



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Modelamiento hidrológico e hidráulico bidimensional para la  
identificación de zonas inundables aguas arriba del puente Tambo  
Grande del río Piura

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniería Civil**

**AUTORA:**

Cotrado Apaza, Naty Yobana (ORCID:0000-0003-3243-4957)

**ASESOR:**

Mg. Arevalo Vidal, Samir Augusto (ORCID:0000-0002-6559-0334)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

**LIMA- PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

Con cariño y gratitud eterna a mis queridos padres: Eloy y Filomena, a mis queridos padres políticos: Julio y Valentina (†).

Con inmenso cariño a mi esposo, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi vida.



## **Agradecimiento**

A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Privada César Vallejo por haber aceptado ser parte de ella.

Al Mg. Arevalo Vidal, Samir Augusto quien con su apoyo confianza y generosidad me ha orientado en el desarrollo de la presente investigación.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra forma me acompañaron e hicieron posible la realización de este trabajo de investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización.....	22
3.3. Población, muestra y muestreo.....	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimientos.....	24
3.6. Método de análisis de datos.....	28
3.7. Aspectos éticos.....	29
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>30</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>49</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>53</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>55</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>62</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas de ubicación geográfica (WGS-84) .....	30
Tabla 2. Demarcación Hidrográfica .....	30
Tabla 3. Resumen de parámetros morfométricos .....	32
Tabla 4. Ajuste de precipitaciones máximas en 24 horas a diferentes periodos de retorno .....	33
Tabla 5. Precipitaciones máximas en 24 horas y precipitación de diseño para las subcuencas.....	35

## Índice de figuras

Figura 1. Diagrama del desbordamiento de un río.....	9
Figura 2. Ciclo hidrológico.....	10
Figura 3. Diagrama de cuenca hidrográfica.....	11
Figura 4. Formas de la cuenca.....	12
Figura 5. Influencia de la forma de la cuenca en el hidrograma de salida.....	12
Figura 6. Ejemplos de índices de compacidad.....	13
Figura 7. Tipos de curva hipsométrica.....	13
Figura 8. Cuenca como sistema hidrológico .....	14
Figura 9. Principios de análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca....	16
Figura 10. Componentes del hidrograma.....	17
Figura 11. Esquema general del modelamiento hidrológico (HEC HMS) .....	18
Figura 12. Ubicación del área de estudio.....	31
Figura 13. Isoyetas de precipitación máxima en 24 horas.....	34
Figura 14. Perfil de la tormenta máxima SB1-TR=10 años.....	35
Figura 15. Hietograma de precipitación de diseño para SB1-TR=10 años.....	36
Figura 16. Topología de la cuenca de estudio.....	36
Figura 17. Caudal máximo - TR 10 años.....	37
Figura 18. Hidrograma simulado - TR 10 años.....	37
Figura 19. Caudal máximo - TR 50 años.....	38
Figura 20. Hidrograma simulado - TR 50 años.....	38
Figura 21. Caudal máximo - TR 100 años .....	38
Figura 22. Hidrograma simulado - TR 100 años.....	39
Figura 23. Tratamiento de nube de puntos Lidar (a) puntos atípicos (b) clasificación de puntos (c) MDS (d) MDT.....	40
Figura 24. Secuencia temporal del tirante de agua para TR=100 años.....	41
Figura 25. Secuencia temporal de velocidades de agua para TR=100 años.....	42
Figura 26. Tirante de agua para diferentes periodos de retorno.....	44
Figura 27. Velocidad de agua para diferentes periodos de retorno.....	45
Figura 28. Detalle del nivel de agua a la altura del puente y zona urbana Tambo Grande - TR=10 años.....	46

Figura 29. Detalle del nivel de agua a la altura del puente y zona urbana Tambo Grande - TR=50 años.....	46
Figura 30. Detalle del nivel de agua a la altura del puente y zona urbana Tambo Grande - TR=100 años.....	47
Figura 31. Extensión del área de inundación - TR=10 años.....	47
Figura 32. Extensión del área de inundación - TR=50 años.....	48
Figura 33. Extensión del área de inundación - TR=100 años.....	48

## Resumen

El trabajo de La investigación tiene como objetivo, identificar zonas de inundación para diferentes periodos de retorno, la investigación es de tipo aplicada de enfoque cuantitativo y diseño no experimental, el estudio hidrológico se realizó en la cuenca del río Piura hasta el puente Tambo Grande, y el estudio hidráulico se simulo en 10.5 km aguas arriba del puente. Los resultados obtenidos para los periodos de retorno de TR10, TR50 y TR100 años fueron de 1736.2 m<sup>3</sup>/s, 3483.5 m<sup>3</sup>/s y 4299.7 m<sup>3</sup>/s respectivamente, estos fueron validados con información de caudales máximos instantáneos de la estación hidrométrica Tambo Grande del registro de 1925 a 2008 (TR50 = 3483.5 m<sup>3</sup>/s, TR100 = 4299.7 m<sup>3</sup>/s) presentando un error menor a 5%, por otro lado, los resultados del modelamiento hidráulico son los siguientes; tirantes máximos alcanzados 6.526 m, 7.912 m y 8.321 m de profundidad, respecto a velocidades máximas se registraron valores de 4.58 m/s, 6.82 m/s, y 7.72 m/s, finalmente la extensión de las zonas de inundación para el caso de TR10 es de 480.15 has, para TR50 es de 624.34 has y para TR100 es de 641.51 has. Los resultados obtenidos son la base para una correcta planificación de obras hidráulicas.

**Palabras clave:** Modelamiento hidráulico, Hidrograma, Inundación, IBER, HEC-HMS.

## Abstract

The objective of the research work is to identify flood zones for different return periods, the research is of an applied type with a quantitative approach and non-experimental design, the hydrological study was carried out in the Piura river basin up to the Tambo Grande bridge, and the hydraulic study was simulated 10.5 km upstream of the bridge. The results obtained for the return periods of TR10, TR50 and TR100 years were 1736.2 m<sup>3</sup>/s, 3483.5 m<sup>3</sup>/s and 4299.7 m<sup>3</sup>/s respectively, these were validated with information on maximum instantaneous flows from the Tambo Grande hydrometric station of the registry of 1925 to 2008 (TR50 = 3483.5 m<sup>3</sup>/s, TR100 = 4299.7 m<sup>3</sup>/s) presenting an error of less than 5%, on the other hand, the results of the hydraulic modeling are the following; maximum depths reached 6,526 m, 7,912 m and 8,321 m deep, with respect to maximum speeds values of 4.58 m/s, 6.82 m/s, and 7.72 m/s were recorded, finally the extension of the flood zones for the case of TR10 it is 480.15 hectares, for TR50 it is 624.34 hectares and for TR100 it is 641.51 hectares. The results obtained are the basis for a correct planning of hydraulic works.

**Keywords:** Hydraulic modeling, Hydrograph, Flood, IBER, HEC-HMS.

## I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, con el cambio climático y el calentamiento global, los desastres naturales han alcanzado escalas más desastrosas y catastróficas (Hall et al, 2015; Trambly et al, 2021). Muchos patrones de desastres naturales se han diversificado y modificado bajo la presión del cambio climático (Yoon et al, 2014; Amiar, Bouanani, Baba-Hamed y Belarbi, 2020). Entre ellos el ciclo hidrológico ha cambiado drásticamente en su extensión espacial, duración y frecuencia (IPCC, 2017), muchas publicaciones científicas respaldan la ocurrencia de desastres relacionados con el clima (p. Ej. Principalmente inundaciones, tormentas severas, ciclones, tifones, sequías) (Ahmadi et al, 2019), los fenómenos de inundaciones son el desastre natural más extendido, frecuente y costoso para las sociedades humanas (Banholzer et al, 2017) y es el peligro natural más común y el tercero más dañino a nivel mundial después de las tormentas y terremotos (Muhammad y Piracha, 2021).

A nivel internacional, las inundaciones se encuentran entre los peligros naturales más devastadores y recurrentes los cuales generan grandes pérdidas económicas, infraestructura y vidas humanas en todo el mundo, por ejemplo, dos eventos ocurridos en EE.UU. (inundación del río Mississippi en 1927 y del río Columbia en 1948) y un evento en China (río Yangtzé) cobraron más de 3.5 millones de vidas humanas a consecuencia de la inundación y posterior a los eventos ocurridos generó hambruna (O'Connor, 2004; Yang et al, 2021).

En el ámbito nacional, en Perú se produjeron cerca de 5 mil emergencias por ocurrencia de lluvias torrenciales, desbordamientos de ríos, inundaciones, deslizamientos, derrumbes y tormentas entre los años 2003 al 2008 (INDECI, 2019); los mayores impactos se registraron por la ocurrencia del fenómeno El Niño (FEN); en los años 1925, 1982-1983, 1987-1998 y 2016-2017; estos eventos ocurridos son catalogados en la historia del territorio peruano como los más destructivos (French y Mechler, 2017). Existen pérdidas significativas como la pérdida de vidas humanas, la pérdida de viviendas, daños a la infraestructura pública y privada como carreteras, puentes y otros (INDECI, 2017). Las pérdidas económicas debido a las lluvias torrenciales se estiman en 3.1 mil millones USD



(León y Kraul, 2017), y la cantidad de personas a nivel nacional sobrepasa los 1.1 millones que fueron gravemente afectados y damnificados por estos eventos.

En el ámbito local, la región de Piura es el más afectado ante eventos extraordinarios del FEM (Takahashi y Martínez, 2017). La Cuenca Piura es una de las cuencas del Océano Pacífico más vulnerable a eventos climáticos extremos, debido a las alteraciones atmosféricas que ocurren en el Pacífico ecuatorial central y occidental, donde se presentaron inundaciones inesperadas en los años 1982 - 1983, 1997-1998 y 2016-2017. El Instituto Nacional de Defensa Civil de Perú (INDECI) reportó 21,412 viviendas destruidas; 83,957 afectada; 1071 Instituciones educativas entre afectados, destruidos e inhabilitados desde diciembre del 2016 a marzo del 2017.

Tambo Grande es uno de los distritos que frecuentemente es afectado por las inundaciones del río Piura, durante el último FEM ocurrido en el año 2017, el distrito vivió una situación crítica por las pérdidas de cientos de hectáreas de cultivo agrícola, daños en la zona urbana, destrucción de vías de acceso, colapso de infraestructura de riego entre otros daños. Queda claro que las obras hidráulicas, las vías de acceso son costosas, en la mayoría de las ocasiones son pagadas por el tesoro público y al quedar fuera de operación se ocasiona una pérdida para todos los ciudadanos, es decir para la nación. Lo anterior muestra un problema económico, ambiental y social que debe ser atendida para evitar mayores impactos y posiblemente daños irreversibles, esto justifica el desarrollo de la presente investigación con la finalidad de identificar áreas expuestas a inundaciones para distintos periodos de retorno, el cual será de mucha importancia como un instrumento de gestión para la intervención tanto del gobierno local, regional y nacional para planificar proyectos de carácter hidráulico (protección), para generar mapas de riesgo y de esta manera evitar construir viviendas o desarrollar actividades agrícolas en zonas de alto riesgo de inundación.

Con respecto a la realidad problemática expuesta, al concluir la presente investigación, me permitiré responder las siguientes interrogantes, problema general; ¿Cuáles serán las áreas afectadas por la inundación para diferentes períodos de retorno?, problemas específicos: ¿Cuáles son los hidrogramas de salida para los periodos de retorno  $TR = 10$ ,  $TR=50$ ,  $TR= 100$  años?, ¿Cuáles son

los tirantes y velocidades de las zonas sometidas a inundaciones ante avenidas máximas probables?

En razón de lo expuesto en líneas arriba, los objetivos que se persiguen alcanzar con el desarrollo del presente trabajo de investigación son los siguientes, objetivo general: identificar zonas de inundación para diferentes periodos de retorno aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura y como objetivos específicos: realizar el modelamiento hidrológico para la estimación de hidrogramas de salida y realizar el modelamiento hidráulico bidimensional aguas arriba del puente Tambo Grande.

Como solución adelantada al problema de investigación se tiene las siguientes hipótesis; hipótesis general: existen grandes extensiones de campos de cultivo, vías de acceso y área urbana afectados por las inundaciones del periodo de retorno TR-50 y TR-100 y como hipótesis específicas: el modelamiento hidrológico permite obtener los hidrogramas de salida para los diferentes periodos de retorno mientras tanto, el modelamiento hidráulico permite determinar los parámetros hidráulicos (tirante y velocidad) y las zonas de inundación.

## II. MARCO TEORICO

### **Como antecedentes en el ámbito nacional se tienen los siguientes:**

(Orellana 2021), el objetivo de la investigación fue desarrollar el modelamiento hidrológico e hidráulico para la cuenca del río Piura con fines de proponer medidas para controlar los daños que pudieran ocasionar los eventos extraordinarios. El estudio fue de tipo aplicada y no experimental. Los instrumentos utilizados o empleados para el estudio fueron fichas de recolección de datos, logrando con estos recopilar registros históricos de 18 estaciones pluviométricas, 03 estaciones hidrométricas, data PISCO entre otra información que fue utilizada para las diferentes etapas de la investigación. Entre los principales resultados obtenidos se pueden mencionar los siguientes, las inundaciones que se registraron durante el año 2017 estaban asociados a un tiempo de retorno de 25 años, por otro lado, las áreas más vulnerables a las inundaciones fueron identificados aguas arriba del puente Avelino Cáceres exactamente en la margen derecha donde se encuentran diferentes urbanizaciones, así mismo de la evaluación de peligrosidad indican que un evento máximo de un TR 50 años la vida de las personas que habitan al margen del río Piura están en peligro. Concluyen que, para mitigar o controlar los daños que pudiera ocasionar las inundaciones es necesario implementar medidas estructurales en los tramos más críticos del río Piura.

Gomero (2019), el objetivo de la investigación fue determinar las áreas susceptibles ante eventos de inundación del río Pisco para distintos periodos de retorno. El estudio fue de tipo aplicada y no experimental. La población de estudio estaba conformada por los distritos de Tupac Amaru y San Clemente exactamente entre las progresivas 6+500 a 7+900. Los instrumentos empleados fueron fichas de recolección de datos y cuestionarios. Los resultados obtenidos de la parte del modelamiento hidrológico fue los hidrogramas y caudales máximos para los periodos de retorno 10, 25, 50, 100 y 500 años, los caudales máximos asociados a cada uno de estos periodos de retorno fueron de 494.5 m<sup>3</sup>/s, 661.2 m<sup>3</sup>/s, 785.8 m<sup>3</sup>/s, 909.3 m<sup>3</sup>/s y 1238 m<sup>3</sup>/s respectivamente, por otro lado, con respecto a los resultados de la parte del modelamiento hidráulico obtuvo de manera espacial los parámetros hidráulicos de velocidades y tirantes, además cuantifico el área ocupada por la inundación y el desborde de cada periodo de retorno siendo así de

43,442.09 m<sup>2</sup> para el TR500, 20,617.45 m<sup>2</sup> para el TR100, 12,470.73 m<sup>2</sup> para el TR50, 5004.0 m<sup>2</sup> para el TR25 y TR10 no genera desbordamiento alguno. Como principales conclusiones menciona lo siguiente; en ninguno de los diferentes escenarios simulados las áreas urbanas tanto Tupac Amaru como San Clemente son afectados por las inundaciones, por otro lado, para las áreas de cultivo que si se ven afectados recomiendan implementar estructuras hidráulicas de protección en una longitud de 900 metros a partir del TR25 hacia adelante con el cual se lograra proteger las áreas que se mencionan líneas arriba.

#### **Antecedentes a nivel internacional:**

Trabajo de investigación de Poudel, Basnet y Sherchan (2021), denominada Modelado hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones: caso estudio para la captación Modi Nepal, tuvieron con objetivo identificar áreas susceptibles a inundaciones alrededor de la Captación Modi. Para lograr este objetivo desarrollan un modelo hidrológico lluvia-escorrentía (HEC-HMS) y el sistema de análisis del río Modi (HEC RAS). En este estudio, utilizaron los datos de precipitación de siete estaciones meteorológicas ubicados dentro de la cuenca del río Modi. El desempeño del modelo durante la calibración fue muy bueno, con el coeficiente de determinación  $R^2 = 0.81$ , Eficiencia Nash-Sutcliffe  $NSE = 0.78$ . el modelo HEC-HMS realizó una predicción satisfactoria del flujo de agua en la Cuenca de Modi. Además, obtuvieron las áreas inundadas y los niveles máximos de agua proporcionado por HEC RAS durante los diferentes periodos de retorno de 10, 50, 100 y 150 años.

Trabajo de investigación de Basso (2017), tuvo como objetivo cuantificar las inundaciones del río Blanco de la zona urbana de Chaiten en la región de Los Lagos - Chile. Metodología de investigación es de tipo aplicada, la técnica de recolección de datos de precipitaciones máximas anuales de 24 horas de la estación Chaiten de la dirección meteorológica de Chile (DMC), Para alcanzar los objetivos empleo el modelo hidrológico HEC- HMS obtienen el hidrograma de crecida de caudales para los periodos de retorno de 30 y 100 años de 285.4 m<sup>3</sup>/s alcanza el caudal máximo a los 135 minutos y 378.3 m<sup>3</sup>/s a los 135 minutos después de haber iniciado la tormenta, también empleo el modelo hidrodinámico haciendo uso del software Iber , donde ingreso la información de datos topográficos en forma de modelo digital

de terreno (DMT), hidrogramas de caudales máximos, coeficiente rugosidad del suelo, los resultados obtenidos mostraron los distintos escenarios de simulación para periodos de retorno de 30 y 100 años para las zonas norte y sur de ciudad de Chaiten, donde concluye que la zona sur será el más afectado ante avenidas extremas alcanzando niveles altos de tirantes de agua y velocidades estos es debido a la falta de muros de protección sin embargo en la zona norte la existencia del muro de protección los impactos son mucho menores en comparación con la zona sur .

