5	1476.5	1904.4
	4	793.4	798.9	829.3	866.1	933	1022.3	1112	1558.7	2292.4	3222.1
	5	800.1	810.1	880.4	977.1	1130.8	1282.9	1471.3	2244.7	3512.6	5030.1
	5	808.6	834.6	958.8	1163.4	1426.7	1700.3	2027	3177.3	5114	7201.7
	6	825.1	881.4	1079.2	1461.1	1853.6	2310	2810.1	4345.9	6978.2	9630.5
	6	857.9	960.4	1259.1	1899	2466.7	3127.6	3793.3	5717.7	9046.5	12342.9
	7	918.7	1091.1	1523.7	2509.7	3281.6	4159.1	4973.3	7309.7	11415.6	15493.9
	7	1025.5	1312.2	1922.9	3352.6	4352.7	5467.2	6455.7	9277.2	14344.7	19352.6
	8	1230.6	1719.5	2585.9	4606.4	5934.2	7361.3	8601.6	12107.8	18484.1	24723.4
	8	1849.9	2807.5	4198.7	7356	9382.8	11448.3	13205.5	18157.4	27083.7	35819.5
	9	3327.6	5257.8	7710.3	13131.4	16580.6	19933.4	22730	30629.5	44634.8	58427.6
	9	5156.7	8256	11979.3	20108.3	25256.7	30144	34177.8	45589.9	65626.9	85431.3
	10	6091.1	9772.7	14115.2	23500.9	29453.7	35048.8	39634.2	52652.6	75379.9	97877.4
	10	5869.1	9337.3	13387.1	21979.3	27490.9	32624.3	36807.3	48771.9	69514.1	90099.3
	11	5186.3	8107.2	11508.4	18488.5	23090.2	27285.7	30707.8	40590.9	57551.1	74471.1
	11	4639.9	7086.9	9987.2	15771.8	19709.1	23196.1	26032.4	34358.3	48552.6	62766.1
	12	4366.2	6531.2	9090.9	14290.4	17844.2	20976.6	23432.6	30911.5	43692.4	56506.6
	12	4158.2	6192.7	8431.9	13242.2	16459.4	19390.5	21543	28437.8	40226.2	52152.9
	13	3925.4	5926.8	7891.3	12354.6	15253.6	18039	19978.6	26402.8	37308.4	48533.6
	13	3662.2	5644.2	7378.6	11548.1	14182.2	16813.1	18611.1	24536.7	34727	45197.3
	14	3385.8	5326.7	6849.1	10825.9	13238	15695.1	17386.7	22671.9	32405.6	42022.8
	14	3148	4973.5	6337.2	10194.9	12408.6	14681.4	16245.7	20874	30172.8	39078
	15	2933.8	4525.4	5793.5	9397.5	11449.3	13477.3	14834.6	18957.2	27433.1	35731.8
	15	2666.6	3977.9	5134.9	8279.3	10152.3	11892.3	13023.6	16755.6	24077.2	31578.2
	16	2360.9	3447.4	4451.6	7102.6	8754.7	10256.3	11220	14578.6	20841.7	27377.9
	16	2086.9	3034.2	3892.3	6172.2	7601.7	8937.4	9805.7	12793.1	18314.4	23995.8
	17	1887.8	2732.2	3494.6	5538.4	6786.2	8003.9	8812.9	11489.8	16500.4	21590.4
	17	1749.6	2501.9	3206.7	5070	6196	7309.5	8060.8	10510.1	15112.4	19780.7
	18	1634.1	2309.1	2966.1	4676.5	5702.6	6730.4	7439.4	9709.4	13964.9	18273.6
	18	1534.7	2143	2767.2	4354.3	5300.6	6261.1	6938.3	9060.6	13014.3	17031.1
	19	1450.4	2006.6	2601	4072.2	4955.7	5844.3	6480.4	8459.3	12130.4	15874.1
	19	1378	1896.4	2452.3	3816.2	4640.2	5465.6	6065	7911.7	11326.8	14817.1
	20	1316.4	1797.8	2318.1	3584.5	4353.5	5121.8	5686.5	7412	10592	13849.7
	20	1262	1708.9	2196.2	3372.5	4090.9	4806.7	5339	6952.1	9915.6	12956.9
	21	1212.1	1627.8	2083.5	3176.8	3846.8	4514.3	5015.5	6522.1	9284.5	12121.9
	21	1166	1551.9	1977.6	2992.8	3617.1	4238.6	4708.8	6113.5	8685.4	11329.3
	22	1122.3	1479.7	1876.1	2817.1	3397.5	3974.7	4415.8	5725.7	8119.5	10581.7
	22	1081.8	1412.5	1781.4	2653.4	3194.7	3732.1	4149.2	5378	7616.9	9919.3
	23	1045.3	1351.3	1695.8	2507.7	3018.6	3523.5	3918.8	5074.2	7176.1	9337.4
	23	1012.7	1296.6	1619.1	2384	2867.3	3343.1	3716.5	4802.3	6778.1	8809.6
	24	983.8	1248.1	1551.6	2277.8	2733.7	3181.8	3536	4563.8	6430.6	8348.9
	24	957.8	1204.4	1493.5	2182.6	2616.4	3040.6	3378.9	4357	6129.5	7949.3
	25	934.2	1165	1444	2099.6	2514.6	2917.9	3241.7	4173.8	5862.2	7594

## Anexo 2. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Chira

Cuenca Chira	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
2	495	495	495	495	495	495	495	495	495	495
3	495	495	495	495.1	495.2	495.2	495.3	495.4	495.5	495.9
4	495.3	495.3	495.5	496	496.3	496.7	496.8	497.3	498.3	500.3
5	496.1	496.2	496.9	498.4	499.4	500.4	501	502.3	506.1	527.4
6	497.8	498.5	500.4	503.6	506.1	507.9	509.5	512.5	537.1	659.4
7	500.9	502.9	507.3	512.7	517.7	520.9	524.4	533.8	655	1037.8
8	505.8	510.2	518.6	526.1	534.8	540.7	548.6	590.4	965	1760.1
9	513	520.8	534.3	543.7	556.5	570.9	592.2	741.5	1542.9	2835
10	522.1	534.7	552.6	564.8	583.6	630.5	687.3	1054.6	2397.8	4253.5
11	532.2	550.5	571.7	591.2	629	762.5	891.2	1565.3	3531.9	6053.5
12	542.4	566.8	590.6	637.1	733.4	1016.9	1260.9	2299.9	5003.9	8336.2
13	553	583.2	610.2	741.8	965.2	1444.5	1849.7	3335	6953.9	11292.7
14	564.8	601	641.7	990.5	1431.1	2162.7	2791.9	4890.7	9734.2	15395.1
15	589.2	673.9	824.9	1741	2601.8	3778.8	4797.3	7986.8	14921.9	22794.4
16	676.5	965.3	1471.9	3561.8	5202.6	7192.7	8888.3	13990.9	24497.1	36106.4
17	936.2	1672.7	2783.5	6522.1	9209.1	12282.9	14851.5	22378.5	37288.8	53426.2
18	1495	2941.4	4813.3	10378.5	14190.8	18381.6	21837.2	31723.1	50741.2	70922.4
19	2395.9	4816.8	7628.6	15224.7	20293.6	25613.1	29976.2	42192.1	65122.2	88950
20	3525.8	7066.8	10925.9	20642.4	27035.5	33456.2	38712.6	53222.3	79963.2	107244.2
21	4660.4	9190.1	13957.1	25387.9	32816.5	40089.8	46008.1	62245	91828.4	121607.8
22	5586.2	10760.8	16127.7	28559.6	36515.5	44265.5	50477.3	67559.4	98459.7	129305.7
23	6192.3	11635.5	17259.9	29992.3	38001.7	45868.8	52035.8	69150.7	99897.8	130473.4
24	6494.8	11924.7	17524.6	30036.5	37798.7	45508.7	51442.9	68019.7	97572.3	126941.7
25	6597.4	11848.9	17258.2	29252.6	36656.8	44017.4	49659.7	65380.1	93220.2	120877.1
26	6609.9	11593.2	16760.4	28111	35136.1	42016.2	47349.6	62090.8	88033.7	113748.3
27	6584.1	11252.1	16193.7	26893	33514.8	39874.8	44886.2	58692.7	82770.7	106556.9
28	6511.3	10855.7	15578.7	25675.6	31881.4	37745.3	42397.1	55377	77724.6	99747
29	6366.2	10406.6	14887.6	24416.4	30239.1	35628.6	39903.5	52116.1	72816.7	93226.3
30	6139.3	9904.9	14133.7	23086.8	28559.7	33492.5	37406.6	48841.5	67906.4	86763.1
31	5839	9358.4	13323.6	21664.4	26804.1	31322.3	34895.5	45539	63018.9	80396.7
32	5484.1	8772.6	12442.2	20150.3	24950.2	29091.1	32343.7	42201.1	58159.8	74114.8
33	5097	8151	11510.3	18583	23011.4	26788.9	29755.1	38797	53312.1	67828.5
34	4696.7	7503.8	10560.1	17001.2	21036.6	24484.4	27196.3	35435.4	48621.6	61771.6
35	4301.7	6855.4	9623.3	15470.8	19130.1	22278.4	24729.8	32239.7	44178.8	56087.7
36	3927.7	6236.3	8738.2	14037.4	17370.1	20235.9	22438.3	29272.6	40085.8	50864.3
37	3583.2	5668.6	7930.1	12739.6	15789.2	18408.5	20399.2	26639.6	36490.4	46296.8
38	3269.9	5160.8	7210.3	11604.6	14411.6	16828.6	18646.4	24376.5	33428.4	42428.5
39	2985.7	4711.3	6582.5	10632.4	13231	15481.8	17161.1	22449.7	30847.4	39207.5
40	2727.9	4315.5	6039.1	9793.9	12219	14324.8	15888.2	20797.7	28646.8	36482.5
41	2495.9	3967	5566	9061.4	11331.8	13306.6	14764.1	19347.3	26702.9	34059
42	2290.1	3660.1	5151.4	8416.5	10536.9	12393.8	13758.4	18051.7	24967.4	31894.9
43	2109.3	3390.1	4784.7	7843.7	9829.8	11582.1	12865.4	16900.4	23425.6	29970.1
44	1950.8	3152.1	4460.8	7338.2	9203.9	10863.5	12076	15881	22060.3	28262.9
45	1811.4	2942.2	4175.4	6893	8650.3	10227.7	11379.2	14978.6	20862.4	26789
46	1689	2758.3	3924.4	6502.2	8162.6	9667.6	10768.3	14203.1	19852.3	25533.4
47	1582	2597.7	3705.6	6162.8	7737.7	9180.8	10256.8	13539.5	18975.9	24443.7
48	1489.1	2458.6	3517.8	5873.4	7378.4	8777.8	9823.8	12975.1	18232.7	23519.9
49	1408.8	2340.3	3360.2	5635.2	7083.1	8446.7	9469.4	12509.6	17623.1	22762.7
50	1340.1	2242.5	3232.5	5448.7	6845.2	8184.2	9192.6	12142	17145.6	22170.8
51	1282.8	2165	3133.5	5306	6661.6	7983.2	8982	11861.2	16782.1	21720.2
52	1236.6	2105.8	3058.3	5195.7	6521.1	7826.9	8815.5	11642.3	16496.6	21363.7
53	1201.4	2060.1	2998	5105	6408.4	7698.2	8674.8	11461.6	16260.5	21065
54	1175	2022.4	2946.3	5027.1	6314.2	7589.3	8554.1	11310.5	16065	20815.3
55	1154.2	1989.4	2901	4961.2	6236.3	7499.3	8453.4	11187.2	15906	20612.5
56	1136.1	1960.2	2862.2	4907.2	6172.4	7425.7	8371.4	11085.9	15773.2	20445.4
57	1119.9	1934.6	2829.7	4863	6118.2	7363.9	8304.1	10999.3	15658.3	20302.4
58	1105.5	1913.1	2803.6	4826.7	6071.9	7312.6	8250.1	10927.2	15563.7	20185.5
59	1092.8	1896.3	2783.6	4799.2	6035.9	7274.7	8212.4	10875.1	15498.1	20105.6
60	1082.2	1884.2	2770.3	4782.7	6013.4	7252.5	8192.1	10845.7	15463.2	20064.1
61	1074.2	1877.1	2763.5	4775.3	6003.2	7242.9	8183.9	10833.2	15448.8	20047.1
62	1068.9	1873.9	2760.7	4772.6	5999.5	7239.1	8180.1	10827.7	15441.8	20038.3
63	1066.1	1872.6	2759.3	4770.7	5997.2	7236.2	8176.8	10823.4	15435.5	20030.1
64	1064.9	1871.8	2757.9	4768.8	5994.7	7233.2	8173.3	10818.9	15429	20021.6
65	1064.3	1870.9	2756.5	4766.7	5992.1	7230.1	8169.9	10814.3	15422.4	20013.2