#### **Artículos científicos internaciones:**

Martins, Gomes y Pinto, (2018) tuvieron como objetivo aplicar la modelización hidráulica a la zona inundada de la ciudad de Amarante al norte de Portugal, frecuentemente afectada por inundaciones, pertenece a la cuenca del río Tamega con una extensión de 3314,77 km<sup>2</sup>, y el río Tamega, con una corriente de 187,59 km aproximadamente, trabajaron con datos de registros de eventos extremos desde el siglo XVII, específicamente con registros históricos desde 1699. El área elegida para la modelización hidráulica de 580 m del río Tamega su paso por el centro urbano de Amarante. La modelización numérica bidimensional Iber, permite simular el comportamiento del flujo para diferentes periodos de retorno (10, 100 y 500 años), los resultados obtenidos muestran la extensión máxima de las inundaciones de 72 488,1 m<sup>2</sup> para un periodo de retorno de 10 años, 84 232,5 m<sup>2</sup> para un periodo de retorno de 100 años y 90 162,8 m<sup>2</sup> para 500 años, la profundidad del agua fuera de la orilla puede llegar a los 4 metros para un periodo de 100 años. Se concluyó como un aporte al estudio de las inundaciones permite conocer las zonas de mayor peligro y la toma de decisiones en mediadas con la planificación de emergencias.

Según el artículo de Thanh y Smedt (2017), presentan una combinación de modelo hidrológico e hidráulico para la predicción de inundaciones en Vietnam aplicado a la cuenca del río Huong. Para la simulación de inundaciones logran combinar un modelo hidrológico WetSpa para predecir la generación y propagación de los flujos de inundación en las subcuencas superiores y el modelo hidráulico del sistema de análisis fluvial con HEC-RAS donde aplicaron la simulación el flujo de inundación y

niveles de inundación en la llanura de inundación río abajo, ambos modelos demuestran que predice los niveles de inundación con precisión.

Artículo de científico de Khan, Pathan y Agnihotri (2020) tuvieron como objetivo analizar el comportamiento del flujo inestable e identificar zonas de inundaciones utilizando el modelo hidrodinámico bidimensional de HECRAS 5.0.1, en la cuenca del río Purna en la región Navsari – India un tramo de río de 20 km, para eventos de inundación en 1976 y 2004, los resultados obtenidos del análisis de simulación donde los parámetros hidráulicos para el año 1976 tienen una profundidad de inundación es 20.55 m, velocidad de flujo 3.13 m/seg y para el año 2004 se tiene profundidad de inundación de 23.56 m, velocidad de flujo de 2.57 m/seg, concluyeron la información obtenida del modelamiento puede ayudar para demarcar zonas seguras y vulnerables en función de la extensión de la inundación.

#### **Artículos científicos en otros idiomas**

Hatta, Fadlin, Harun, Elfita y Renreng, (2021), They carried out a scientific article in the city of Massamba, it is a district of Nort Luwu - Indonecia where it is continuously flooded by the Massamba river, generating large economic losses and human lives. They aimed to analyze and understand the July 2020 flood events using the HEC-RAS two-dimensional (2D) numerical model. The study was of the applied and non-experimental type. The data they used are: hydrological records, digital elevation model, discharge flows, satellite images. They obtained good results when comparing with the satellite images of flood events with coefficient of determination  $R^2$  83.66%. The simulation results show a depth 3.88 m, speed 2.4 m/s and a flood area of 2.3 square kilometers.

Article scientifique de Bergui (2018), visant à identifier les zones inondables dans le bassin de l'Ardèche – France. L'étude était de type appliqué et non expérimental. La zone d'étude est l'Ardèche. Pour atteindre l'objectif, il a été développé en deux étapes, la première effectue la modélisation hydrologique où les débits de crue ont été obtenus pour différentes périodes de retour en utilisant la méthode SPEED, une méthode probabiliste développée par SOGREAH/ARTELIA adaptée aux grands bassins hydrographiques. Dans un deuxième temps, le modèle hydraulique a obtenu les paramètres hydrauliques niveau d'eau, vitesses de la rivière Ardèche à l'aide du logiciel HEC-RAS unidimensionnel et de la simulation CARIMA Pseudo

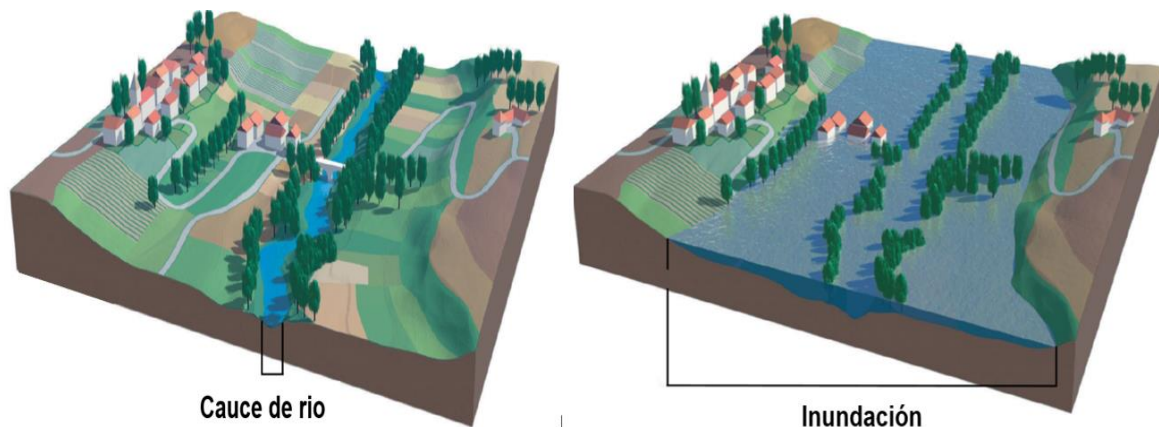
2D. Les résultats obtenus à partir de la simulation ont été cartographiés à l'aide de MapInfo, obtenant les zones de risque faible, moyen et élevé.

Omena, Duda, Bazilio, Oliveira e Uvo (2015), realizaram uma análise das inundações ocorridas entre os estados de Alagoas e Pernambuco - Brasil, causadas por chuvas extraordinárias na bacia do rio Manduu. O objetivo foi gerar mapas de áreas suscetíveis a inundações por meio de modelos hidrológicos e hidráulicos (MGB-IPH/HEC-RAS) para diferentes períodos de retorno. Eles trabalharam com informações meteorológicas de 13 estações, modelo digital de elevação e rugosidade da área de estudo. A metodologia de pesquisa é do tipo aplicada focada em eventos de inundação. Quanto à calibração e validação do modelo hidrológico, foram adequados. O modelo hidráulico foi adequado nas marcas de cheias do ano de 2010 tanto na zona rural  $R^2 = 0,99$ ;  $RMSE = 1,41$  me  $CV (RMSE) = 0,04$ . No entanto, na localização de áreas urbanas distantes do rio, encontraram uma superestimação, o que conclui a necessidade do uso de Modelos Digitais de Superfície de maior resolução. Os resultados para eventos de inundação com tempo de retorno superior a 50 anos apresentam grande potencial de danos (inundações superiores a  $0,46 \text{ km}^2$  na área urbana). Eles obtiveram os mapas de áreas inundáveis

### **Marco teórico**

**Inundación** es una condición de cambio debido al aumento de flujo y el aumento del nivel en una corriente provocado por la falta o insuficiencia de drenaje pluvial natural o artificial (Unes et al, 2020). Las predicciones precisas de los picos de inundación, el conocimiento de las características morfológicas y un enfoque de modelado basado en eventos se describe como soluciones matemáticas para una predicción más precisa de patrones espaciotemporales a gran escala de dinámica de inundación (Nile, 2018). Existe varios tipos de inundación:

- Crecidas lentas o crecidas en llanura: se presentan en ríos grandes cuando sale lentamente de su cauce menor e inunda la llanura durante un período relativamente largo. Los volúmenes y caudales de agua son considerables.
- Crecidas rápidas: Se caracterizan por un tiempo de subida del agua inferior a doce horas, pueden alcanzar caudales elevados.



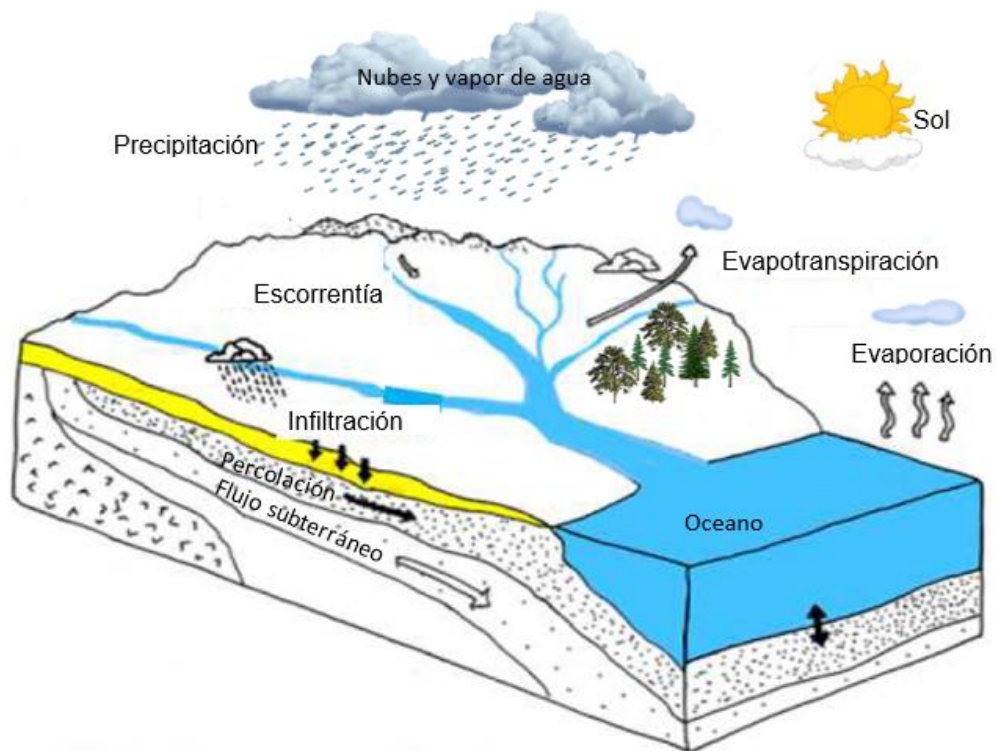
*Figura 1. Diagrama del desbordamiento de un río*

Fuente: Adaptado de Rebolho (2018)

- Crecidas torrenciales o repentinas: se presentan en cuencas pequeñas donde la pendiente y la impermeabilización favorecen a la escorrentía se dan en tormentas localizadas donde el tiempo de subida es muy corto.
- Escorrentías urbanas: La red de drenaje pluvial puede generar caudales importantes y a menudo crecidas rápidas en las calles.
- Inundaciones por ascenso del nivel freático: se presenta cuando el nivel freático puede subir y se producen inundaciones espontáneas. Este fenómeno afecta a tierras bajas o mal drenadas. Su dinámica de flujo es lenta dura varias semanas.

**La hidrología** es un tema que se ocupa de todas las fases de agua del mundo (Chow et al., 1988) y las interacciones de sus componentes son complejas dentro del sistema hidrológico. El sistema hidrológico se puede definir como un conjunto de procesos físicos, químicos y/o biológicos que actúan sobre una variable o variables de entrada, para convertirlas en una variable de salida. Este proceso de conversión continuo se puede llamar ciclo hidrológico que es el ciclo de transferencia de agua que ocurre continuamente en la naturaleza. Las fases importantes del ciclo hidrológico son: precipitación, escorrentía, evaporación, infiltración, evapotranspiración (Chow, Maidement y Mays, 1994).





*Figura 2. Ciclo hidrológico*

Fuente: Adaptado de Koutsoyiannis (2020)

La caracterización de la cuenca implica la comprensión de sus formaciones geomorfológicas, los cuales dependen de la relación entre precipitación, infiltración y escorrentía.

Cuenca hidrográfica se define como el área del terreno que conduce al flujo superficial hacia una red fluvial o punto de drenaje (Aparicio 1992, Chow y col., 1988; Linsley y col., 1949).

Las subcuencas se definen como un área que es drenada por un afluente o alguna porción definida de un arroyo. La Figura 3 se ilustra cómo fluye el agua dentro de una cuenca. Los procesos naturales y los procesos antropogénicos pueden tener como resultado impactos en las características, áreas y funciones hidrológicas de una cuenca (Chow y col., 1988; Linsley y col., 1949).

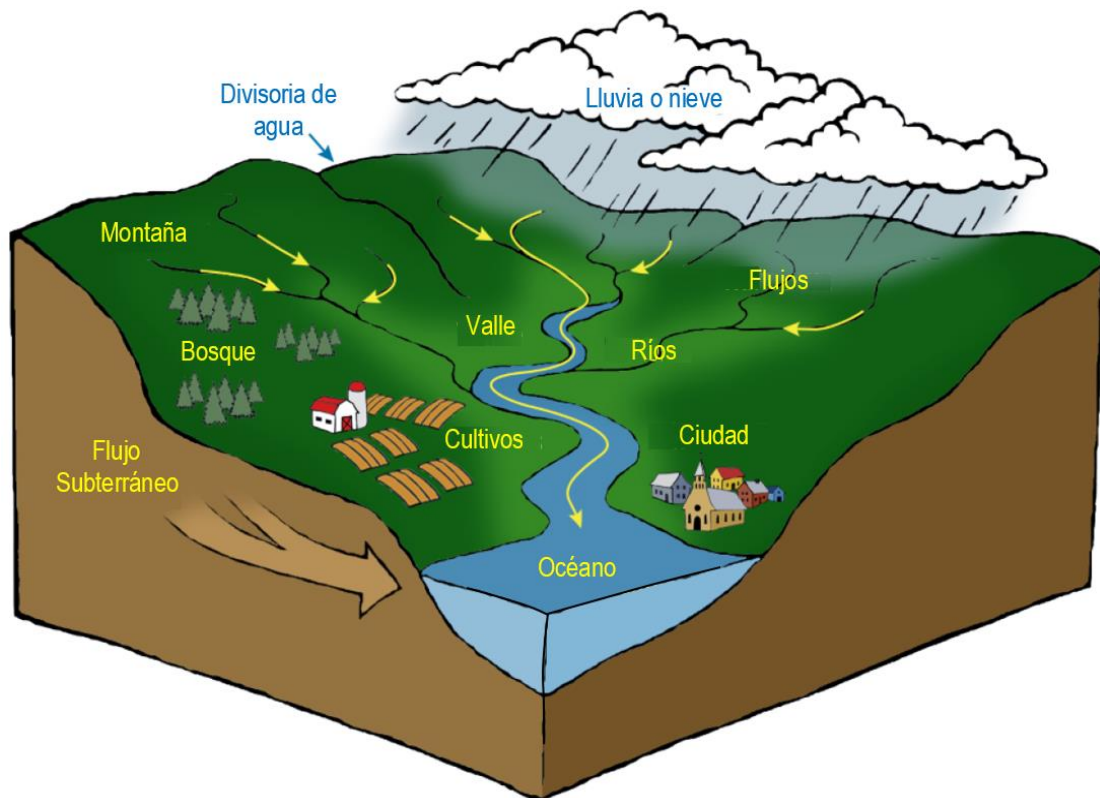


Figura 3. Diagrama de cuenca hidrográfica

Fuente: Adaptado de Fiala (2021)

Según Kouedjou y Banimb (2021), los parámetros morfométricos es el estudio de las características de forma, relieve y drenaje de una cuenca que permiten conocer las particularidades físicas del área, el tiempo de respuesta ante eventos de lluvia, la vulnerabilidad al riesgo hidrológico, de igual manera permite comprender mejor la funcionalidad hidrológica entre otros aspectos. Actualmente se cuenta con diferentes herramientas SIG que facilitan obtener de manera automatizada los diferentes parámetros morfométricos haciendo uso de modelos de elevación digital, de igual manera este proceso se puede realizar de forma manual sin embargo este último toma más tiempo en realizar el trabajo (Medeiros et al., 2019; Kabite y Gessesse, 2018; Rai et al., 2017). Los principales parámetros morfométricos se mencionan a continuación:

**Factor de forma:** este coeficiente se define por la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud axial del curso de agua principal. Es un parámetro adimensional que indica si la cuenca es de forma redondeada o alargada (Kouedjou y Banimb, 2021).

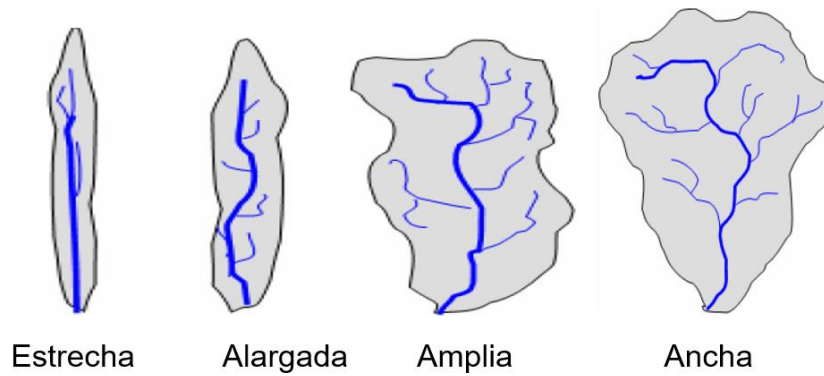


Figura 4. Formas de la cuenca

Fuente: Adaptado de Ramanarivo (2015)

Este parámetro según la forma de la cuenca como se presenta en la figura 4 influye en el comportamiento del hidrograma de salida, esto se puede visualizar en la figura 5.