### Anexo 3. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Chancay

Cuenca Chancay	Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
	1	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9	83.9
	2	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8	83.8
	3	83.9	84.5	84.2	85.1	84.6	85.1	86.2	86.9	92.1	101.3
	4	84.7	87.3	86.6	90.6	89.4	91	99.8	103.5	142.1	198.6
	5	87.6	91.6	92.7	103.2	103.3	104.7	132.3	143	257.7	402.3
	6	91.4	97.4	102.5	123.6	129.1	130.1	178.3	205.1	393.2	599.2
	7	94	109.4	114.6	147.3	163.2	169.1	235	288.1	505.5	725.4
	8	96.5	128.1	129.6	178.3	205.7	222.4	306	389.3	637	910.4
	9	99.5	144.6	151.7	227.9	262.3	294	386	512.5	840.9	1221
	10	107.1	156.8	183.8	290.8	329.1	382.1	487	685.2	1127	1614.4
	11	121.6	173	220.8	364.9	412.5	491.3	636.9	926.8	1492	2114.3
	12	138.5	201.6	265.3	468	539.2	659.8	858.1	1236.2	1962	2771.3
	13	164.4	255.6	342.5	640.5	750	943.5	1194.6	1673	2638	3683.5
	14	224.8	372.5	508.8	977	1159.4	1463.6	1835.7	2476.4	3835	5257.5
	15	513.6	875.6	1206.2	2194.1	2660.9	3272	4040.2	5224.3	7743	10326
	16	1240.8	2075.9	2846.7	4936	6028.7	7257.8	8641.4	11131	15982	20877
	17	1896.5	3095.4	4207.5	7116.5	8671.6	10322.9	11818	15512	21858	28228
	18	1893	3012.6	4057.9	6717.3	8151.2	9596.8	10602	14258	19778	25349
	19	1563.7	2425.7	3254.8	5268.2	6394.1	7413.9	8123.8	10968	15046	19197
	20	1315.6	1980.4	2660.9	4250.3	5173.3	5939	6575.3	8735.9	11923	15166
	21	1170.5	1724.4	2319.9	3683.2	4473.1	5157.5	5683.1	7486.9	10222	12962
	22	1051.8	1498.8	2017.4	3186.8	3836.1	4459.5	4919.1	6426.4	8792	11128
	23	978.2	1293.1	1753.4	2772.7	3324.6	3877.3	4308	5587.6	7652	9687.6
	24	898.9	1119.1	1550.6	2451.6	2960.7	3439.1	3809.4	4882.4	6771	8573.1
	25	800.2	1010	1418.1	2203.8	2701	3119.3	3425.5	4325.8	6103	7720
	26	707.3	966.8	1325.1	1950.5	2483.8	2873.1	3102	3942.4	5546	7012.8
	27	630.3	918.7	1257.1	1700.1	2248.6	2643.4	2756.2	3565.6	4999	6315
	28	537.2	798.4	1117.8	1417.3	1911.3	2281.8	2336.3	2997.3	4291	5386.6
	29	413.1	627.1	864	1081	1484.2	1774.7	1847.3	2315.4	3397	4244.5
	30	314.7	478.6	631.7	784.1	1106.6	1315.6	1418.1	1756.1	2610	3268.3
	31	253.8	377.3	479.7	587.5	854.9	1010.6	1114.3	1369.3	2039	2577.1
	32	212.3	305.9	379.3	465.3	689.2	811.9	896.2	1094.8	1625	2077.3
	33	182.7	251.6	305.9	380.6	558.7	654.8	718.7	885.2	1304	1683.4
	34	161.7	212.3	253.4	320.7	458.1	534	580.5	725.3	1056	1375.8
	35	146.6	184.4	215.3	276.3	381.8	443.6	476.7	604.2	868.1	1138.4
	36	135.4	164.2	187.7	242.6	325.3	377.1	400.5	512.5	727.2	956.6
	37	126.8	149	167.3	216.2	281.9	325.8	342.2	440.1	616.7	812.2
	38	119.6	137.1	151.4	194.8	246.9	284	295.8	380.6	526.7	692.5
	39	113.6	127.6	138.7	177.1	218.4	249.9	258.5	331.4	452.6	593.4
	40	108.4	119.5	128.5	162.3	195.1	221.8	228.2	290.8	392.3	511.9
	41	103.8	112.8	120.3	149.5	176.3	198.6	203.8	257.5	343	444.6
	42	100	107.4	113.8	138.4	160.9	179.6	184	229.9	302	388.5
	43	96.9	103	108.5	129.3	148.3	164.1	167.8	207.1	267.8	341.6
	44	94.4	99.5	104.1	121.8	137.8	151.3	154.3	187.9	239.3	302.2
	45	92.3	96.6	100.5	115.6	129.1	140.5	143	171.8	215.3	268.9