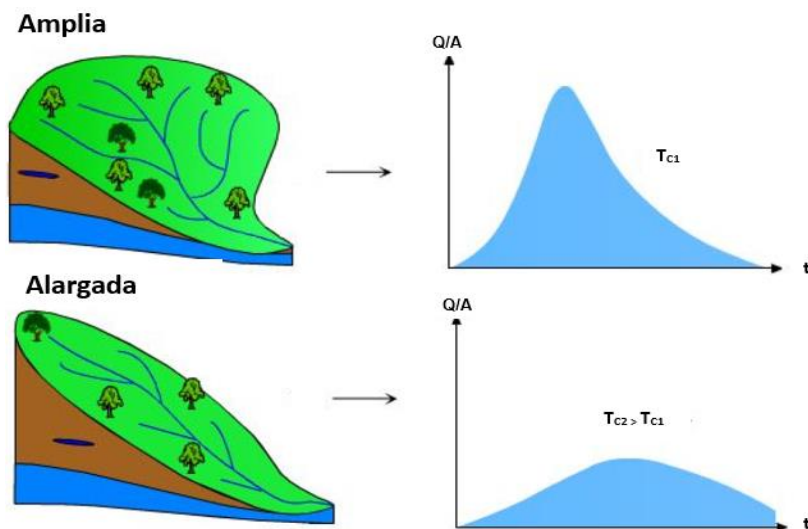


Figura 5. Influencia de la forma de la cuenca en el hidrograma de salida

Fuente: Adaptado de Ramanarivo (2015)

**Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius  $K_G$** , definido como la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro del círculo que tiene la misma superficie (Kouedjou y Banimb, 2021):

$$k_G = \frac{P}{2 \cdot \sqrt{\pi} \cdot A} = 0.28 \cdot \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:  $k_G$  es el índice de compacidad de Gravelius, A es el área de la cuenca, P es el perímetro de la cuenca. ( $k_G$  cercano a 1 es una cuenca con forma casi circular y  $k_G$  mayor a 1 la cuenca es alargada)

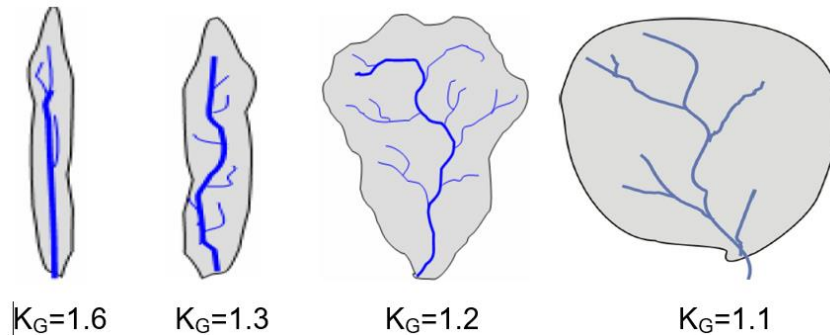


Figura 6. Ejemplos de índices de compacidad

Fuente: Adaptado de Ramanarivo (2015)

**Curva hipsométrica** proporciona una visión sintética de la pendiente de la cuenca y, por tanto, del relieve. Esta curva representa la distribución de la superficie de la cuenca según su altitud (Ahmed, Abdellah, Lahcen and Mourad, 2016).

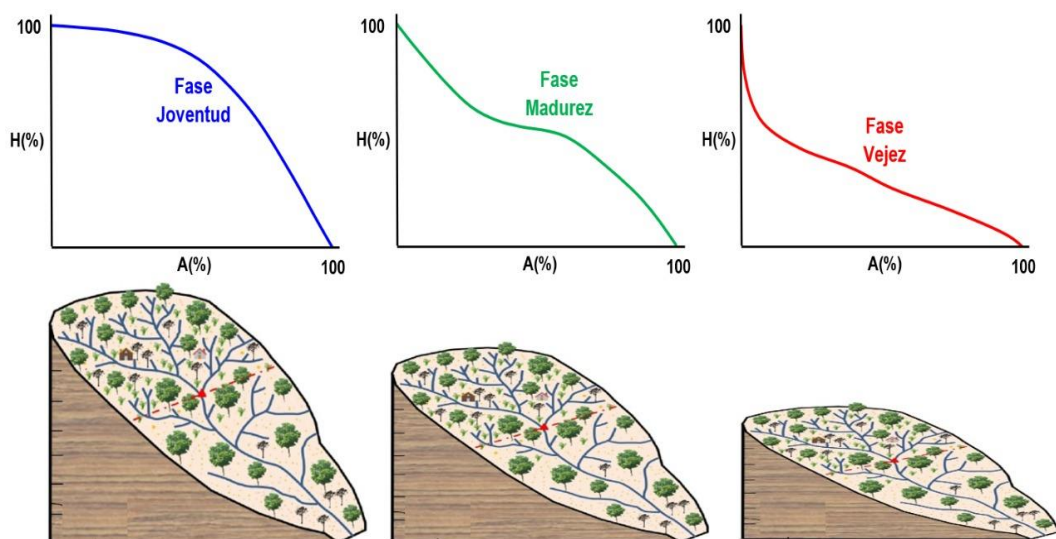
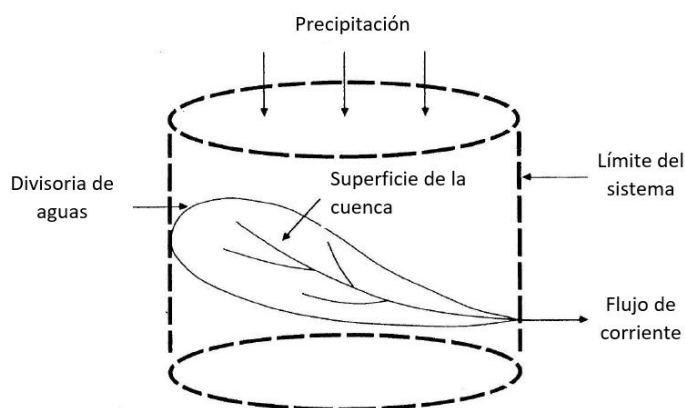


Figura 7. Tipos de curva hipsométrica

Fuente: Adaptado de Rahaman (2021)

El funcionamiento hidrológico de una cuenca es altamente complejo y heterogéneo que incluye multitud de procesos que operan a escalas espacio-temporales. Por lo tanto, la modelización hidrológica es solo una representación simplificada del sistema físico permite simular el comportamiento hidrológico de un área de

captación a partir de ecuaciones matemáticas. Hay dos familias principales de modelos, modelos deterministas que asumen que las variables de entrada y los parámetros del sistema son perfectamente determinables, y modelos estocásticos basados en distribuciones de probabilidad de los parámetros del sistema (Jourdan, 2019).



*Figura 8.* Cuenca como sistema hidrológico

Fuente: Adaptado de Chow et al. (1988)

Se han propuesto metodologías para inferir la escorrentía de la precipitación que es aplicable a cuencas no calibradas. Estos procedimientos se conocen como modelos de lluvia-escorrentía. Para su estudio se clasifican según la información que requieren de la siguiente manera: (a) Empíricos, son de dos tipos, uno solo necesita las características fisiográficas de la cuenca y el otro, además de las características, datos de precipitación. (b) Hidrograma unitario, debe haber al menos un registro simultáneo de lluvia y escorrentía para producirlo. (c) Simulación de escorrentía de la cuenca, se necesitan las características detalladas de la cuenca y todos los datos hidrológicos simultáneos (Jourdan, 2019).

Según Jourdan (2019), afirmaron que los modelos hidrológicos, son representaciones simplificadas de sistemas hidrológicos, predicen respuestas hidrológicas reales y permiten estudiar la función y la interacción de variables, con el fin de obtener una mejor comprensión de los eventos hidrológicos. En general, un modelo del sistema hidrológico puede explicarse como una función que transforma las variables de entrada en resultados de salida. El resultado del modelo puede ayudarnos a comprender mejor los fenómenos hidrológicos que ocurren en

una cuenca y cómo los cambios pueden afectar estos fenómenos. Además, ayudan al hidrólogo a contar con evidencias científicas para pronosticar escenarios futuros como el cambio climático o el cambio de uso del suelo.

Según Sui, Li, y Yang (2017), la precipitación es producida directamente por procesos de microfísica de nubes a escalas temporales y espaciales convectivas, la ocurrencia de la precipitación está asociada con la dinámica ambiental y la termodinámica de los eventos meteorológicos y climáticos. Por lo tanto, es la principal fuente de suministro de agua de la tierra. Incluye toda el agua que cae de la atmósfera a la superficie de la tierra. Se presenta en dos formas que son de interés para los hidrólogos, líquida (lluvia y llovizna) y sólida (nieve, granizo y aguanieve).

Según Volpi (2019), el periodo de retorno es un concepto probabilístico utilizado para medir y comunicar la ocurrencia de eventos geofísicos como las inundaciones, sequías, terremotos, etc. Una vez identificada la variable aleatoria que cuantifica el evento de interés, se denota como  $T$ , generalmente se expresa en años; es simplemente proporcional a la inversa de su probabilidad de ocurrencia a través de un valor constante.

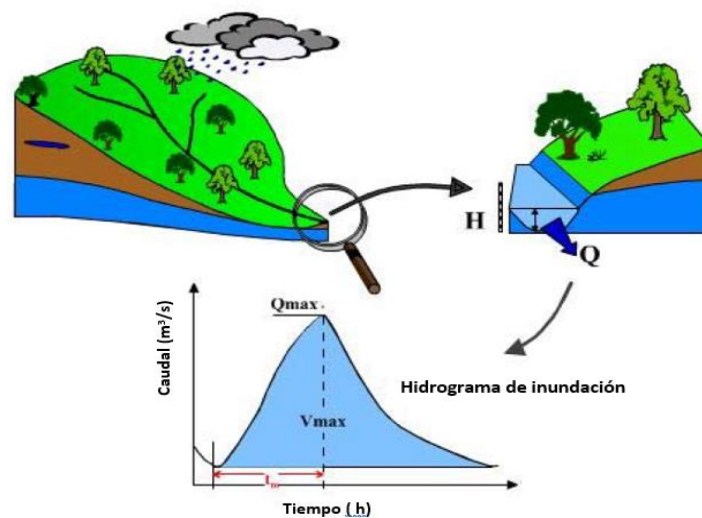
$$P(X \geq x) = \frac{1}{T}$$
$$P(X < x) = 1 - \frac{1}{T}$$

Donde:  $T$  = periodo de retorno,  $P(X \geq x)$  probabilidad de ocurrencia de un evento  $\geq x$  o probabilidad de excedencia,  $P(X < x)$  probabilidad de no excedencia.

El análisis de frecuencia, el análisis de regresión y la elección de la serie de tiempo son los métodos estadísticos más comunes para analizar datos hidrológicos. El análisis de frecuencia se utiliza para predecir la frecuencia con la que pueden ocurrir ciertos valores de un fenómeno variable y para evaluar la confiabilidad de la predicción. En el análisis de frecuencia de inundaciones, es estimar una magnitud de inundación correspondiente a cualquier período de retorno requerido de ocurrencia. Las funciones de distribución estadística para ajustar los datos de frecuencia de inundaciones más utilizadas son:

- Distribuciones de valor extremo: distribuciones de valor extremo generalizado (GEV), Gumbel, Frechet (EVII) y Weibull (EVIII).
- Distribuciones de función Gamma de II o III parámetros en el espacio real o logarítmico: Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III y sus casos específicos de distribución log-normal.

**El hidrograma** es la evolución del caudal del río a nivel de un tramo de control en función del tiempo. La reacción de la cuenca también se puede representar mediante un limnigrama que no es otra cosa que la representación de la altura del agua medida en función del tiempo (Ramanarivo, 2015).

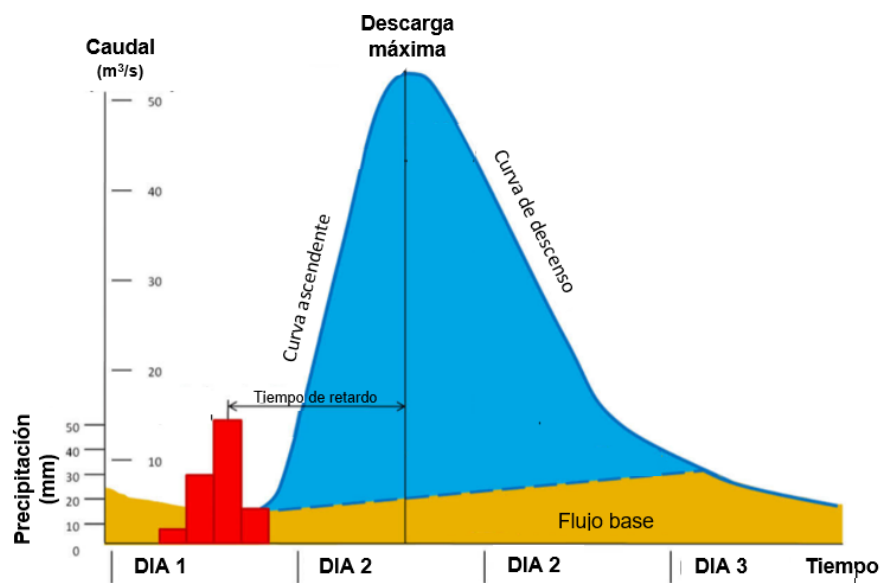


*Figura 9.* Principios de análisis del comportamiento hidrológico de la cuenca

Fuente: Adaptado de Ramanarivo (2015)

La forma de un hidrograma determina el régimen hidrológico de un río durante un evento de lluvia, la forma del hidrograma depende de las características de la lluvia. El hietograma es la curva que representa la intensidad de la lluvia en función del tiempo. Es a partir de esta curva que se construye el hidrograma Chen et al (2021). La forma del hidrograma (fig. 10) suele tener la forma de una curva de campana, es decir, dos curvas sigmoideas más o menos simétricas como se muestra en la siguiente figura.





*Figura 10. Componentes del hidrograma*

Fuente: Adaptado de Chen et al (2021)

El modelo **HEC-HMS** fue desarrollado en el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC) por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de EE. UU (Feldman, 2000; Scharffenberg et al., 2018). está diseñado para simular los procesos de precipitación-escorrentía de cuencas fluviales. Un modelo hidrológico conceptual semi-distribuido que simula la escorrentía contiene cuatro componentes principales. 1) Un modelo analítico para calcular la escorrentía directa y enrutamiento de canales, 2) Una interfaz gráfica de usuario avanzada que ilustra los componentes del sistema hidrológico con características interactivas, 3) Un sistema para almacenar y administrar datos, específicamente grandes conjuntos de datos variables en el tiempo, y 4) un medio para mostrar y reportar los resultados del modelo (Ahmed, 2015; Fraga et al, 2021).

Los modelos de elevación digital (DEM) son representaciones numéricas de la superficie de la Tierra. Son una fuente esencial de información topográfica para diversas aplicaciones, incluidas la hidrología, hidrodinámica, modelado de inundaciones (Hawker, Neal y Bates, 2017), geomorfología, geomorfometría (Ullmann, Budel y Baumhauer, 2017), así como la cartografía forestal (Persson et al 2017). Las correcciones geométricas y radiométricas de los datos satelitales digitales (Ressel y Pfeifer, 2017) son muy importantes para obtener información precisa del relieve de la Tierra.



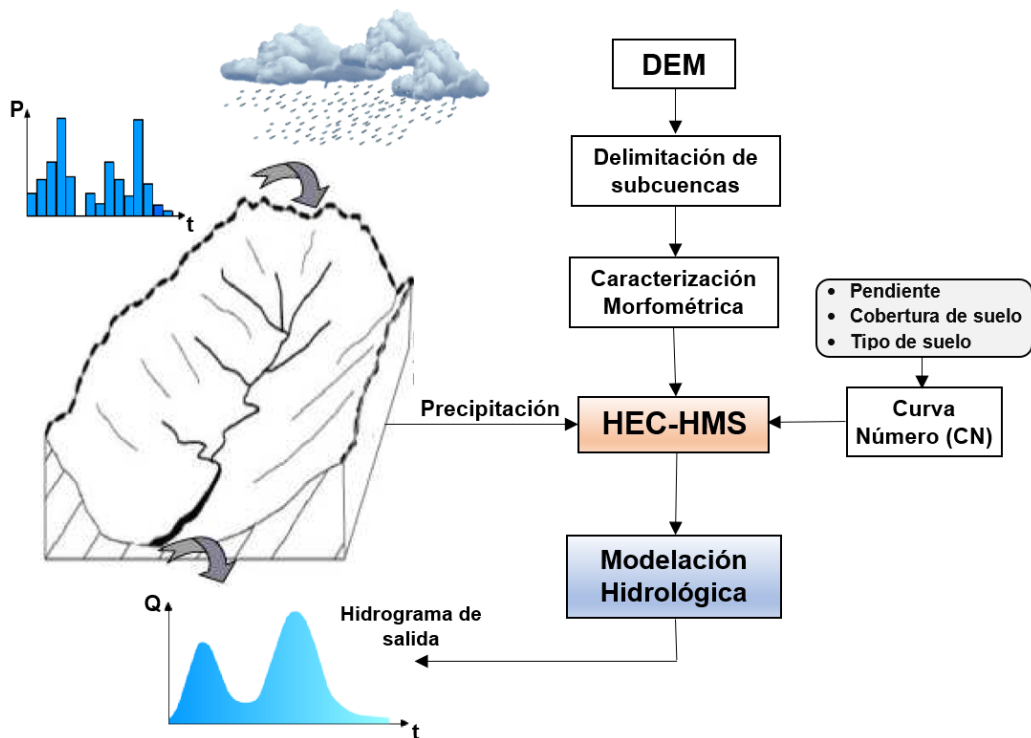


Figura 11. Esquema general del modelamiento hidrológico (HEC HMS)

Fuente: Adaptado de Ngo (2014)

Según Hernández et al. (2016) y Nguyen et al. (2015), el modelo bidimensional de Saint-Venant permite modelar crecida de ríos en sus dimensiones x e y lo que la hace más adecuada para estudios de llanuras aluviales, zonas urbanas, ruptura de presas / diques, donde se espera que el agua se extienda sobre una superficie.