#### Anexo 4. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Huaura

Cuenca Huaura										
Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2	48.2
2	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1	48.1
3	48.2	48.2	48.2	48.3	48.4	48.3	48.3	48.4	48.3	48.3
4	48.7	48.6	48.6	49	49.2	49.1	48.9	49.1	49.2	49
5	49.7	49.5	49.5	50	50.4	50.5	49.8	50.4	50.8	50.7
6	50.7	50.5	50.4	51	51.5	51.9	51	51.8	52.7	52.5
7	51.3	51.2	51.1	51.8	52	52.6	52.3	52.4	54.3	53.7
8	51.5	51.5	51.4	52.4	52.1	53	53.3	52.5	55.4	54.5
9	51.3	51.5	51.5	52.4	52.3	53.3	53.7	53.2	56.6	55.5
10	51	51.4	51.5	52	52.4	53.3	54.1	55.6	59.8	57.7
11	50.9	51.3	51.5	51.9	52.3	53.3	54.4	59.3	68.9	68.5
12	51	51.3	51.7	52	52.5	54.3	55	67.6	91	101.6
13	51.2	51.5	52	52.6	53.4	60.1	60.4	84.5	140.4	181.6
14	51.4	52	52.5	56.8	60.1	84	87.8	128.7	266.4	384.3
15	59.2	67.6	72.7	134.3	172	258.6	304.2	437.9	868.1	1250.5
16	112.7	165.9	199.4	437.4	590.1	816.9	988.2	1302.6	2365.7	3276.2
17	265.6	421.7	524.9	1050	1388.7	1813	2172.3	2700.1	4545.5	6042.5
18	474.5	737.4	920.7	1714.4	2210.9	2790	3298.5	4030.6	6374.4	8216.7
19	578.4	862.3	1073	1907.4	2416.9	2975	3481	4229.3	6381.9	8090.4
20	516.8	736	900.6	1592.7	1981.5	2404	2785.1	3400.8	4947	6272.9
21	408.3	553.8	647.2	1174.1	1438.7	1733	1963	2431.7	3461.4	4374.7
22	337	440.6	484.7	912.1	1083.6	1327	1429	1846.8	2591.6	3284.8
23	293.3	384.6	398.7	780.5	854.6	1068	1095.9	1510.1	2098.6	2700.2
24	271.2	359.7	355.6	711.2	749.5	863.8	909.3	1295.3	1770.8	2263.9
25	262.6	345.7	344.5	680.4	708	761	807.1	1163.1	1519.4	1896.1
26	260.1	353.1	366.7	669.3	690	721.1	710.8	1077.5	1335.6	1632
27	270.1	376.9	387.7	633.5	670.9	675.3	641.9	1011.1	1139.2	1466.4
28	288.9	388.4	375.1	527.7	614.4	593	596.5	911.6	886.8	1267.1
29	278.3	362	331.5	378.2	522.1	478	505.8	734.3	633	992.1
30	217.6	272.4	250	237.8	383.5	336.5	354.9	509.6	451.7	704.9
31	144	173.7	164.5	153	246.3	224.4	236.6	329.5	360.5	505.7
32	94.8	111.7	107.3	115.6	164.7	169.9	190	241.4	330.2	428.4
33	71.9	84	81.5	105.7	137.1	157	183.7	220.4	325.6	419.9
34	60.9	72.5	71.3	104.3	130.7	155.5	182.1	220.6	324.7	418.4
35	55.3	66.8	66.6	103	129.6	154.2	180	218.7	323.1	414.3
36	53.1	63.6	64.6	102.2	128.8	153.1	178.8	216.3	322.3	414.4
37	52.2	61.9	64	101.6	128	152.5	177.8	215.5	321.6	413.9
38	51.7	60.9	63.7	101.1	127.5	152	177.1	214.5	321.1	413.5
39	51.3	60.4	63.5	100.9	127	151.5	176.6	213.9	320.7	413.1
40	51.1	60.1	63.3	100.7	126.6	151.2	176.3	213.5	320.4	412.7
41	51	60	63.2	100.6	126.5	151	176	213.1	320.1	412.5
42	51	60	63.2	100.5	126.4	150.9	175.9	212.9	320	412.4
43	51	60	63.2	100.4	126.3	150.8	175.7	212.7	319.8	412.2
44	51	60	63.1	100.4	126.2	150.7	175.6	212.6	319.7	412
45	51	59.9	63.1	100.3	126.2	150.6	175.6	212.5	319.6	411.8

### Anexo 5. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Chillón

Cuenca Chillón		TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1		40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4
2		40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4
3		41.6	41.5	41.5	41.8	42	42.2	40.4	40.7	41.3	41.8
4		45.3	44.9	44.7	45.4	47.3	46.3	42.7	42.1	44.7	47
5		51.9	51.5	50.9	52.3	56.4	52.4	48.1	45.5	52.2	56.4
6		58.5	59.1	57.1	59	65.8	56.2	56.5	51.1	63	66.4
7		64.1	66.4	61.3	64.6	72.6	58.9	63.5	59.1	76.1	75.3
8		68.6	72.9	63	67	77.4	61.3	68.7	69.4	89.5	89.3
9		70.8	77.1	63.8	67.8	76.9	62.9	72	81.4	105.2	112.6
10		71.1	78.9	66.8	70.4	73.8	65.3	73.9	96.3	128.6	151.3
11		68.6	78.1	69.8	76.4	72.8	70.5	80.5	115.1	165	200.4
12		65.5	77.4	73.8	84.8	75.8	80.6	97.1	146.1	225.1	271.5
13		63.5	80.4	78.5	102	89.5	106	131.3	197.7	316.7	386.7
14		65.8	94.6	88.7	144.4	136.6	168.6	206.4	309.6	513.9	629.9
15		120.3	200.6	212.1	409.8	459.8	556.5	655.7	934.4	1477.2	1834.7
16		228.2	384.2	454.8	822.2	1006.9	1178.1	1342.4	1857.8	2799.6	3434.4
17		302.2	506.5	630.1	1032.5	1303.4	1488.3	1658.9	2294.9	3329	4069.7
18		311.3	517.9	656	1012.4	1249.3	1422.2	1595	2171.8	3099.9	3840.6
19		301.5	477.9	589.1	887.1	1095.1	1248.4	1405.2	1838.4	2628.4	3235.9
20		277	411.9	489.9	754.7	914.8	1039.2	1174	1514.8	2127	2597.9
21		241.6	326.7	396.3	651.6	767.6	836.2	947.2	1217.5	1677.1	2095.6
22		230.3	267.7	337.7	535.5	677	733.7	797.7	1017.3	1405.3	1763.3
23		223	236	330.8	421.9	565.4	690.1	706.7	853.1	1146.9	1449.8
24		209.2	215.5	328.6	377.2	468.1	629.5	631.8	734.2	916.9	1222.1
25		216.2	215.7	317.3	349.7	434.2	591.3	607.6	646.9	792.1	1122.8
26		237.8	235.2	320.6	316.3	430.3	570.2	571.4	572	716.5	1072
27		234.1	241.7	295.5	301.6	367.2	468.9	506.3	513.5	637.6	891.7
28		197.9	225	247.1	288.3	305.3	353	394.5	437.5	531.8	648.3
29		154.2	182	204.9	242.5	242.4	261	238.6	350	405.2	467
30		116.9	135.2	156.6	183.5	170.5	189.4	172.8	273.2	305.5	347.6
31		89.2	100.7	116.6	136.2	122.9	140.5	130.1	211.3	231.1	276.9
32		71	77.5	88.1	103.5	94.5	112.5	105.1	164.1	192	239.7
33		60	64.6	72.7	86.3	81.9	95.8	93.2	135.3	172.5	213.1
34		52.9	56.2	61.8	73.8	76.3	83.8	89.6	119.2	168.2	207.1
35		48.5	51.1	55.5	67.3	74.4	79.9	88.6	114.5	168.1	207.2
36		45.6	47.9	51.1	65.8	72.6	79	87.3	114.1	167.7	206.7
37		43.8	47.4	50.2	65.1	71.9	78.5	87	114.1	167.5	206.6
38		42.6	47.1	49.9	64.7	71.3	78.3	86.6	114	167.4	206.4
39		42.3	46.8	49.7	64.4	71	78.1	86.4	113.9	167.2	206.2
40		42.2	46.7	49.6	64.2	70.8	78.1	86.3	113.7	166.9	206
41		42.2	46.7	49.5	64.2	70.7	78	86.3	113.6	166.8	205.8

### Anexo 6. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Rímac

Cuenca Rímac										
Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5	51.5
2	66.6	67.5	71.9	76.4	76.4	76.4	83.5	87	90.6	96.8
3	84.2	89	93.4	107	110	108	120.2	131.4	140.9	152.2
4	89	98.1	101.8	113	121	120	122.6	138.8	157.1	165.6
5	88.2	99.1	106.8	115	116	121	118.3	137.4	154.5	168.8
6	81.2	92.8	101.5	104	101	120	123.8	133.1	150.2	161.9
7	72.5	83.6	92.8	93.1	97.7	124	131.4	120.1	164.7	158.7
8	64.2	74.3	83.9	94.6	102	122	130.8	121.7	179.7	161.2
9	61.5	65.9	92.9	90.6	99.2	116	125.5	132.4	181.8	179.4
10	74.3	63.2	112	83.6	115	131	117.8	158.2	178.5	209.4
11	90	78.4	120.8	76.9	142	161	110.7	164.2	172.9	225.9
12	83.9	83.1	103.8	73.2	125	142	100.7	127.6	148.7	208.9
13	69.7	71.4	76.5	76.3	88.3	101	93.6	101.3	122.6	181.3
14	64.4	67.5	65.4	82.3	73.4	85.4	99.4	96.3	124.7	180.5
15	63.1	66.9	63.5	87.7	72.8	86.5	106.6	99.3	133.6	188.8
16	62.9	67.8	63.9	91	73.1	86.6	110.8	100.3	138.7	189.4
17	62.8	68	64.3	92	73.2	85.7	111.5	99.6	139.2	183.2
18	62.6	67.5	64.6	91	73.1	84.4	109.4	97.7	136.2	172.6
19	62.4	66.7	64.9	88.6	72.9	82.9	105.3	95.1	130.7	160.1
20	62.2	65.8	65.3	85.5	73	81.8	100.3	92.6	124.1	147.8
21	62	65.1	65.6	82.5	73.2	81	95.2	90.6	117.5	137.1
22	62	64.7	66	80	73.6	80.6	91.1	89.3	112	128.8
23	62.2	64.5	66.4	78.4	74.2	80.7	88.1	88.7	108	122.9
24	62.6	64.6	66.9	77.5	74.9	81	86.1	88.6	105.4	119
25	63	64.9	67.4	77	75.5	81.4	84.7	88.8	103.7	117.2



**Anexo 7. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Lurín**

Cuenca Lurín		TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
Duración											
1		13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
2		12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9	12.9
3		16.3	14.5	17.5	13.1	19	13.6	19.8	14.8	22	17.3
4		24.9	21.1	24.6	13.8	34.2	16	36.8	25.7	39.2	29
5		29.3	30.6	23	15.5	46.8	24.8	46	40	45.5	40.8
6		29	37.6	19.1	23.1	49.1	36.7	42.5	43.5	47.2	45.6
7		32.8	41.6	19.4	33.9	43.5	39.7	40.3	44.5	48.4	44
8		34.4	41.2	22.5	37.1	42.6	40.8	45.6	45.5	52.7	48.6
9		30.1	36.3	27.4	38.6	59.6	42.4	59.1	49.8	87.1	71.5
10		28.2	35.1	33.3	41.2	95.6	44.9	89.9	72.1	158.7	119.6
11		29.1	40.9	38.2	44.6	137	63.8	147.7	116.5	253.4	203
12		31.3	55.9	41.6	62	195	119	224.3	199.5	370.2	332.3
13		41.8	87.1	55.8	108.5	292	216	324.6	345.4	535.8	530.5
14		77.3	155.7	112	215.6	459	384	509.2	585.8	845.6	894.5
15		214.7	370.4	329	555.6	912	858	1048.2	1212.8	1673	1860.1
16		390.6	627.7	611	971.5	1411	1396	1656.5	1919.6	2558	2910.4
17		410.8	631.5	650	996.1	1346	1371	1614.8	1847.5	2433	2801.4
18		352.4	517.7	550	826.8	1064	1093	1283.4	1446.2	1915	2238.3
19		312.3	458.5	452	703.3	903	910	1059.5	1236.7	1572	1891.8
20		286	430.1	395	595.2	774	800	924.8	1125.3	1372	1688.5
21		286.8	384.9	383	508.2	668	722	833	1031.7	1234	1531.6
22		287	314.4	352	479.2	631	690	794.8	986.5	1129	1404.2
23		203.5	233.2	350	440.8	586	646	745.7	924.8	1100	1362.9
24		158.8	152.1	435	366	497	559	653	820.9	1048	1299.4
25		233.8	95.2	510	368.7	392	455	539.2	700.4	941.3	1175.7
26		283.7	135.7	538	504.7	289	459	420.5	577.1	817	1038.1
27		232	204.9	471	521.9	191	502	294.3	426.2	623.3	807.5
28		137.3	153.8	287	328.3	109	343	169	246.7	360.9	469
29		71.1	77.4	140	158.5	58.7	164	86.3	122	174.5	224.1
30		39.1	42.3	71.5	80.5	56.1	83.1	66	76.7	102.2	116.4
31		23.6	25.3	38.8	42.8	55.7	55.7	65.5	76.1	101.5	115.5
32		18.6	25.1	26	39.6	55.3	55.3	65.1	75.5	100.7	114.7
33		31.9	39.4	38.2	52.5	74.6	69.3	83.8	93.2	116.6	128.4
34		57.9	67.9	67.4	83.8	110	103	120.6	130.3	154.4	166
35		71.5	82.4	82.5	99.6	129	120	139.3	149.3	173.7	185.2
36		95.7	108.2	110	129	160	152	172.2	183.2	208.9	221
37		159.9	177.1	184	208.3	244	236	259.1	272.9	303.1	317.5
38		219.9	241.2	253	281.4	320	314	338.9	355.3	389.4	405.7
39		211.7	232	243	270	308	302	325.6	341.4	374.5	390.3
40		149.3	164.8	170	192.4	226	218	240	252.8	281.2	294.7
41		108.1	120.4	123	141.2	172	163	183.5	194.3	219.5	231.5
42		110.6	122.9	125	143.6	174	166	185.6	196.4	221.5	233.4
43		117.8	130.3	133	151.7	182	174	194.1	205	230.4	242.4
44		97.7	108.7	110	127	156	148	166.8	176.8	200.7	211.9
45		60.1	68.6	67.1	81.4	108	99.1	116.9	125.2	146.5	156.4
46		34.1	40.9	37.5	49.9	74.7	65.4	82.3	89.5	109	118
47		22.7	28.7	26	39.8	60	55.7	66.9	76.7	101.9	115.6
48		18.5	25.2	25.8	39.5	56.3	55.3	65.8	76.1	101.1	114.8