Las ecuaciones de Saint-Venant para resolver, se requieren dos ecuaciones independientes, la ecuación de continuidad (basada en el principio de conservación de la masa) y la ecuación de la cantidad de movimiento (basada en el principio de conservación de la cantidad de movimiento).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \vec{v} \cdot \vec{v}^*$$

$$\frac{\partial \vec{v}^*}{\partial t} + (\vec{v} * \vec{v}) \vec{v}^* = -g(\vec{\nabla}H + \vec{j})$$

Donde: H es la dimensión de la superficie,  $\vec{j}$  es el gradiente hidráulico, g es la aceleración de la gravedad,  $\vec{v}^*$  es el vector de velocidad.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \frac{\partial \vec{u}}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g(S_f - S_o) = 0$$

$$\underbrace{\frac{\partial Q}{\partial t}}_{(i)} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right)}_{(ii)} + \underbrace{gA \frac{\partial h}{\partial x}}_{(iii)} + \underbrace{gAS_f}_{(iv)} - \underbrace{gAS_o}_{(v)} = 0$$

Donde:  $t$  es tiempo (s),  $x$  es la longitud de superficie (m),  $Q = Q(x, t)$  caudal ( $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$ ),  $A = A(x, t)$  es la superficie mojada ( $\text{m}^2$ ),  $g$  es la aceleración de la gravedad ( $\text{m s}^{-2}$ ),  $S_f = S_f(Q, y)$  es la pendiente de la línea de energía ( $\text{mm}^{-1}$ ),  $S_o = S_o(x) = \frac{\partial z}{\partial x}$  pendiente ( $\text{mm}^{-1}$ )

- (i) Término de aceleración
- (ii) Término de advección
- (iii) Pendiente de la profundidad del agua
- (iv) Pendiente de la línea de energía
- (v) Pendiente del lecho

Tenga en cuenta que (iii) y (v) =  $\frac{\partial(h z)}{\partial x}$  es la pendiente de la línea de agua. La fórmula empírica de Manning-Strickler utilizada a menudo para resolver las ecuaciones de Saint-Venant permite, entre otras cosas, relacionar la pendiente de la línea de energía con el flujo (siendo  $n$  el coeficiente de Manning y  $R_h$  el radio hidráulico):

$$Q = \frac{R_h^{2/3} \cdot \sqrt{S_f} \cdot A}{n}$$

Modelo de la onda cinemática, en la práctica, todavía es posible simplificar las ecuaciones de Saint-Venant, en particular despreciando ciertos términos en comparación con otros en la ecuación de momentos. Este suele ser el caso del término de advección considerado insignificante en comparación con los demás. En el modelo de ondas cinemáticas, el término de aceleración y la pendiente de la profundidad del agua también se desprecian. Obtenemos así:

$$S_f = S_o$$

El modelo de ondas difusión, válido para la mayoría de los ríos simples, añade, además de la onda cinemática, la pendiente de la profundidad del agua. Refleja así la igualdad entre la pendiente de la línea de energía y la pendiente de la línea de agua:

$$S_f = S_o - \frac{\partial h}{\partial x} = \frac{\partial(h + z)}{\partial x}$$

Este modelo es un poco más preciso porque tiene en cuenta la diferencia de pendiente entre el fondo del cauce y la línea de flotación.

El modelo de ondas de inercia completa el modelo de ondas de dispersión con el término de aceleración:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + g \frac{\partial h}{\partial x} + g(S_f - S_o) = 0$$

El software Iber es un modelo numérico que resuelve las ecuaciones bidimensionales (2D) en aguas poco profundas con un solucionador de volumen finito explícito no estructurado. Además del módulo hidráulico, cuenta con un módulo de transporte de sedimentos y un módulo de calidad del agua para resolver procesos de transporte en caudales superficiales libres y poco profundos. para modelar inundaciones, y el esquema DHD (discretización hidrológica desacoplada) para resolver las ecuaciones de aguas someras en aplicaciones de lluvia-escorrentía. Los algoritmos implementados en el modelo han sido ampliamente validados y aplicados en estudios previos relacionados con inundaciones de ríos, corrientes de marea en estuarios y modelos de lluvia-escorrentía (Quiroga, Kure, Udo y Mano, 2016).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

La investigación aplicada se centra en conocimiento innovador o científico que busca resolver problemas específicos que afectan al mundo cotidiano de la humanidad (Hernández et al, 2014).

la investigación es de tipo aplicada porque pretende pronosticar la magnitud de las inundaciones mediante datos meteorológicos utilizando modelos, a partir de estos, es posible predecir los caudales máximos y parámetros hidráulicos con los cuales se pueden tomar acciones anticipadas para reducir la pérdida de vidas y los daños materiales.

##### **Enfoque de investigación**

La investigación cuantitativa se fundamenta en su medición cuantificable o numéricas en el desarrollo de los fenómenos de estudio (Hernández et al, 2014).

La investigación es de enfoque cuantitativa por la medición numérica desde la obtención de datos, análisis estadístico y procesamiento de los modelos hidrológicos e hidráulicos del proyecto de investigación.

##### **Diseño de investigación**

El diseño de investigación se define como los métodos y técnicas elegidos por un investigador al combinarlos adecuadamente obtiene de manera efectiva y eficiente que se desarrolle el proyecto de investigación (Hernández et al 2014).

El diseño de investigación es no experimental, porque se limita a observar y recoger datos de las variables a analizar y evaluar su comportamiento, es de índole transversal por su análisis de las variables en un momento dado.

##### **Nivel de investigación**

La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho o fenómeno que establece su estructura o comportamiento.

La investigación es de nivel descriptiva mide de forma independiente las variables.

### **3.2 Variables y operacionalización**

Variable independiente: Modelamiento hidrológico e hidráulico

Los modelos hidrológicos intentan representar los diferentes procesos que se dan dentro de un espacio (generalmente una cuenca) y que transforman en principio, una precipitación en escorrentía (Pascual y Diaz 2016).

El modelo utilizado en este estudio fue HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, está diseñado para simular los procesos de precipitación y escorrentía.

El modelado hidráulico es una herramienta para simular el potencial de un río o cuerpo de agua basado en el flujo o nivel de agua entrante/saliente y características geográficas tales como la topología y batimetría de un río, así como la topografía circundante (Grimaldi et al., 2016).

Para determinar los niveles de inundación para diferentes períodos de retorno se utilizó el modelo hidráulico IBER (versión 2.5.2), es un modelo matemático que simula flujos supercríticos, subcríticos o mixtos en canales naturales o artificiales (Warner et al., 2010). El algoritmo de modelado de flujo 2D del programa resuelve ecuaciones de aguas poco profundas, también llamadas ecuaciones bidimensionales de Saint Venant o las ecuaciones de onda de difusión 2D. las cuales resuelve mediante el algoritmo de volúmenes finitos implícitos (Muhu A. et al 2019).

Mayor detalle se muestra en el anexo 1.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **Población**

Es un conjunto completo de elementos que concuerdan con determinadas especificaciones (Fernández y Baptista, 2014).

La población de estudio del presente trabajo de investigación es la cuenca hidrográfica del río Piura, abarca una superficie de 12,218 km<sup>2</sup>, nace a los 3600 m.s.n.m. hasta su desembocadura al océano, en la parte baja del río es bastante sinuoso debido a la pendiente suave del terreno, el cauce principal tiene recorrido

total de 280 km en dirección de sur a norte. La cuenca hidrográfica está ubicada en la región de Piura al norte de Perú.

### **Muestra**

Es un subconjunto de la población elegidos y debe ser representativa (Fernández y Baptista, 2014).

La muestra está delimitada hasta la ubicación de la estación hidrométrica Tambo Grande ubicada en el puente del mismo nombre.

### **Muestreo**

Es la seleccionar un grupo de algunas unidades de estudio elementos con los que realizar un estudio (Fernández y Baptista, 2014).

El proyecto de investigación será evaluado desde el puente tambo Grande hasta 10.5 km aguas arriba.

### **Unidad de análisis**

La unidad de análisis del proyecto de investigación abarca parte de la zona urbana, áreas agrícolas y vías de acceso del distrito de Tambo Grande.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **Técnica**

Las técnicas de recolección de datos se centran en técnicas de múltiples fuentes de recopilar documentos e información cualitativa y cuantitativa (Mohajan, 2017).

Las fuentes cualitativas son las observaciones de campo, entrevistas a los pobladores y las fuentes de datos cuantitativos son los cuestionarios en la entrevista y las preguntas sobre huellas de crecidas máximas ocurridos en los eventos de inundación.

### **Instrumentos de recolección de datos**

La recopilación de datos es el proceso sistemático de compilar y medir información sobre variables de interés, que le permite a uno responder preguntas de investigación, probar hipótesis y evaluar resultados (Muhammad, 2016).

La recopilación de información utilizados son las fichas de recolección de datos cuestionario de preguntas, observaciones del área de estudio, información

topográficos de la cuenca y registro de la serie de tiempo hidrológica. A la vez un análisis documental.

### **Validez**

La validez es la medida en que un instrumento mide lo que afirma medir (Mohajan, 2017).

La validez de las fichas de recolección de datos es validada por tres especialistas en el área quienes certificaran con su correspondiente firma y sello de esta manera se logra obtener la confiabilidad de los datos.

### **Confiabilidad de los instrumentos**

La confiabilidad se refiere a la seguridad que uno puede tener en los datos obtenidos del uso de un instrumento, es decir, el grado que una herramienta de medición controla el error aleatorio y que los datos que produce resulten estables y consistentes (Mohajan, 2017).

Las fichas de recolección de datos del trabajo de investigación son validadas por tres profesionales.

## **3.5 Procedimiento**

Para conocer la distribución y extensión geográfica de la inundación, se realizó dos modelamientos importantes, el primero es el hidrológico que tiene por finalidad estimar caudales máximos correspondientes a diferentes tiempos de retorno, el segundo, es el hidrodinámico con el cual se obtendrá las variables hidráulicas como lo tirantes y velocidades de la corriente del río y de las llanuras de inundación, estos estudios incluyen varias etapas como se describe a continuación:

### **ETAPA 1: Recopilación de información**

- Se recopiló información de estudios anteriores que se hayan realizado o tengan relación con el área de interés, así mismo durante esta etapa otro punto importante a considerar será la consulta a los pobladores sobre las crecidas más importantes del río y la identificación de los niveles que alcanzaron las inundaciones pasadas.
- Así mismo se recopiló series de precipitaciones máximas en 24 horas de estaciones meteorológicas que se encuentran dentro y cercanas a la cuenca,

datos históricos de caudales y niveles máximos registrados por la estación hidrométrica Tambo Grande, información topográfica del tramo de río a modelar, modelos digitales de elevación (DEM), información de tipo de suelos, mapa de cobertura vegetal y el parámetro hidrológico Número Curva CN.

## **ETAPA 2: Caracterización morfométrica del sistema fluvial a modelar**

- A partir de los modelos digitales de elevación (DEM - Alos Palsar de 12.5 metros de resolución espacial), como primer paso se procedió a realizar la delimitación hidrográfica de las principales subcuencas de drenaje hasta la ubicación de la estación hidrométrica Tambo Grande, luego se procedió a obtener los principales parámetros de forma de la cuenca como son el área y perímetro, la longitud del río principal, el ancho promedio de la cuenca, el coeficiente de compacidad o índice de Gravelius, el factor de forma, el rectángulo equivalente y el radio de circularidad, de igual manera se obtuvieron los parámetros de relieve más importantes como son la curva hipsométrica, el polígono de frecuencias, la cota mínima y máxima de la cuenca, el desnivel máximo, la pendiente media de la cuenca, la elevación mediana de la cuenca, la altitud media y la integral hipsométrica, todo este procedimiento se realizó utilizando el programa ArcGIS v.10.8.

## **ETAPA 3: Modelamiento hidrológico**

- Como primer paso, se realiza un análisis exploratorio de los datos de máxima precipitación utilizando métodos gráficos con la finalidad de verificar cómo se encuentra la calidad de la información y, de igual forma, se detectó valores atípicos o anomalías en la serie de datos temporal.
- De igual manera se realizó un análisis de datos dudosos para lo cual se aplicó el método de Water Resources Council con la finalidad de identificar o confirmar los valores atípicos o los valores que se desvían de manera significativa de la tendencia de la serie de datos.
- Como siguiente paso, se realizó el ajuste de las series de precipitación a distintas funciones de probabilidad, este paso consiste, en identificar o seleccionar la función de probabilidad que represente de manera satisfactoria el comportamiento de la serie de datos observada, se han utilizado las distribuciones teóricas más adecuadas para este tipo de estudios como son;



EV-Max, EV1-Máx (Gumbel), GEV2 -Max, Pearson tipo III y Log Pearson Tipo III y a los resultados de estos se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogórov-Smirnov para identificar la mejor distribución de probabilidad utilizando el programa Hydrognomon v.4.0.

- Seguidamente se efectuó el cálculo de precipitaciones máximas en 24 horas para los siguientes períodos de retorno (TR) 10, 50 y 100 años, este paso se realizó mediante el programa Hydrognomon v.4.0., para ello se utilizó la mejor distribución de probabilidad que se ajusta a cada estación meteorológica seleccionada en el paso anterior.
- Como siguiente paso se procedió a calcular la precipitación de diseño, para lo cual se recurrió a técnicas de interpolación para la generación de isoyetas de precipitación máxima para los diferentes periodos de retorno (10, 50 y 100 años) a partir de esto, para cada subcuenca se obtuvo la precipitación como el promedio ponderado del área entre las curvas de las isoyetas y su valor correspondiente a estas, finalmente este valor se afectó por el coeficiente de corrección recomendado por la OMM de 1.13 (el coeficiente de corrección se aplica a datos de estaciones meteorológicas que se registran una vez al día).
- Obtenida la precipitación de diseño esta fue transformado a perfiles de tormenta (hietograma de diseño) para lo cual se optó o utilizó el patrón de comportamiento de lluvia determinado por el SCS tipo I, el cual corresponde al clima de la vertiente del Pacífico.
- Para las abstracciones de la precipitación se utilizó el método del SCS para lo cual es necesario obtener el valor de CN para cada una de las subcuencas, para la presente investigación se tomó como referencia el mapa de número curva generada por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Para el enrutamiento o tránsito de flujo se utilizó el método de Muskingum.
- Finalmente teniendo toda la información necesaria se procedió a obtener los caudales máximos para los distintos periodos de retorno haciendo uso del programa HEC HMS v.4.8.

#### **ETAPA 4: Modelamiento hidráulico**

- Como primer paso se realizó la delimitación del dominio de cálculo, para lo cual se tomó en cuenta el cauce del río Piura a partir del puente Tambo Grande

hasta 10.5 kilómetros aguas arriba, además se tomó en cuenta las edificaciones ribereñas, los campos de cultivo y las llanuras de inundación en ambos márgenes del río.

- Teniendo definido la delimitación del dominio de cálculo otro aspecto importante para el modelamiento hidráulico es la base cartográfica sobre la cual se ejecutará la simulación del modelo, para la presente investigación se contó con información topográfica obtenida con tecnología LIDAR, antes de utilizar la información se realizó una revisión de la nube de puntos con la finalidad de evitar puntos de ruido o atípicos, identificar puntos no clasificados entre otros casos que puedan generar inconsistencias a la hora de realizar el modelamiento hidrodinámico, una vez terminado la revisión de los puntos se procedió a generar el modelo digital de elevación en formato ASCII con una resolución espacial de dos metros, todo este proceso se realizó utilizando el programa Global Mapper v.22.1.
- Otro punto importante para la simulación es representar de la manera más adecuada posible el comportamiento que tendrá el flujo con las diferentes superficies que entrará en contacto, para esto, con apoyo del programa ArcGIS v.10.8 y la utilización de imágenes satelitales de alta resolución espacial se generó un mapa con las distintas rugosidades dentro de la delimitación del dominio de cálculo (coeficiente de rugosidad de Manning) y estas rugosidades se ingresó al modelo para lo cual previamente se generó las diferentes superficies.
- Como paso siguiente se procedió a asignar las condiciones de contorno, este paso consistió en asignar una entrada y una salida al hidrograma obtenido en el estudio hidrológico.
- Luego se realizó el mallado del dominio de cálculo, para esto, a cada polígono se le asignó un valor en metros obteniendo diferentes tamaños de malla o resolución es así que, para el cauce del río el tamaño de malla asignado fue de 2 metros, para las llanuras fue de 5 metros y para las zonas altas o lomadas donde no se requería de un mayor grado de detalle se le asignó un tamaño de malla de 10 metros esto con la finalidad de disminuir el tiempo de procesamiento o de cálculo, teniendo definido las mallas se procedió a asignar

la elevación del terreno a partir del modelo digital de elevación obtenido en el segundo paso.

- Como uno de últimos pasos se ingresó los datos del problema, estos datos definen los tiempos, los resultados que se quieren observar, las características adicionales de visualización y cálculo. El tiempo máximo de simulación tiene que ser mayor que las condiciones de contorno ingresadas, es así que, se ingresó 950,400 segundos de crecida (264 horas), por lo que el tiempo máximo de simulación asignada fue de 986,400 segundos (274 horas), por otro lado, para observar los resultados parciales de la simulación y su avance se definió en intervalos de tiempo cada 14,400 segundos y para poder tener una visualización en 3D se activó la opción de vector calado en resultados.
- Finalmente, contando con toda la información necesaria, se procedió a ejecutar la simulación hidráulica usando el programa IBER v.2.5.2.

### **3.6 Método de análisis de datos**

#### **Modelización hidrológica**

Para obtener los hidrogramas de salida se realizó el modelado hidrológico usando HEC-HMS v.4.8

- Para la caracterización morfométrica de las subcuencas se obtuvieron a partir de modelos de elevación digital (DEM - Alos Palsar de 12.5 metros de resolución espacial), utilizando el programa ArcGIS v.10.8.
- Para el análisis de datos dudosos se aplicó el método de Water Resources Council usando una hoja de cálculo Excel.
- Para el análisis de función de probabilidad del mejor ajuste de las series de precipitación a distintas funciones de probabilidad, se han utilizado las distribuciones teóricas más adecuadas para eventos extremos de este tipo de estudios como son; EV-Max, EV1-Máx (Gumbel), GEV2 -Max, Pearson tipo III y Log Pearson Tipo III, y a los resultados de estos se aplicó la prueba de bondad de ajuste Kolmogórov-Smirnov para identificar la mejor distribución de probabilidad utilizando el programa Hydrognomon v.4.0.
- Para el cálculo de precipitaciones máximas en 24 horas para los períodos de retorno (TR) 10, 50 y 100 años, este paso se realizó mediante el programa Hydrognomon v.4.0.