### Anexo 8. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Pisco

Cuenca Pisco	Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7	160.7
2	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6	160.6
3	160.5	160.5	160.5	160.4	160.5	160.5	160.5	160.5	160.6	160.5	160.5
4	160.7	160.8	160.6	160.6	160.6	160.7	160.8	161	160.8	161.1	161.1
5	161	161.1	160.7	161.2	160.9	161.1	161.4	161.6	161.5	162.4	162.4
6	161	161.1	160.8	161.5	161.2	161.7	161.9	162	162.2	164.8	164.8
7	161	161	161.3	161.6	161.6	162.4	162.4	162.4	163.2	171.5	171.5
8	160.7	161	161.7	161.9	162.2	162.9	162.6	162.7	170.9	197.5	197.5
9	160.5	161	161.7	162.2	162.5	163.3	164.2	169.1	202.4	277.8	277.8
10	160.5	161	161.7	163.1	163	166.6	172.3	196.7	279	449.5	449.5
11	160.8	161.3	161.5	169.5	170.4	186.4	204.3	262.2	427.3	698.3	698.3
12	163.3	164.4	162.1	194.1	202.7	246	286.7	389	667.6	1015.8	1015.8
13	175.4	181.4	173.4	258	285.9	373	440	608.5	1026	1498.3	1498.3
14	216.9	247	235.3	421.9	490.5	648.8	751.7	1035.7	1676	2368.9	2368.9
15	431.1	578.1	617.8	1116.1	1328	1674	1898	2532.8	3783	5034.4	5034.4
16	797.2	1131.5	1285	2229.6	2632	3227	3625	4736.5	6767	8741.3	8741.3
17	835.2	1208.5	1413	2405.3	2781	3404	3827	4962.8	7056	9046.1	9046.1
18	617.2	903	1107	1848.7	2101	2602	2950	3832.3	5549	7114.6	7114.6
19	578.1	827.4	1050	1665.5	1924	2345	2647	3411.3	4901	6271.3	6271.3
20	541.3	778.4	985.9	1492.8	1749	2108	2325	2977.5	4229	5408.8	5408.8
21	496.8	712.2	876.4	1304.1	1516	1833	1984	2541.3	3588	4582.5	4582.5
22	517.1	676.4	829.1	1219.7	1430	1694	1873	2341.9	3283	4188.3	4188.3
23	502.8	613.6	778.1	1095.2	1321	1509	1726	2113.5	2859	3671.4	3671.4
24	432.5	622.5	784.7	1029.2	1244	1394	1591	2030.3	2613	3327.5	3327.5
25	397.5	561.5	798.9	953.2	1135	1255	1436	1791.8	2446	2989.3	2989.3
26	472.7	486.1	815.7	897.8	1113	1183	1390	1585.8	2303	2741.2	2741.2
27	484.1	490.3	740.2	765.9	1037	1050	1225	1489.6	1926	2383.6	2383.6
28	398.6	435.8	548.3	569.9	837.4	825.5	883	1204	1413	1804.5	1804.5
29	302.4	332.5	379	424.7	597.9	603.9	571.8	849.1	1010	1265.2	1265.2
30	250.1	278.7	300.7	353.5	464.3	455.3	460.3	659.8	824.6	1035	1035
31	215	239.7	248.7	293.4	379.8	366.1	379.5	521.4	675	855	855
32	186.3	205.1	210.5	254.3	301.9	300.3	310.5	429.9	558.9	706.2	706.2
33	176.6	192.3	193.4	232.2	275.8	271.3	287.7	387.6	513.7	657.7	657.7
34	164.9	176.4	176.7	211	239.1	245.4	256.2	341.4	457	581.9	581.9
35	161.4	169.9	170.2	201.7	225.5	234.3	250.6	323.1	440.1	561.6	561.6
36	156.8	163.4	162.8	190.9	211.5	222.7	237.6	304.3	415.7	528.1	528.1
37	155.1	160	160.1	187.3	204.7	218.1	235.4	297.2	405.4	512.4	512.4
38	153.4	157.6	156.6	181.5	199	213.7	230.1	288.1	392.4	495.7	495.7
39	152.2	155.3	155.1	179.7	194.2	212.1	227.9	283	385.1	484.1	484.1
40	151.6	154.4	153.4	176.4	192	209.9	225.3	278.5	378	475.7	475.7
41	150.8	152.8	152.5	175.4	188.9	208.6	223.4	274.8	372.7	469.5	469.5

### Anexo 9. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Ocoña

Cuenca Ocoña	Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
	1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1
	2	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1	437.1
	3	437.1	437.2	437.1	437.2	437.2	437.2	437.2	437.3	437.3	437.3
	4	437.6	437.7	437.6	437.8	437.9	438.4	438	438.6	438.9	439.7
	5	438.9	439.6	438.9	439.4	439.8	440.8	439.9	441.5	444.6	453.1
	6	440.5	442	440.4	441	441.7	442.6	442.9	446	461.8	510.3
	7	442	444.6	442.3	443.3	444.6	444.9	447.5	460.9	519.6	647.1
	8	443.2	446.7	444.1	446	451.9	451.2	459.6	503.8	649.9	863.9
	9	444	447.7	445	453.7	468	469.1	492.1	577.3	846.4	1159.1
	10	445	448.5	446.7	471.1	503.2	505.4	556.2	691.1	1087.7	1588.8
	11	446.5	451.9	452.5	500.1	563.1	582.9	659.4	882.3	1454.7	2227.1
	12	451.2	461.6	472.4	565.2	668.4	731.6	836.8	1188	2050.8	3087.7
	13	463.8	490.4	525.2	697.2	882.8	985.8	1164	1680	2944.2	4265.7
	14	497.4	569	648.1	955.3	1249.7	1436	1726	2484	4220.7	5868.3
	15	612.3	802.5	974.1	1559	2027.2	2364	2806	3965	6336.2	8517.2
	16	1066.4	1584.3	2013	3207	4061.1	4731	5463	7410	11033	14310
	17	2231.2	3410.1	4348	6687	8233.8	9509	10727	13998	19750	24890
	18	3708.1	5586.8	7006	10503	12661	14495	16110	20525	28043	34708
	19	4429.6	6563.9	8041	11869	14029	16010	17588	22098	29656	36249
	20	4315.3	6321.3	7606	11135	12954	14812	16120	20163	26826	32525
	21	3891.8	5669.7	6728	9818	11366	12989	14076	17648	23307	28170
	22	3415.8	4957.5	5781	8487	9815.7	11179	12085	15206	19889	24029
	23	3009.3	4306.5	4950	7316	8492.1	9674	10439	13076	16982	20576
	24	2718.1	3755.4	4330	6419	7464.6	8573	9252	11431	14902	18089
	25	2543.3	3353.2	3958	5823	6684.9	7715	8339	10229	13388	16251
	26	2487.7	3084.3	3689	5282	6118.3	7035	7619	9308	12206	14858
	27	2542.4	2885.5	3521	4907	5684.2	6531	7057	8603	11334	13770
	28	2592.7	2634.1	3444	4523	5225.5	5975	6499	7965	10429	12616
	29	2425.3	2268.4	3117	3849	4619.7	5159	5719	6962	8915.4	10871
	30	2010	1842.3	2532	3045	3780.6	4318	4771	5714	7302.7	9174.7
	31	1596.9	1499	2051	2424	3118.5	3584	3971	4806	6112.7	7916.4
	32	1288.4	1291.4	1712	2032	2622.1	2972	3335	4144	5265.5	6833.4
	33	1058.8	1143.5	1452	1822	2277.2	2566	2894	3649	4746.4	6024.5
	34	901.7	1042.5	1298	1725	2068.8	2362	2636	3351	4454.7	5534.6
	35	811.8	994.5	1223	1677	1985.6	2268	2518	3217	4279.6	5270.1
	36	768	976.2	1185	1643	1947	2221	2459	3124	4137.9	5085.4
	37	746.6	964	1161	1617	1916.3	2180	2409	3046	4035	4946.6
	38	735.1	954.8	1148	1602	1903.6	2152	2374	2993	3977.5	4887.9
	39	726.6	949.2	1138	1597	1894.9	2144	2359	2970	3951	4845.4
	40	720.7	945.2	1132	1591	1887.4	2135	2350	2955	3927.7	4811.3
	41	716.7	941.9	1128	1587	1881.6	2129	2343	2942	3908.8	4783.5
	42	714.2	939.4	1126	1584	1876.6	2123	2337	2932	3896.9	4769.8
	43	712.5	937.4	1124	1581	1872.5	2118	2332	2924	3895.2	4767.6
	44	711	935.7	1123	1578	1869.1	2114	2328	2922	3893.4	4765.4
	45	709.9	934.3	1122	1576	1866.1	2111	2327	2921	3891.7	4763.3
	46	709	933.2	1121	1574	1863.5	2108	2325	2920	3890	4761.1
	47	708.2	932.3	1120	1573	1861.2	2107	2324	2918	3888.3	4758.8