- Para la generación de curvas de isoyetas de utilizo el programa Surfer v.18.1
- Para el cálculo de la precipitación de diseño, se empleó el método de promedio ponderado haciendo uso del programa ArcGIS v.10.8.
- Para perfiles de tormenta (hietograma de diseño) se utilizó el patrón de comportamiento de lluvia SCS tipo I, utilizando hoja de cálculo Excel.
- Para las abstracciones de la precipitación se utilizó el método del SCS para obtener el valor de CN se tomó de referencia lo generado por la Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Para el enrutamiento o tránsito de avenida se utilizó el método de Muskingum.
- Para el método de transformación de lluvia – escorrentía se utilizó el método de Snyder

### **Modelización hidráulica**

Para obtener los parámetros hidráulicos se realizó el modelado hidráulico usando IBER V.2.5.2.

- Se ha utilizado topográfica obtenida con tecnología LIDAR, el tratamiento de la información de la nube de puntos se realizó utilizando el programa Global Mapper v.22.1.
- Para la delimitación del área de dominio se utilizaron imágenes satelitales obtenidos haciendo uso del programa SAS Planet.
- El mapa de rugosidad del área de dominio se generó utilizando imágenes satelitales de alta resolución para este proceso se ha utilizado el programa de cómputo ArcGIS v.10.8.

### **3.7 Aspecto Ético**

- Para el presente proyecto de investigación se ejecutó conforme a los principios éticos y morales que lo requiere un trabajo científico que pretende solucionar problemas de riesgo de la humanidad por ello la recopilación de información, procesamiento, análisis y la comunicación de resultados se realizó con responsabilidad, honestidad y veracidad.

## IV.RESULTADOS

### Área de estudio

El área de estudio abarca parte de las provincias de Piura, Morropón, Huancabamba y Ayabaca del departamento de Piura, geográficamente se encuentra localizado en la costa norte de Perú.

La cuenca del río Piura pertenece a la vertiente hidrografía del pacifico, tiene una superficie de 12,216 km<sup>2</sup> con una dirección de su cauce principal SE-NO de 218 km de longitud, está a una altitud aproximada que va desde 0 a 3600 msnm y sus límites hidrográficos se detallan en la tabla 2.

La ubicación del tramo donde se realizó el modelamiento hidráulico como se muestra en la figura 12 inicia en las coordenadas UTM 575823.73E, 9452407.78N y finaliza en 571829.20E, 9454401.97N teniendo una longitud total de 10.5 kilómetros de cauce.

**Tabla 1.** Coordenadas de ubicación geográfica (WGS-84)

Componente	Valor mínimo	Valor máximo
Este	497174.19	671172.85
Norte	9367853.18	9479717.50

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Demarcación Hidrográfica

Cuenca	Rio Piura
Norte	Cuenca Chira
Este	Cuenca Chamaya
Oeste	Intercuenca 1379
Sur	Cuenca Cascajal e intercuenca 13779

Fuente: Elaboración propia

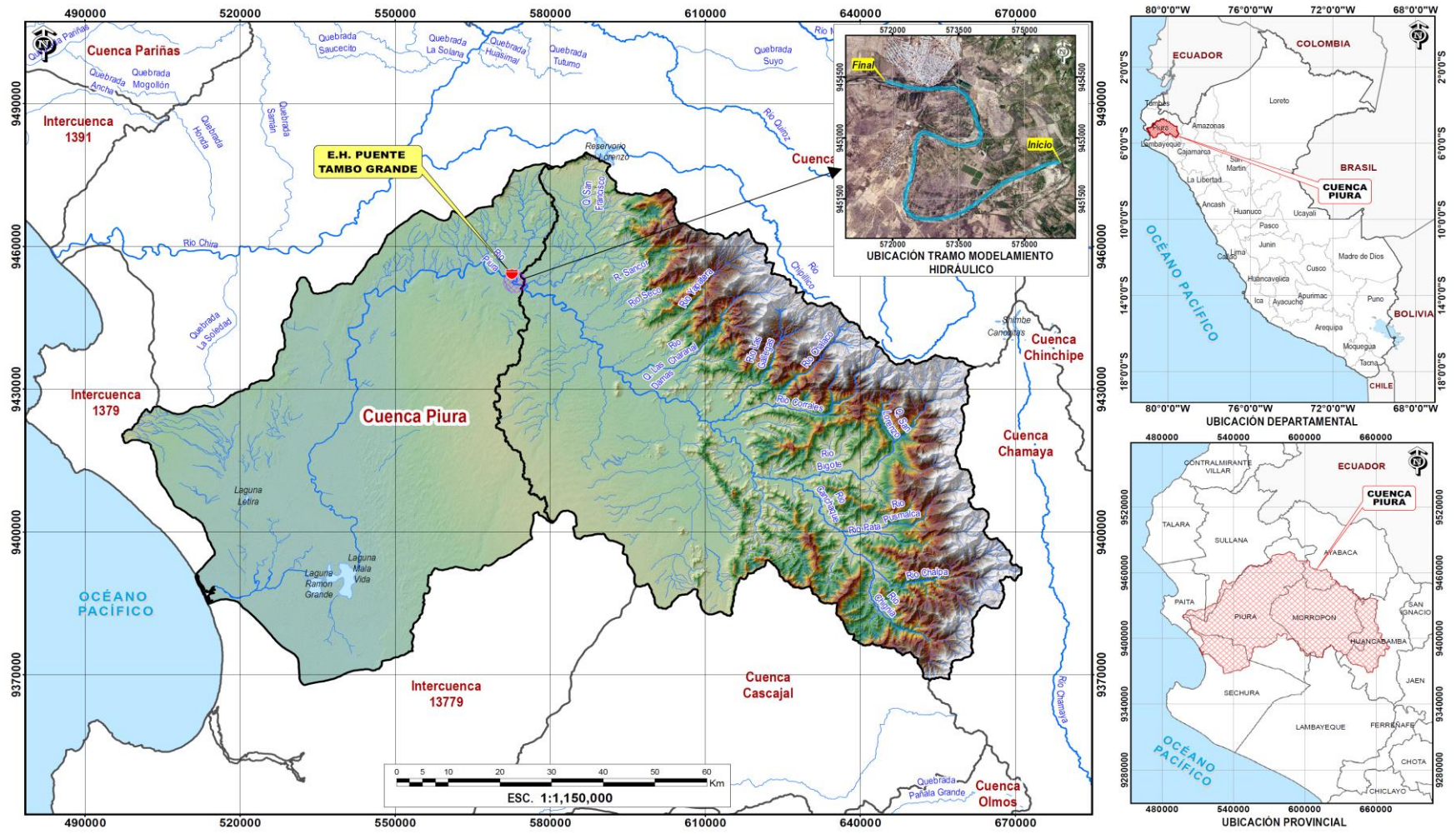


Figura 12. Ubicación del área de estudio

Fuente: Elaboración propia

**OBJETIVO ESPECIFICO 1:** Modelamiento hidrológico para la estimación de hidrogramas de salida

### Parámetros morfométricos

En la tabla 3 se muestra los resultados de los principales parámetros morfométricos de forma y de relieve para cada una de las subcuencas (SB-1, SB-2, SB-3, SB-3, SB-4, SB-5, SB-6, SB-7 y SB-8).

**Tabla 3.** Resumen de parámetros morfométricos

Parámetro		Und	SB-1	SB-2	SB-3	SB-4	SB-5	SB-6	SB-7	SB-8
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	480.88	855.70	878.74	1113.57	569.70	510.55	678.99	1155.46
	Perímetro de la cuenca (P)	km	122.93	209.94	223.41	230.65	124.48	126.99	129.06	184.55
	Longitud del cauce principal (L)	km	44.54	60.30	56.66	58.53	45.95	54.49	55.62	64.65
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	10.80	14.19	15.51	19.03	12.40	9.37	12.21	17.87
	Coefficiente de compacidad (Kc)	-	1.58	2.02	2.13	1.95	1.47	1.58	1.40	1.53
	Factor de forma (Ff)	-	0.24	0.24	0.27	0.33	0.27	0.17	0.22	0.28
	Radio de circularidad	km	0.40	0.24	0.22	0.26	0.46	0.40	0.51	0.43
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	1828.00	2484.00	3375.00	1226.00	3685.00	1413.00	3612.00	3598.00
	Cota mínima	msnm	72.00	72.00	93.00	107.00	122.00	122.00	160.00	160.00
	Desnivel máxima	m	1756.00	2412.00	3282.00	1119.00	3563.00	1291.00	3452.00	3438.00
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.18	0.16	0.26	0.10	0.46	0.33	0.42	0.44
	Elevación mediana de la cuenca	msnm	197.91	180.29	252.11	202.85	1409.52	373.87	1064.51	1034.82
	Altitud media de la cuenca	msnm	330.76	356.46	744.78	212.38	1448.55	428.80	1317.04	1182.73
	Integral Hipsométrica	-	0.14	0.12	0.19	0.09	0.37	0.24	0.33	0.29

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 8 se muestra los resultados de manera detallada los parámetros morfométricos para cada subcuenca.

En el Tabla 4 se presenta los resultados de las distribuciones teóricas que presentan los mejores ajustes para cada estación meteorológica, así mismo, se muestra el valor resultante de la precipitación máxima en 24 horas.

**Tabla 4.** Ajuste de precipitaciones máximas en 24 horas a diferentes periodos de retorno

Estaciones	Períodos de Retorno (años)									Distribución	Valor delta	Años de registro
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000			
Barrios	73.12	112.61	137.77	168.22	189.94	210.88	231.24	257.44	276.84	Pearson III	0.085	19
Canchaque	73.13	111.86	137.50	169.89	193.93	217.78	241.55	272.91	296.61	Gumbel	0.078	28
Chalaco	48.90	64.83	74.85	86.95	95.53	103.74	111.62	121.58	128.79	GEV-Max	0.060	53
Chignia	49.43	85.98	110.46	140.90	163.04	184.64	205.85	233.41	253.97	Pearson III	0.071	20
Chulucanas	50.24	91.80	120.18	155.83	181.93	207.52	232.72	265.57	290.15	Pearson III	0.088	33
Frias	58.24	89.10	109.53	135.35	154.50	173.50	192.44	217.43	236.31	Gumbel	0.163	31
Hda Bigote	53.95	88.97	112.16	141.46	163.20	184.78	206.28	234.64	256.07	Gumbel	0.100	46
Huamaca	57.25	80.65	96.56	117.15	132.79	148.62	164.70	186.41	203.20	GEV-Max	0.068	51
Miraflores	23.22	57.60	80.37	109.14	130.48	151.67	172.77	200.62	221.67	Gumbel	0.221	40
Morropon	56.09	88.29	108.89	134.13	152.29	169.86	186.93	208.79	224.83	GEV-Max	0.073	48
Pasapampa	45.97	63.89	77.20	95.72	110.80	127.03	144.58	170.05	191.24	Log Pearson III	0.077	27
Porculla	31.20	55.67	75.69	103.11	124.30	145.74	167.38	196.21	218.16	Pearson III	0.062	48
San Joaquin	25.93	63.75	95.25	138.74	172.49	206.75	241.37	287.58	322.80	Pearson III	0.130	15
San Pedro	68.19	107.23	131.65	160.88	181.57	201.42	220.63	245.27	263.45	Pearson III	0.064	37
Sapillica	36.82	61.01	77.28	97.58	112.36	126.81	141.00	159.46	173.25	Pearson III	0.107	47
Sondorillo	29.80	38.36	43.77	50.39	55.19	59.90	64.55	70.68	75.33	Log Pearson III	0.083	49
Sto Domingo	63.37	83.17	96.28	112.85	125.14	137.33	149.49	165.52	177.64	Gumbel	0.067	49
Tejedores	33.72	54.85	67.71	82.85	93.44	103.52	113.20	125.55	134.60	Pearson III	0.075	14
Virrey	44.61	96.22	132.16	177.78	211.40	244.50	277.21	319.99	352.07	Pearson III	0.096	46

Fuente: Elaboración propia



En la figura 13 se presenta la distribución espacial de la precipitación máxima en 24 horas para la cuenca de estudio, se observa que los valores de precipitación máxima para el periodo de retorno de 10 años están en el rango de 66.155 a 137.757 mm, mientras tanto, para el periodo de retorno de 50 años varia de 91.578 a 211.385 mm y finalmente para el periodo de 100 años se encuentra en el rango de 101.577 a 244.485 mm.

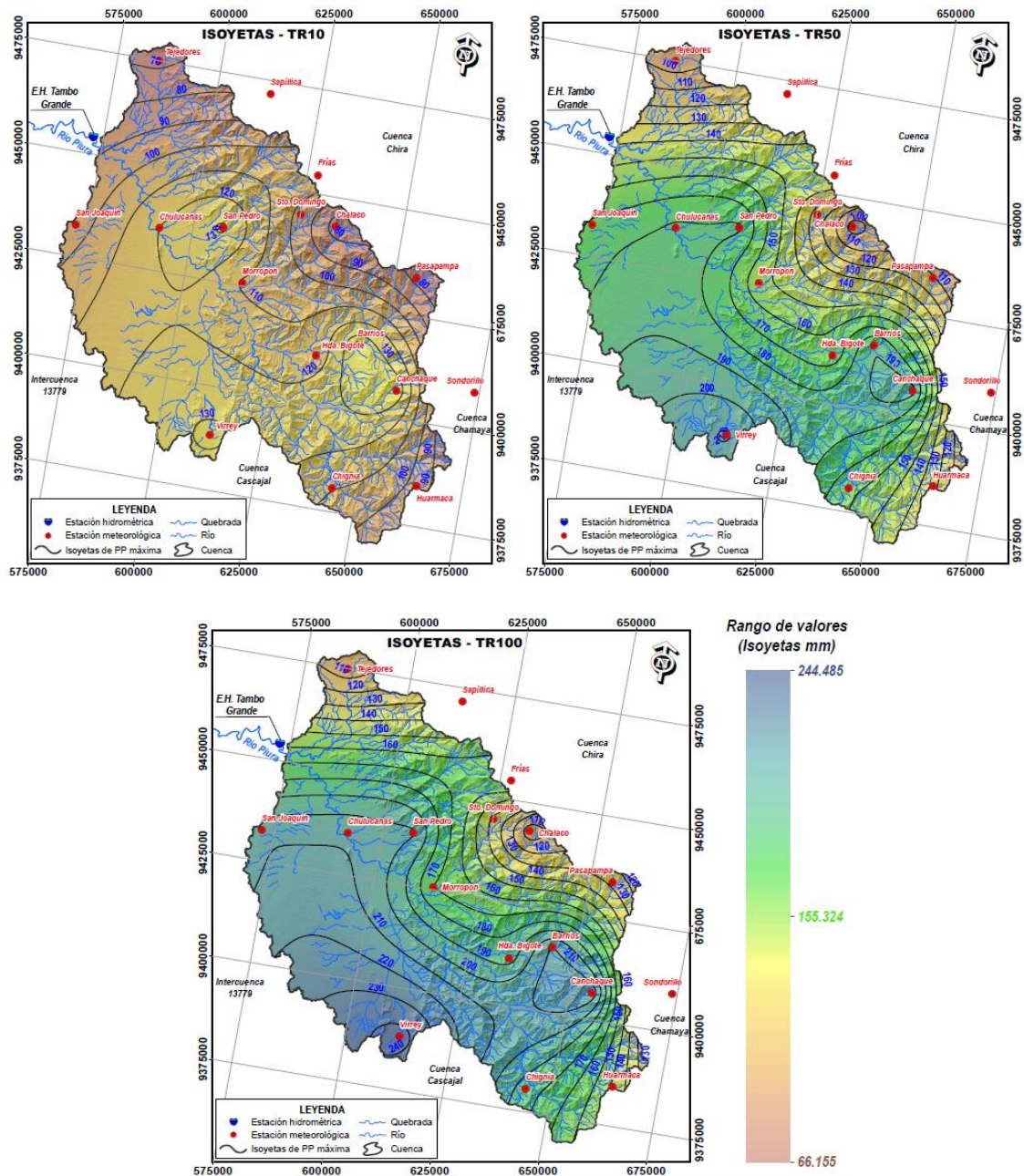


Figura 13. Isoyetas de precipitación máxima en 24 horas

Fuente: Elaboración propia

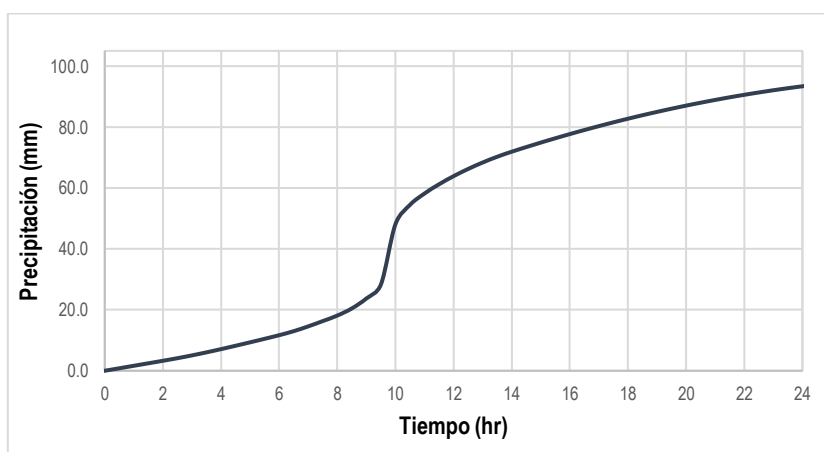
En la tabla 5 se muestran las precipitaciones ponderadas máxima en 24 horas y las precipitaciones de diseño (Multiplicando por el factor = 1.13) para cada subcuenca del modelo

**Tabla 5.** Precipitaciones máximas en 24 horas y precipitación de diseño para las subcuencas

Subcuenca	PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS					
	Período de Retorno (T=10 años)	Período de Retorno (T=50 años)	Período de Retorno (T=100 años)	Período de Retorno (T=10 años) corregida	Período de Retorno (T=50 años) corregida	Período de Retorno (T=100 años) corregida
SB-1	82.6	120.2	135.6	93.4	135.9	153.2
SB-2	104.3	163.4	188.4	117.8	184.7	212.9
SB-3	115.6	169.2	191.7	130.6	191.2	216.6
SB-4	121.2	189.2	217.4	136.9	213.8	245.7
SB-5	96.4	129.4	143.0	108.9	146.3	161.5
SB-6	117.1	173.8	197.3	132.4	196.4	222.9
SB-7	110.5	154.7	173.6	124.8	174.8	196.2
SB-8	114.7	165.2	186.5	129.6	186.7	210.7

Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 se presenta el hietograma de precipitación máxima para una duración de 24 horas usando el perfil de tormenta de la SCS tipo I (figura 14), el hietograma corresponde a la subcuenca SB-1 para el periodo de retorno de 10 años, para las demás subcuencas los hietogramas se presentan en los anexos 9.



*Figura 14.* Perfil de la tormenta máxima SB1-TR=10 años

Fuente: Elaboración propia

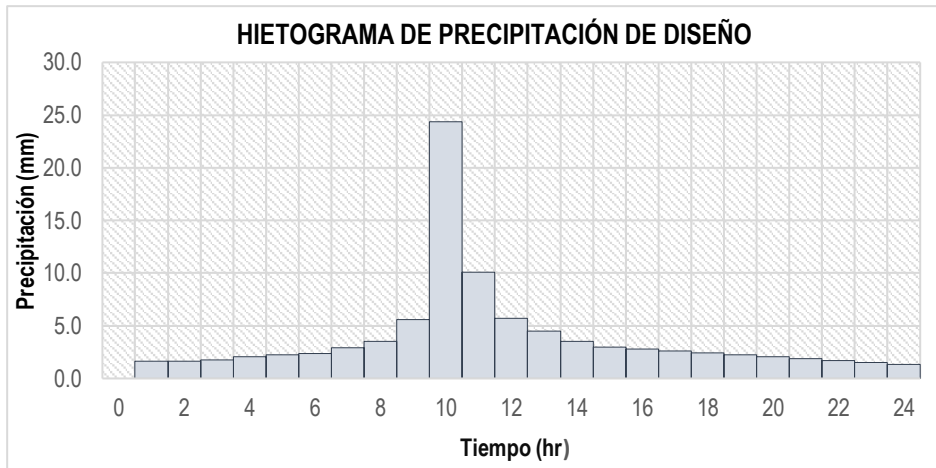


Figura 15. Hietograma de precipitación de diseño para SB1-TR=10 años

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se muestra la topología de la cuenca de estudio desde la parte alta hasta el punto de salida, se observa las interrelaciones de los diferentes elementos hidrológicos que forman parte del modelamiento como son las subcuencas, conexiones, ríos y sumidero.



Figura 16. Topología de la cuenca de estudio

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17 se presenta el resultado de la simulación hidrológica para el periodo de retorno de 10 años, donde se tiene el caudal máximo de 1736.2 m<sup>3</sup>/s, por otro lado, en la figura 18 se observa el hidrograma de salida de la cuenca presentando un tiempo de respuesta de 1.58 días.

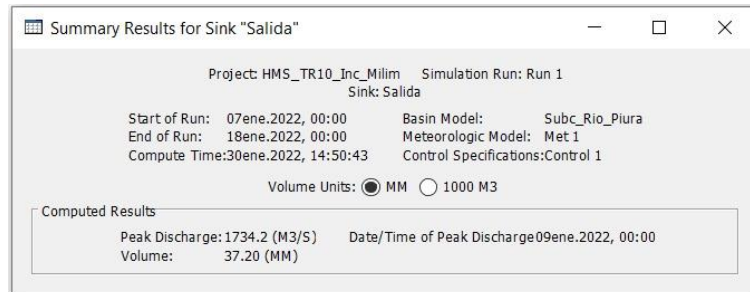


Figura 17. Caudal máximo - TR 10 años

Fuente: Elaboración propia

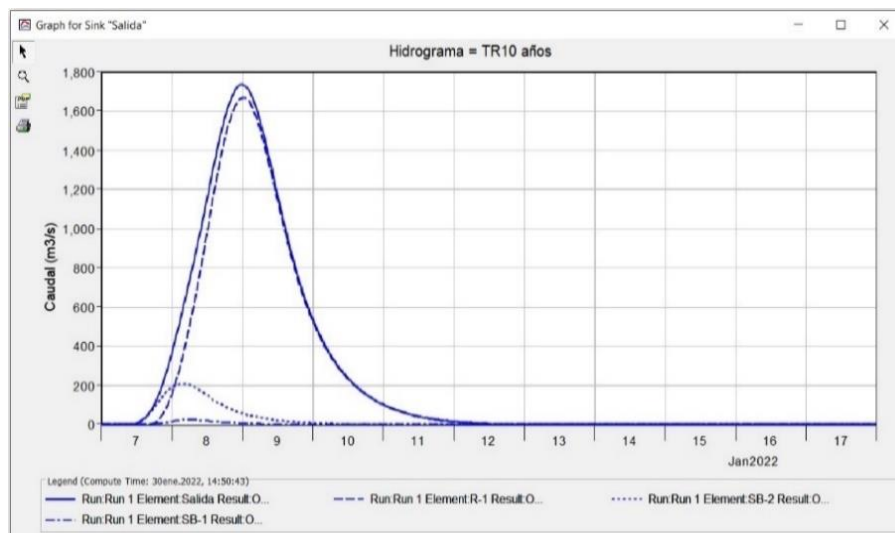
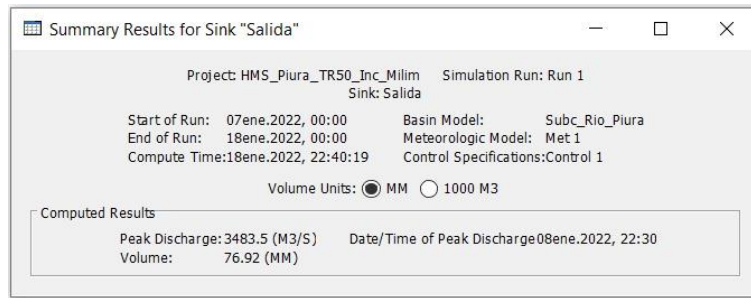


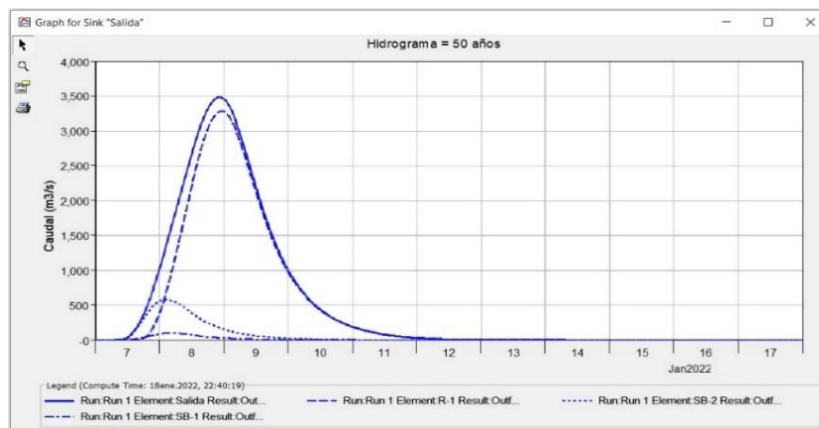
Figura 18. Hidrograma simulado - TR 10 años

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19 se muestra el resultado de la simulación hidrológica para el periodo de retorno de 50 años, alcanzando un caudal máximo de 3483.5 m<sup>3</sup>/s y en la figura 20 se observa el hidrograma de salida de la cuenca presentando un tiempo de respuesta de 1.54 días.

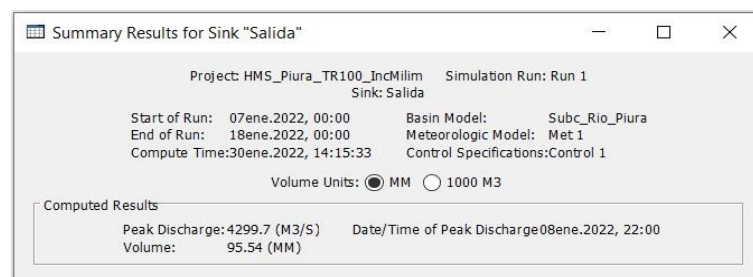


**Figura 19.** Caudal máximo - TR 50 años  
Fuente: Elaboración propia



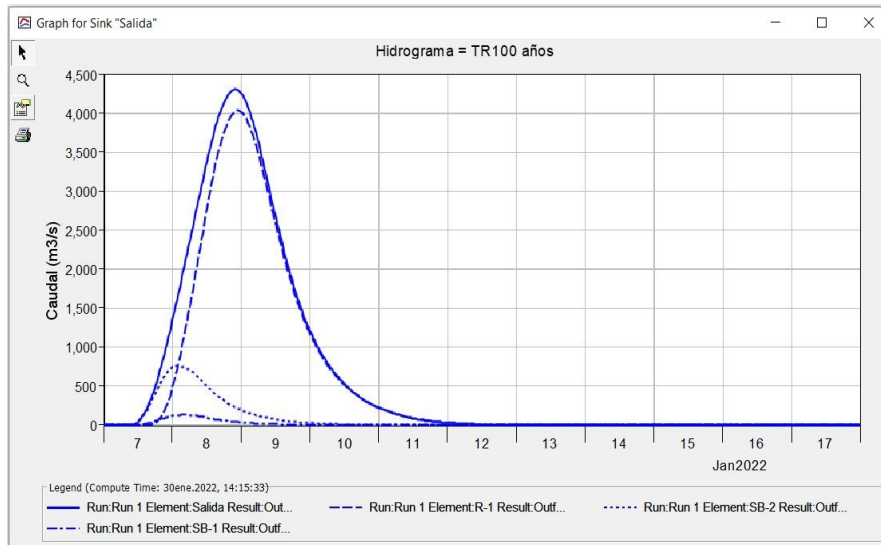
**Figura 20.** Hidrograma simulado - TR 50 años  
Fuente: Elaboración propia

En la figura 21 se muestra el resultado de la simulación hidrológica para el periodo de retorno de 100 años, alcanzando un caudal máximo de 4299.7 m<sup>3</sup>/s y en la figura 22 se muestra el hidrograma de salida de la cuenca presentando un tiempo de respuesta de 1.54 días.



**Figura 21.** Caudal máximo - TR 100 años  
Fuente: Elaboración propia





*Figura 22.* Hidrograma simulado - TR 100 años

Fuente: Elaboración propia

los resultados del modelamiento hidrológico con HEC-HMS se validaron con datos de series históricas de caudales máximos instantáneos registrados en la estación hidrométrica tambo grande, a la data histórica se realizó un análisis de frecuencias resultando la distribución teórica GEV MAX el que mejor se ajusta, con esta función de distribución se obtuvo caudales para los periodos de retorno de 50 años y 100 años dando como resultado caudales de 3,330.13 m<sup>3</sup>/s y 4,544.91 m<sup>3</sup>/s respectivamente, comparando con los caudales simulados en la presente investigación se observa que los valores son muy cercanos, presentando un error menor a 5%, lo cual nos indica resultados satisfactorios.

**OBJETIVO ESPECIFICO 2:** modelamiento hidráulico aguas arriba del puente Tambo Grande

### **Geometría del cauce**

En la figura 23 se muestra los resultados del proceso de tratamiento que se realizó a la nube de puntos Lidar.

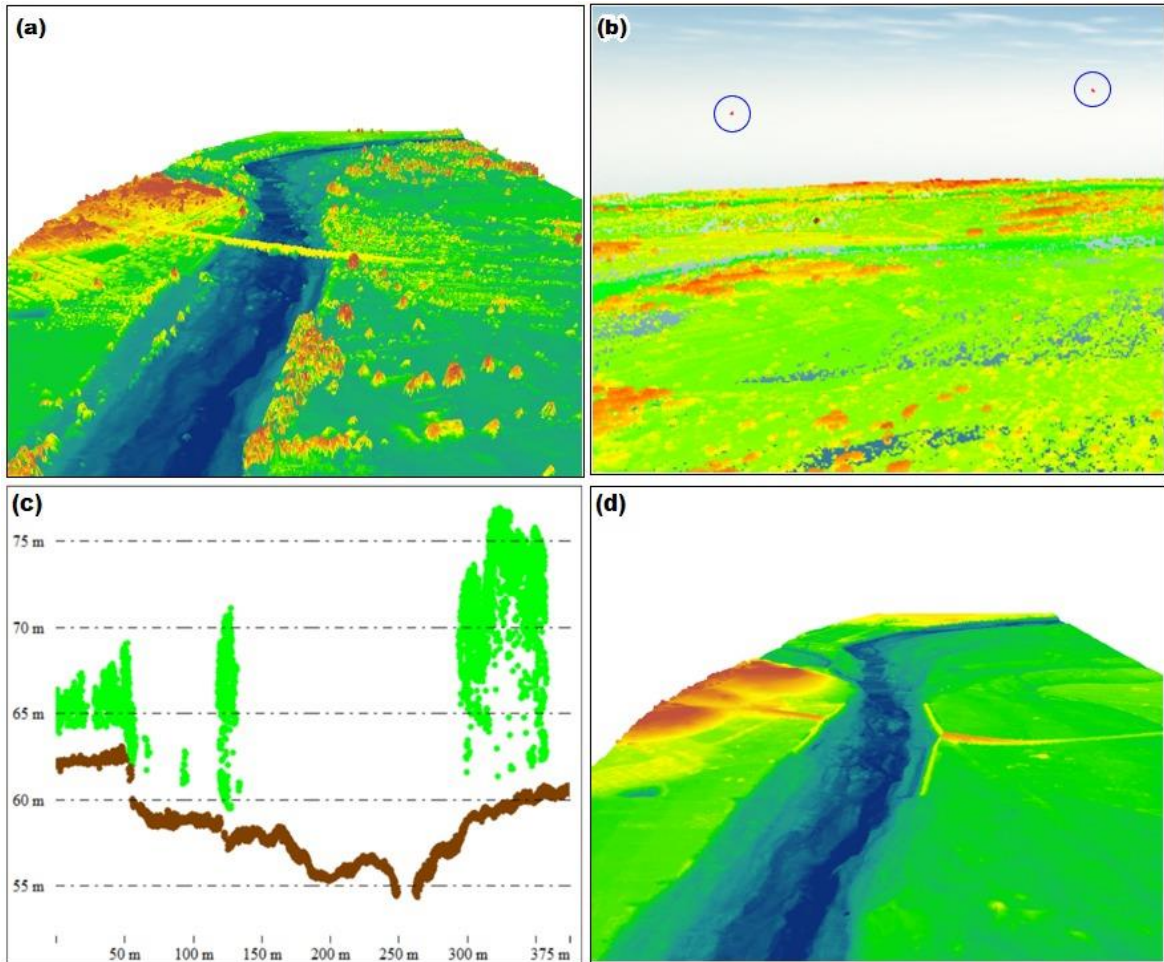


Figura 23. Tratamiento de la nube de puntos Lidar: MDS (a), puntos atípicos (b) clasificación de puntos (c), MDT(d)

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24 y 25 se muestra la evolución espacial y temporal del comportamiento del flujo en los diversos pasos de tiempo computacional para el periodo de retorno de 100 años, donde se puede visualizar como varía los tirantes y velocidades de agua en cada intervalo de tiempo, en el paso del tiempo de 16 horas el agua recorre el cauce del río mientras tanto en el paso del tiempo de 24 horas hacia adelante se observa que el río Piura ya presenta desbordamiento en ambos márgenes.