**Anexo 10. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Camaná**

Cuenca Camaná										
Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
1	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440
2	440	440	440	440	440	440	440	440	440	440
3	440	440	440	440.1	440.1	440.2	440.2	440.2	440.4	440.5
4	440.3	440.4	440.6	441.1	441.4	441.7	441.8	442.4	443.8	444.7
5	441.1	441.8	442.4	444.5	445.1	446.1	446.6	449	453.4	457.8
6	442.3	443.5	444.8	450.1	449.5	451.4	452.2	456.9	465.3	476.5
7	443.3	444.8	446.4	452.8	451.9	453.5	454.4	460.3	470	499.9
8	444.9	446.9	449.1	452.9	456	457.1	459.1	465.5	481.2	559.5
9	447.1	449.4	452.5	456.6	460.5	461.7	464.6	473	517.1	661.7
10	449.8	452.2	456	459.3	463.7	467.7	467.3	487.3	607.3	812.1
11	452	454.9	458.9	461.2	465.9	475.2	476.5	515.6	761	1037
12	453	457.2	460.7	463.9	471.7	485.4	499.7	560	1004.5	1395.7
13	453.4	459.4	461.5	470.1	488.2	506.1	540.6	658.2	1365.3	1930.1
14	455.1	462.9	463.7	485.7	526.9	561	637	858.8	1894.7	2707.9
15	460.9	472.9	474.4	534.4	626	701.4	850.5	1231.6	2662.8	3836.7
16	478.7	501.9	514	670.2	846.5	1012.9	1283.9	1908.4	3858.7	5549
17	536.5	594.3	641.6	1023.6	1349	1680.5	2136.7	3152.9	5855	8257.7
18	708.6	861.9	1018.5	1850	2434	3045.6	3774.4	5414.3	9241.9	12650
19	1112.9	1458.5	1849.6	3352.8	4307	5291.4	6357.6	8785.8	13982	18560
20	1793.8	2382	3120.7	5300.7	6601	7925.5	9260.6	12319.7	18531.9	23967
21	2581	3369.6	4456.3	7079.9	8570	10129	11558	14855.5	21374	27050
22	3191.8	4123.1	5435.6	8306.7	9865	11554	13021	16375.7	22837.4	28519
23	3425.9	4439.8	5807.3	8722.9	10283	11951	13425	16720	22870.7	28377
24	3273.1	4260.5	5562.2	8264.8	9734	11249	12561	15668.5	21133.3	26100
25	2987.9	3900.7	5087.5	7551.9	8880	10201	11252	14197.3	18980.6	23428
26	2776.4	3626.4	4668.7	6954.8	8184	9341.2	10159	12929.5	17134.4	21312
27	2616.9	3412.1	4307.3	6395.9	7579	8613.7	9320.8	11820.4	15413.3	19491
28	2485.7	3224.7	4038.4	5830.1	6998	7884.5	8583.4	10776.6	13777.9	17599
29	2361.6	3082.4	3806.6	5268.5	6523	7166.5	7869.6	9807.5	12417.5	15802
30	2212.4	2963.2	3553.4	4759.5	6023	6559.7	7110.6	8880.9	11206.6	14171
31	2036.8	2798.8	3254.9	4336.4	5411	6009.4	6380	7971.4	10049.9	12557
32	1827.3	2550.3	2904	3925.1	4782	5353.4	5673.1	7039.2	8906.3	11056
33	1623.2	2282.3	2571.1	3506.7	4200	4656.9	5042.9	6169.7	7932.2	9841.6
34	1462.4	2023.9	2260.3	3130.7	3665	4099.1	4476.8	5484.2	7083.4	8823.6
35	1336.4	1788.3	1980.2	2831.9	3213	3658.2	4019.7	4939.8	6453.4	7978.9
36	1221.4	1598	1775.8	2582.9	2888	3356.6	3677.6	4517.6	5976.1	7354.4
37	1113.4	1441.5	1638.2	2372.2	2661	3113.4	3396	4161.7	5575.7	6865.3
38	1023.3	1311.2	1519.4	2185.7	2478	2884.2	3148.1	3866.7	5213.3	6427.8
39	954.3	1206.4	1412.9	2034.4	2328	2694.8	2943.1	3637.1	4918	6058
40	901.7	1125.5	1333.8	1916.6	2214	2544.5	2785.9	3464.3	4697.1	5781.9
41	864.7	1066.5	1276.9	1827	2126	2431.1	2672.8	3339.5	4544.4	5591.6
42	838.5	1021.7	1235	1760.9	2060	2350	2592.1	3249.5	4438.8	5460.1
43	817	985.3	1203.1	1714.4	2009	2292.7	2530.7	3181	4357.8	5356.2
44	798.5	957.7	1176.8	1677.9	1967	2247.2	2480	3123.3	4288	5269.1
45	782.6	938.2	1152.7	1645.8	1933	2208.5	2440	3076.8	4229	5200.5
46	768	922.5	1132	1619.2	1904	2175.4	2405.5	3034.3	4173.4	5134.1
47	754.4	907.9	1113.4	1595	1877	2144.3	2372.7	2993.8	4120.3	5071.7
48	742	894.7	1096.9	1572.8	1851	2114.9	2342.4	2956	4070.4	5015.2
49	730.6	882.7	1081.8	1552.2	1827	2087.7	2315.1	2921.1	4024.4	4963.6
50	720.1	872	1067.9	1533.7	1805	2062.9	2290.5	2889.1	3982	4917
51	710.9	862.5	1055.3	1517.4	1786	2040.8	2268.5	2860.4	3943.9	4875.8
52	703	854.3	1044.1	1503.3	1770	2021.7	2249.3	2835.3	3910.4	4840
53	696.3	847.3	1034.4	1491.2	1756	2005.2	2232.5	2813.6	3881.4	4809.2
54	690.6	841.2	1026.1	1480.8	1743	1991	2218.1	2794.8	3856.5	4782.5
55	685.8	836	1019	1471.6	1732	1978.6	2205.5	2778.6	3834.9	4759.6
56	681.6	831.4	1012.8	1463.6	1723	1967.8	2194.7	2764.6	3816.3	4740.9
57	678	827.4	1007.3	1456.6	1715	1958.5	2185.8	2753.2	3801	4727.7
58	674.8	823.9	1002.6	1450.9	1709	1951	2179.5	2744.8	3789.8	4720.3
59	672.1	820.8	998.4	1446.7	1704	1945.6	2175.8	2739.9	3783.2	4717.3