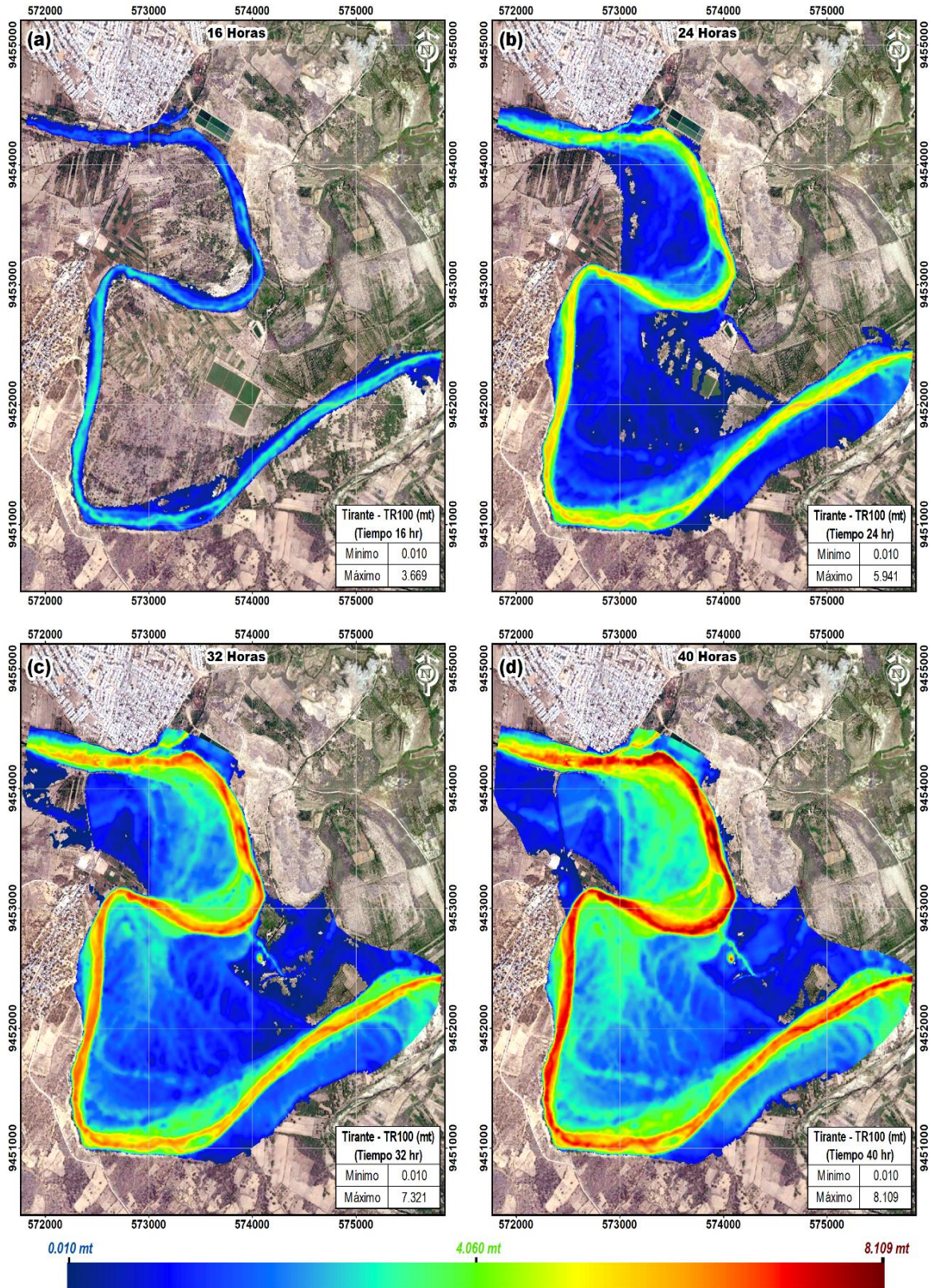


Figura 24. Secuencia temporal del tirante de agua para TR=100 años

Fuente: Elaboración propia



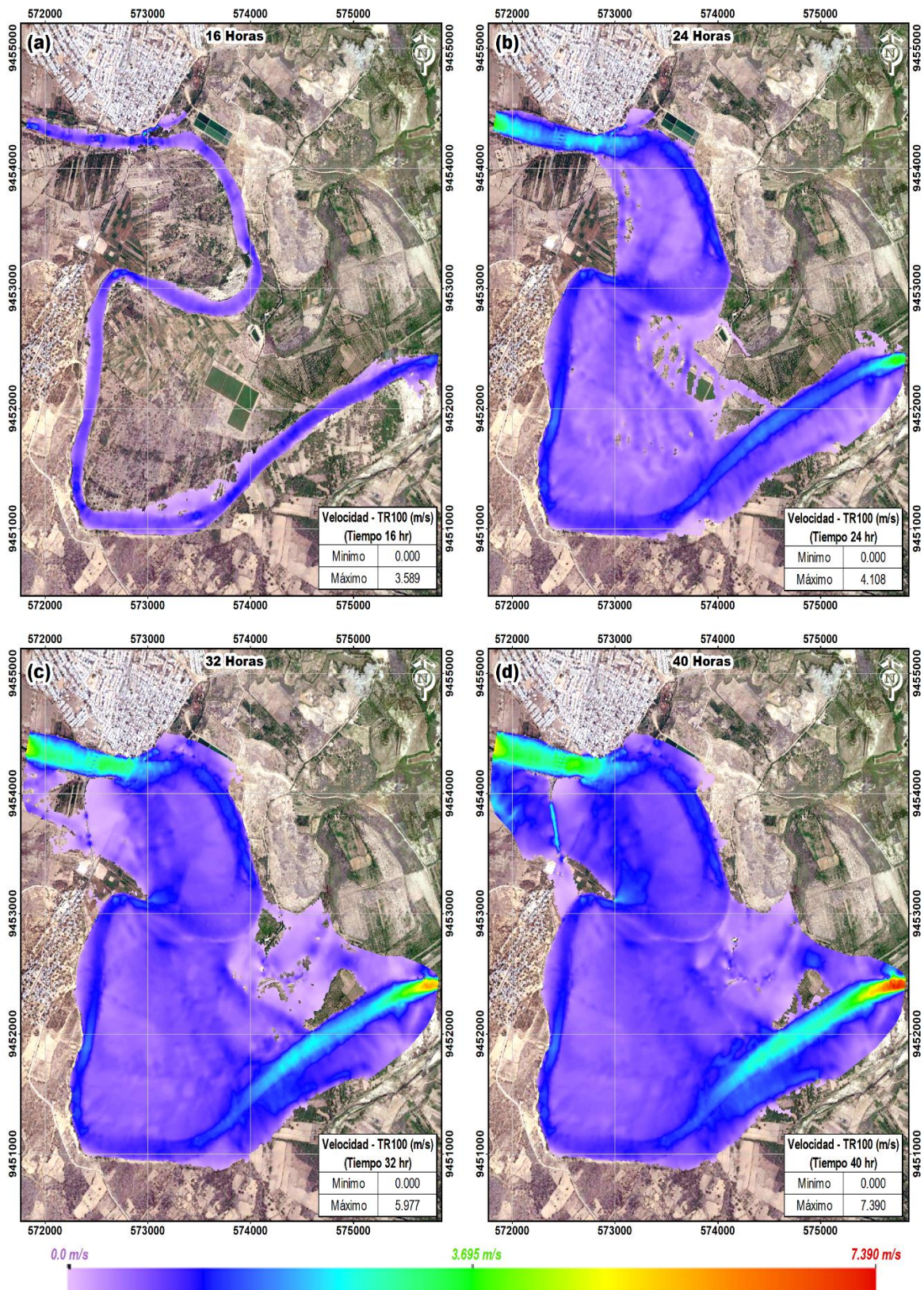


Figura 25. Secuencia temporal de velocidades de agua para TR=100 años

Fuente: Elaboración propia

## Mapa de tirantes y velocidades

En la figura 26 se muestra la distribución espacial de las profundidades máximas de agua que se alcanzaron en cada escenario simulado. En la parte baja de las imágenes se visualiza una barra de colores el cual muestra el rango de tirantes, el color rojo oscuro indica la mayor profundidad y el color azul oscuro una menor profundidad es así que para la inundación de TR 10 años (figura 26b), los tirantes máximos de la simulación fueron de 0.010 m a 6.526 m de profundidad, por otro lado, para la inundación de TR 50 años (figura 26c), los tirantes máximos están en el rango de 0.012 m a 7.912 m y finalmente para la inundación de TR 100 años (figura 26d), los tirantes máximos de la simulación están en el orden de 0.013 m a 8.321 m, por otro lado, como se logra apreciar en los resultados de los tres escenarios, la inundación se produce en ambos márgenes del río Piura afectando grandes extensiones de campos de cultivos, vías de comunicación y en menor proporción viviendas, en algunos sectores las profundidades no superan el medio metro de profundidad sin embargo, aun así estas alturas de agua no deja de ser peligrosa por la dificultad que puede presentar en las actividades de las personas.

En la figura 27 se observa las velocidades máximas del flujo de agua que alcanzaron en los tres periodos de retorno, observando el rango de velocidades, para el TR 10 años la velocidad máxima es de 4.58 m/s, para el TR 50 es de 6.82 m/s y finalmente para el TR 100 es de 7.72 m/s, las mayores velocidades se presentan en la corriente superior y a lo largo del cauce del río esto debido a la profundidad y pendiente, mientras tanto, en la zona de planicie las velocidades de flujo son menores debido a la rugosidad del terreno y la pendiente baja.

Para validar los resultados obtenidos se ha comparado con una imagen satelital Sentinel 2A de fecha 18 de marzo del 2017 ( figura 26a), el mencionado día la estación hidrométrica Tambo Grande registro un caudal asociado a un periodo de retorno de 10 años y como se puede observar la huella de inundación ocasionado por este caudal es similar al obtenido con el modelamiento realizado con el software IBER para el mismo periodo de retorno (figura 26b) por lo tanto se puede indicar que los resultados obtenidos en la presente investigación están representando adecuadamente la realidad.



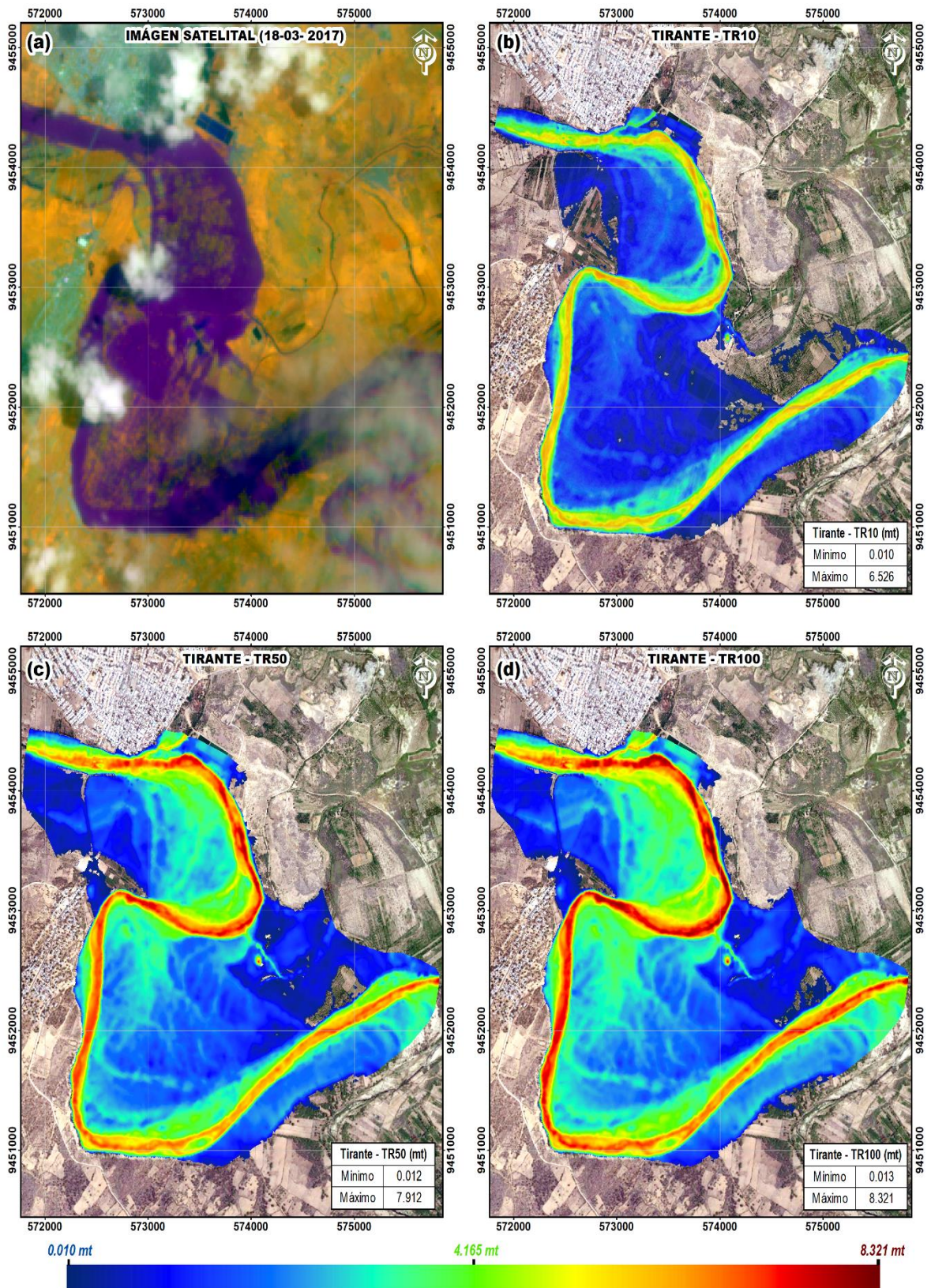


Figura 26. Tirante de agua para diferentes periodos de retorno

Fuente: Elaboración propia



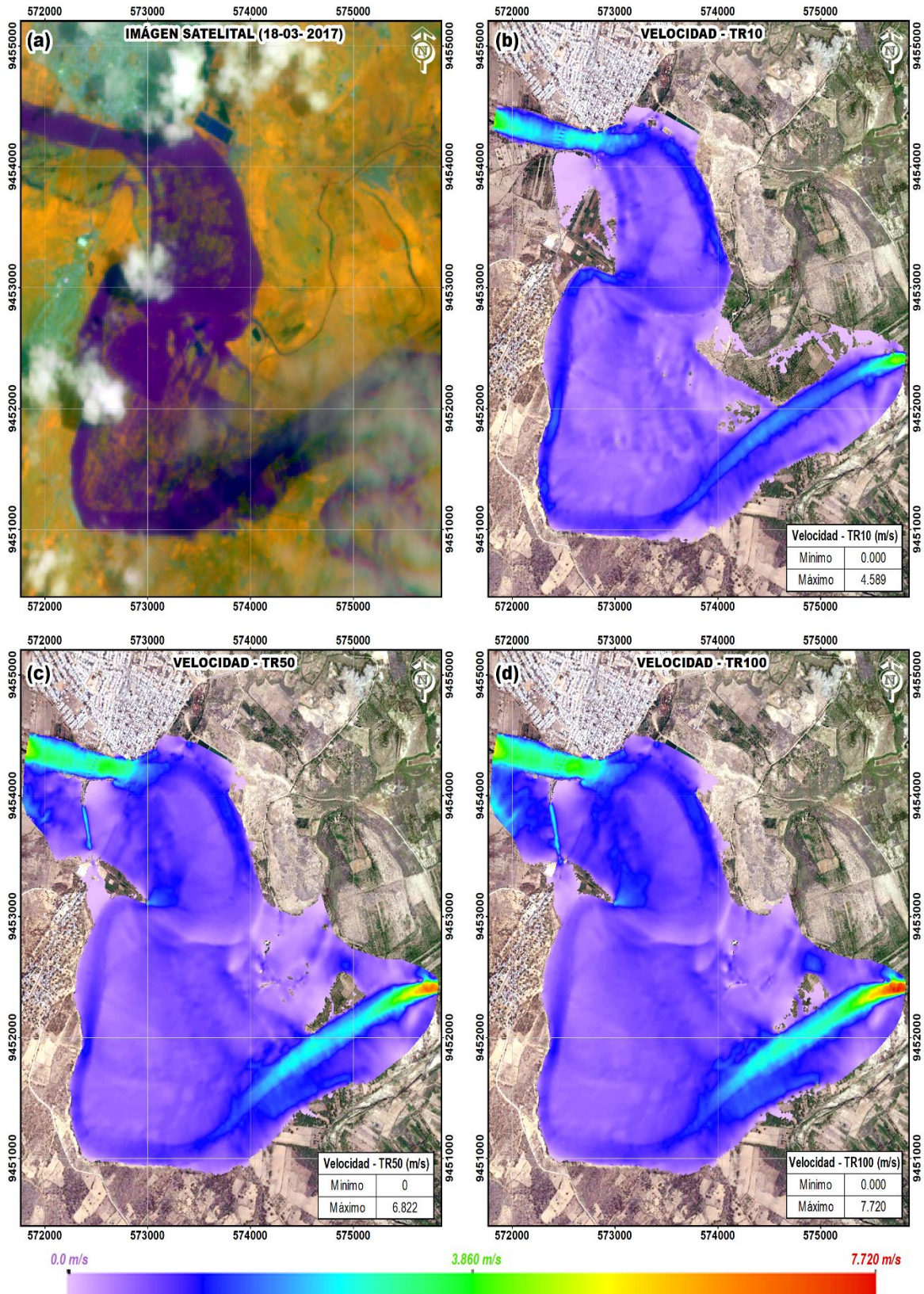


Figura 27. Velocidad de agua para diferentes periodos de retorno

Fuente: Elaboración propia

### Detalle de nivel de agua a la altura del puente Tambo Grande y zona urbana de la ciudad de Tambo Grande

En la figura 28 se observa los niveles de agua máximo que alcanza a la altura del puente para el periodo de retorno de 10 años, las zonas de color rojo son las de mayor profundidad y azul las de menor profundidad, como se puede observar en la parte inferior derecha de la imagen el tirante de agua no logra afectar el área urbana.

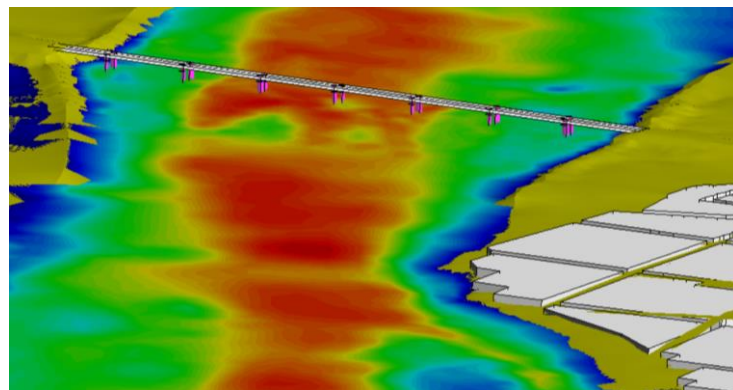


Figura 28. Detalle del nivel de agua - TR=10 años

Fuente: Elaboración propia

En la figura 29 y 30 se observa los niveles máximos de agua alcanzado por los eventos de inundación de TR 50 y TR 100 años, en ambos casos el área urbana y periurbana de la ciudad de Tambo Grande serian afectados por la inundación.