### Anexo 11. Hidrograma de avenidas para diferentes periodos de retorno de la Cuenca Caplina

Cuenca Caplina	Duración	TR2	TR5	TR10	TR30	TR50	TR75	TR100	TR200	TR500	TR1000
	1	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	3	1.5	2.9	1.9	2.2	2.2	2.6	1.9	3	3.6	0.8
	4	5.5	9.3	6.1	7.5	7.6	8.2	5.7	11.1	13.5	1.7
	5	13.3	18.3	13.2	15.8	17.2	16.9	12.7	24.9	30.4	7
	6	21.3	26	20.5	23.8	28.1	26.5	20	39.8	46.2	18.7
	7	26.3	30.9	26.2	30.7	38.2	34.6	24.1	50.8	54.3	32.6
	8	28.1	31.1	30.2	35.2	44.2	36.7	25	53.8	54.1	43.5
	9	27	28.1	32.9	35.5	44.7	34.4	27.3	51.4	54.4	52.9
	10	24	22.9	32.5	32.8	40.2	31.1	30.4	51.9	63.7	64.3
	11	19.9	18.5	29.1	31.1	34.3	28.9	34	65	89.7	84.6
	12	16.5	18	25.2	33.3	30.6	30.1	39.2	98	137.9	122.7
	13	15.4	21.7	23.5	40.5	33.8	35.7	45.3	155	219.3	196.9
	14	17.4	27.9	26.6	57.8	53.9	54.2	65.6	255.8	365.2	352.8
	15	27.1	49.5	54.9	145	165	167	191	540.1	769	828.8
	16	46	98.8	126	330.4	399	420	473	1044	1479	1687.5
	17	67.6	156.8	212	524.7	640	695	780	1516	2144	2505
	18	81.6	186.1	268	600.3	742	821	924	1666	2358	2795.3
	19	91.3	182.2	291	558.3	732	808	904	1545	2195	2654.9
	20	105	165.9	294	444.8	666	725	784	1251	1811	2237.6
	21	127	172.8	293	374.9	631	666	690	994.3	1474	1834.1
	22	151	204.8	276	357.7	616	631	621	823.5	1206	1462
	23	172	242	244	344.3	568	603	571	707.7	1005	1146.1
	24	189	271.4	236	318.3	469	549	549	608.7	876.3	940
	25	201	288.4	261	321.6	375	478	545	492.6	753.8	832.4
	26	207	298.4	307	364.2	330	463	564	379.6	618.1	798.8
	27	202	293.2	332	409.3	341	484	597	300.4	464.4	827
	28	176	259.3	306	395	340	475	560	242	324.5	809.6
	29	134	199.2	239	312.6	283	393	455	183.5	216.3	673.7
	30	91.4	136.6	164	215.7	203	274	318	127.2	139.3	490.4
	31	57.7	86	103	135.4	127	171	198	79	94.2	305
	32	36.8	54.6	65.4	85.4	79.5	108	125	66.4	93.7	189.4
	33	23.7	35	41.8	54.6	51.1	69	79.7	66.1	93.2	121.3
	34	15.2	22.3	26.6	34.5	32.2	43.6	50.4	65.7	92.7	111.3
	35	9.8	14.4	17	24	29.6	32.8	36.9	65.4	92.2	110.7
	36	8.3	11.9	13.3	23.9	29.4	32.6	36.7	65	91.8	110.2
	37	8.2	11.8	13.2	23.7	29.2	32.4	36.5	64.7	91.3	109.6
	38	8.2	11.8	13.1	23.6	29.1	32.3	36.3	64.3	90.8	109
	39	8.1	11.7	13.1	23.5	28.9	32.1	36.1	64	90.3	108.4
	40	8.1	11.7	13	23.4	28.8	31.9	35.9	63.7	89.8	107.8
	41	8	11.6	12.9	23.2	28.6	31.7	35.7	63.3	89.3	107.3
	42	8	11.5	12.9	23.1	28.5	31.6	35.5	63	88.9	106.7
	43	7.8	11.3	12.6	22.7	27.9	31	34.9	62.5	88.4	105.1
	44	7.8	11.2	12.5	22.6	27.8	30.8	34.7	62.1	87.9	104.5
	45	7.8	11.2	12.4	22.4	27.6	30.6	34.5	61.8	87.4	104
	46	7.7	11.1	12.4	22.3	27.5	30.5	34.3	61.5	87	103.4
	47	7.7	11	12.3	22.2	27.3	30.3	34.1	61.1	86.5	102.9
	48	7.6	11	12.2	22.1	27.2	30.1	33.9	60.8	86	102.3