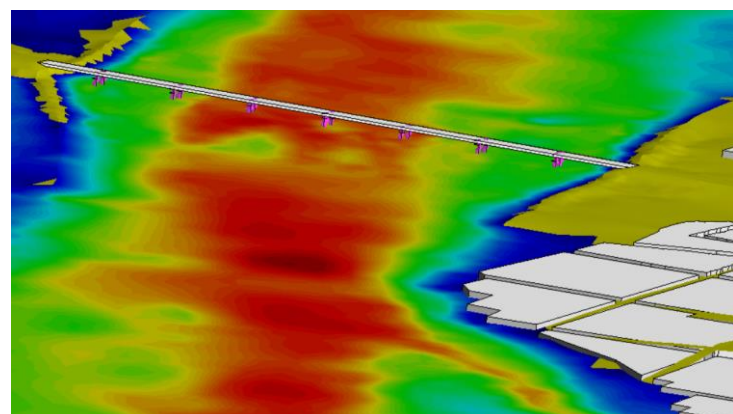
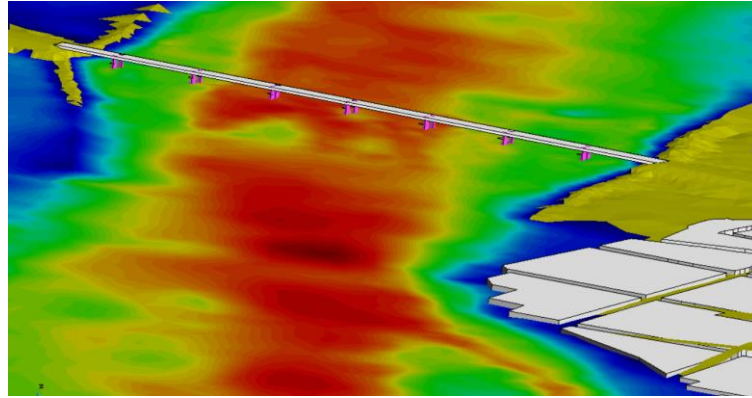


Figura 29. Detalle del nivel de agua - TR=50 años

Fuente: Elaboración propia

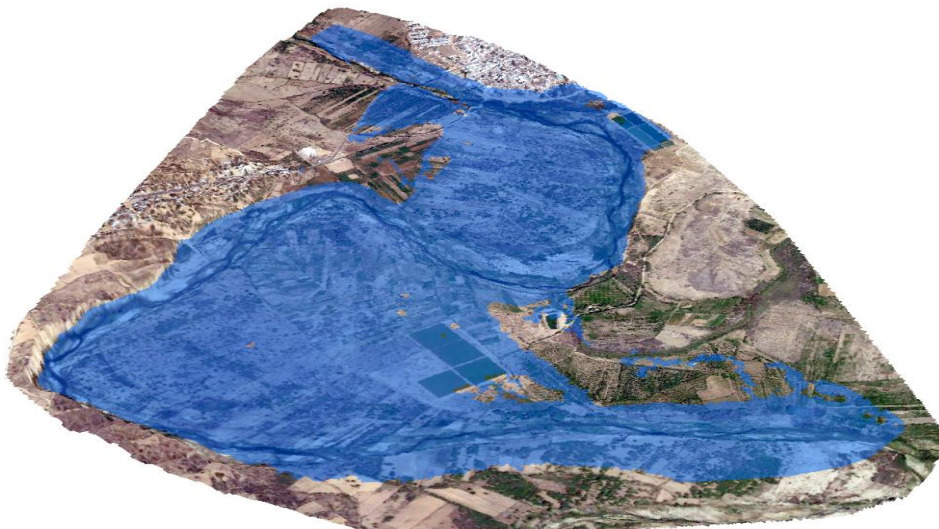




*Figura 30.* Detalle del nivel de agua - TR=100 años

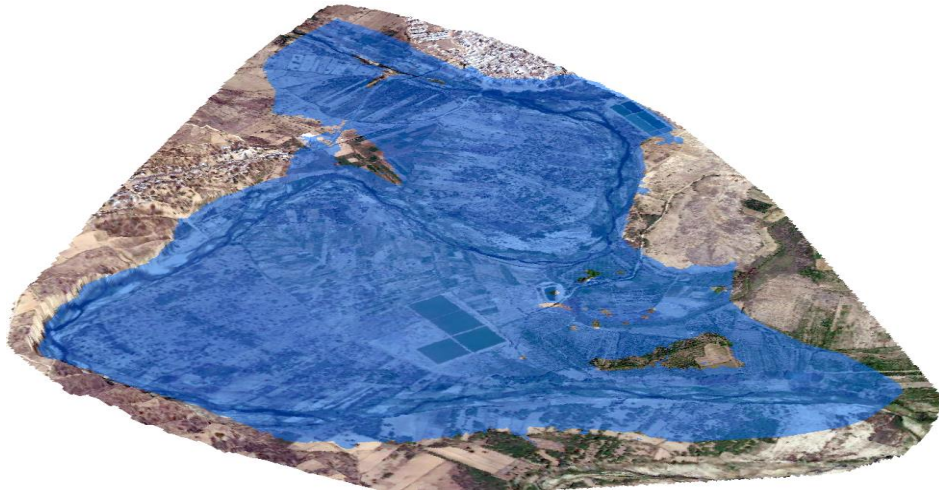
Fuente: Elaboración propia

En las Figuras 31, 32 y 33 se presenta las áreas de inundación, para el caso de TR 10 años la extensión total inundada es de 480.15 has afectando 226.65 has de campos de cultivo y 1.55 km de vías de comunicación, mientras tanto, para el TR 50 años, el área inundada total es de 624.34 has, afectando campos de cultivo en una extensión de 348.66 has, 4.11 km de vías de comunicación y 0.89 has de zona urbana, y finalmente, para el TR 100 años el área inundada total es de 641.51 has, afectando 358.64 has de campos de cultivo, 4.4 km de vías de comunicación y 1.86 has de zona urbana.

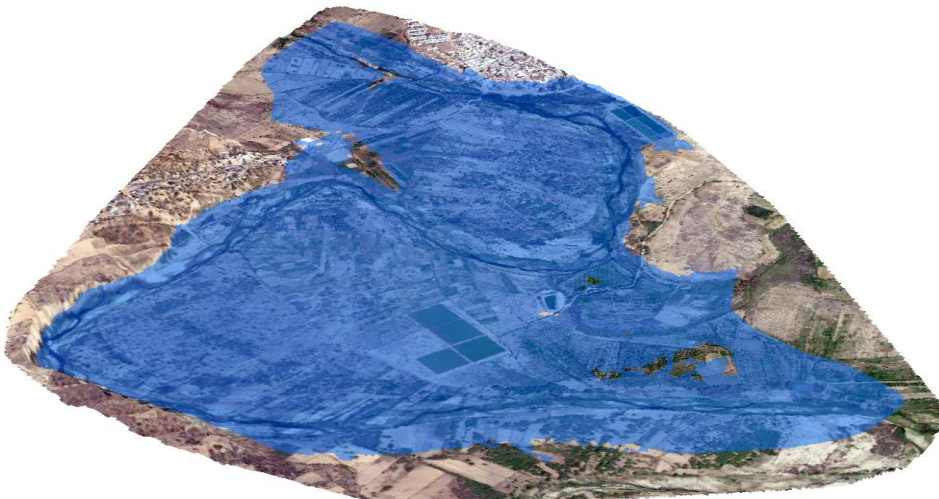


*Figura 31.* Área de inundación - TR=10 años

Fuente: Elaboración propia



*Figura 32. Área de inundación - TR=50 años*  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 33. Área de inundación - TR=100 años*  
Fuente: Elaboración propia

## V DISCUSIONES

Con respecto a la pregunta general de la presente investigación referido a; ¿cuáles serán las áreas afectadas por la inundación para los diferentes periodos de retorno?, respecto a esta pregunta los resultados de las simulaciones arrojan que para TR-10 años es de 480.15 has, TR-50 años de 624.34 has y TR-100 años de 641.51 has, estas áreas de inundación afectan principalmente campos de cultivo, infraestructura vial y en menor proporción zona urbana, sin embargo, para un periodo de retorno de 500 años las zonas urbanas serian afectadas considerablemente en la parte sur del distrito de Tambo Grande.

El modelamiento hidrológico de máximas avenidas realizada en la presente investigación, se realizó hasta la altura de la estación hidrométrica Tambo Grande ubicada en río Piura que tiene un área de drenaje total de 6379.38 km<sup>2</sup>, en las figuras 18, 20 y 22 se observa gráficamente los hidrogramas de salida asociados a los periodos de retorno de TR = 10 años, TR = 50 años y TR = 100 años, en los cuales los caudales máximos tienen valores de 1736.2 m<sup>3</sup>/s, 3483.5 m<sup>3</sup>/s y 4299.7 m<sup>3</sup>/s respectivamente, por otro lado, Orellana en al año 2021, realizó el modelamiento hidrológico para la cuenca del rio Piura hasta la altura de estación hidrométrica Avelino Cáceres que tiene un área de drenaje hasta este punto de 7672.22 km<sup>2</sup>, en dicho estudio obtuvo caudales máximos para diferentes periodos de retorno como TR = 25 años, TR = 50 años, TR = 100 años y TR = 500 años obteniendo valores máximos de 3202 m<sup>3</sup>/s, 4091 m<sup>3</sup>/s, 5477 m<sup>3</sup>/s y 9754 m<sup>3</sup>/s correspondientemente, como se puede observar los caudales obtenidos por Orellana son un poco más altos al obtenido en la presente investigación esto se debe a que la cuenca de drenaje hasta la estación hidrométrica Avelino Cáceres es mucho mayor presentando una diferencia de área igual a 1292.84 km<sup>2</sup>.

Para la validación de los resultados del modelamiento hidrológico se tomó los registros de caudales máximos instantáneos de la estación hidrométrica Tambo Grande del periodo de 1925 a 2008, al cual se realizó el análisis de frecuencias resultando la distribución teórica GEV MAX el que mejor se ajusta a la data histórica, con esta distribución se obtuvo caudales para los periodos de retorno de 50 y 100 años dando como resultado caudales de 3330.13 m<sup>3</sup>/s y 4544.91 m<sup>3</sup>/s respectivamente, haciendo la comparación con los caudales simulados en la



presente investigación que son de 3483.5 m<sup>3</sup>/s y 4299.7 m<sup>3</sup>/s para los periodos de retorno de 50 y 100 años se observa que los valores son muy cercanos, presentando un error menor a 5%, lo cual indica que se han obtenido resultados satisfactorios en la presente investigación.

En zonas bajas donde la pendiente no es pronunciada la delimitación precisa de las zonas inundables se vuelve mucho más difícil y requiere una descripción más detallada del territorio, en particular, la definición de áreas de inundación en las zonas costeras como el de la presente investigación es extremadamente difícil debido a los pequeños cambios en la elevación de la superficie terrestre y debido a la presencia de estructuras hechas por el hombre que modifican significativamente la distribución de las inundaciones. En la mayoría de los estudios realizados utilizan topografía obtenida por métodos convencionales el cual no permite contar con mediciones confiables, este es uno de los problemas más comunes asociados a la calibración de los modelos hidráulicos. En la presente investigación para superar estas dificultades y reducir la brecha entre las mediciones terrestres con equipos convencionales se ha utilizado topografía obtenido con tecnología Lidar adecuado para derivar modelos digitales de terreno (DTM) precisos permitiendo obtener resultados óptimos de mapas de inundación.

Actualmente se cuenta con infinidad de sensores espaciales que proporcionan de manera gratuita imágenes satelitales con diferentes características radiométricas, espaciales y temporales, estas son utilizados para realizar estudios en múltiples áreas de la ingeniería, en la presente investigación se ha utilizado imágenes satelitales Sentinel 2A para realizar la validación de los resultados del modelamiento hidráulico (figura 26a), antes de utilizar estas imágenes se ha realizado una corrección radiométrica y atmosférica esto con la finalidad de eliminar las perturbaciones que pudiera ocasionar el espesor de la atmosfera y seguidamente se realizó la composición de bandas para posteriormente visualizar la huella de inundación por medio de una combinación en falso color, la imagen utilizada fue de fecha 18 de marzo del 2017, el mencionado día la estación hidrométrica Tambo Grande registro un caudal asociado a un periodo de retorno de 10 años y comparando esta huella de la imagen con la huella de inundación obtenida de la simulación usando el software IBER (TR10 años) si visualiza que

ambos presentan un comportamiento espacial muy similar entre las huellas de inundación, lo que nos indica que los resultados obtenidos del modelamiento hidráulico en la presente investigación están representando adecuadamente la realidad y además se observa la importancia de contar con información satelital para este tipo de estudios.

Con respecto a la evolución espacial y temporal del modelamiento hidráulico para el periodo de retorno de TR-100 años, los resultados obtenidos muestran algunos puntos interesantes con respecto a los tiempos de la inundación y su dinámica distributiva en el dominio de cálculo. Después de haber comenzado la simulación, aproximadamente a los 57600 segundos (16 horas) el flujo de agua recorre prácticamente a lo largo de toda la longitud del cauce sin producir desbordamiento alguno conduciendo un caudal de 303.5 m<sup>3</sup>/s, a los 86400 segundos (24 horas) en adelante el río Piura ya presenta desbordamientos en ambos márgenes del río y a los 165600 segundos (46 horas) el río alcanza el caudal pico presentándose en ese momento los tirantes y velocidades máximos, contando con este tipo de información estos serían de mucha utilidad para planificar una repuesta rápida por parte de la población organizada, buscar zonas de evacuación y de esta manera evitar pérdidas de vidas humanas.

Dentro de las diferencias entre una simulación y otra, las variables que resultan ser relevantes en el estudio hidrológico e hidráulico se pueden mencionar los siguientes; el parámetro hidrológico Curva Numero CN es una de las variables más sensibles, otra de las variables es la forma y tamaño de la malla en donde se generan los cálculos, esta malla generada a partir de un DMT debe tener un buen detalle o resolución espacial, otra variable importante es la rugosidad de las coberturas, estas variables son determinantes para la precisión de los resultados.

Se identificaron algunas limitaciones a lo largo de la presente investigación, una de las más importantes es la ausencia de datos de precipitaciones, algunas estaciones meteorológicas los equipos no midieron las precipitaciones de forma regular durante todo el año, esta es una gran limitación para investigaciones de carácter hidrológico que quiera contar con datos actualizados y precisos.

Algunas limitaciones que presenta el programa HEC HMS es que los parámetros que se ingresa al modelo se asume que no varían durante la simulación del evento,

sin embargo una simulación puede durar varias horas incluso días entonces muchos de los parámetros podrían fácilmente variar durante esas horas de simulación pero en este caso el programa asume que se mantienen constante, otra limitación que también es importante es que los procesos de infiltración y evapotranspiración que dependen ambos de la humedad del suelo (mientras más húmedo está el suelo menos infiltración habrá y mayor evapotranspiración se presentara, por otro lado, mientras menos húmedo este el suelo más velocidad de infiltración puede existir y menos evapotranspiración va ver en este caso) el programa no considera esa relación durante el modelamiento y lo último es que el programa tiene un componente para transitar onda de flujo pero básicamente este tránsito de onda es generado mediante una onda cinemática o una onda difusa entonces si es que se genera de alguna manera remanso en algún tramo del cauce estos dos últimos métodos de enrutamiento no va poder simularlo.

## VI CONCLUSIONES

- Con la culminación del presente trabajo de investigación se logró identificar las zonas de inundación que son afectadas por los diferentes periodos de retorno, se ha obtenido mapas especializados de la huella o zona de inundación en donde para el TR de 10 años la zona inundada es de 480.15 has afectando campos de cultivo en un total de 226.65 has y vías de comunicación en una longitud de 1.55 km, por otro lado, para el TR de 50 años, la zona inundada abarca un área total es de 624.34 has, afectando principalmente campos de cultivo en una extensión de 348.66 has, vías de comunicación en una longitud de 4.11 km y área urbana en una extensión de 0.89 has, finalmente, para el TR de 100 años la zona inundada total es de 641.51 has, afectando campos de cultivo en una extensión de 358.64 has, vías de comunicación en una longitud de 4.4 km y 1.86 has de zona urbana.
- Se logró realizar el modelamiento hidrológico hasta la ubicación de la estación hidrométrica Tambo Grande usando el programa HEC-HMS, hasta dicho punto se determinaron los hidrogramas de salida presentando caudales máximos de 1736.20 m<sup>3</sup>/s para el TR de 10 años, 3483.5 m<sup>3</sup>/s para el TR de 50 años y de 4299.7 m<sup>3</sup>/s para el TR de 100 años, la validación de estos resultados se realizó con data histórica de caudales máximos instantáneos registrados en la estación hidrométrica del periodo de 1925 a 2008, con la distribución teórica GEV MAX se obtuvo caudales de 3330.13 m<sup>3</sup>/s y 4544.91 m<sup>3</sup>/s para los TR de 50 y 100 años respectivamente, haciendo la comparación con los caudales simulados de HEC-HMS se observa que los valores son muy cercanos, presentando un error menor a 5%, lo cual indica que se han obtenido resultados satisfactorios.
- Se logro realizar el modelamiento hidráulico en un tramo de 10.5 km del río Piura donde se obtuvo los parámetros hidráulicos como tirantes y velocidades máximas de agua, para el TR de 10 años los tirantes de agua están entre 0.010 a 6.526 m, para el TR de 50 años los tirantes de agua están en el rango de 0.012 a 7.912 m y para el TR de 100 años los tirantes de agua son de 0.013 a 8.321 m, por otro lado, las velocidades máximas alcanzadas agua están en el orden de 4.589 m/s para el TR de 10 años, 6.822 m/s para el TR de 50 años y 7.720 m/s para el TR de 100 años.

## VII RECOMENDACIONES

- Se recomienda considerar los resultados obtenidos de la presente investigación por las entidades como CENAPRED, INDECI, Gobierno Local y Gobierno Regional a fin de que puedan utilizarlo para una adecuada planificación espacial, para el diseño de obras de protección, para incorporar planes eficientes de prevención entre otras cosas.
- Es importante seguir realizando estudios de máximas avenidas en las diferentes cuencas hidrológicas de Perú a fin de contar con una herramienta que permita ejecutar simulaciones hidráulicas (zona media y baja).
- Para estudios de modelamientos hidráulicos se recomienda utilizar topografía obtenido por tecnologías Lidar debido a que son más precisos y adecuados en zonas bajas donde la pendiente no es pronunciada (superficie de terreno con pequeños cambios en la elevación).

## REFERENCIAS

1. AHMADI, Behzad and MORADKHANI, Horadkhani. Revisiting Hydrological drought propagation and recovery considering water quantity and quality, *Hydrological Processes*, (33):1492-1505, 2019.  
ISSN: CCF-1539605
2. AHMED, Laabidi, ABDELLAH, El Hmaidi, LAHCEN, Gourari and MOURAD, El Abass. Apports Du Modele Numerique De Terrain Mnt A La Modelisation Du Relief Et Des Caracteristiques Physiques Du Bassin Versant Du Moyen Beht En Amont Du Barrage El Kansera (Sillon Sud Rifain, Maroc. (12): 258-288. 2016  
ISSN:1857-7881
3. AMIAR, Sekina, BOUANANI, Abderrazak, BABA-HEMED, Kamila y BELARDI, Halima. Variabilité pluviométrique dans le bassin versant du Haut et Moyen Cheliff, *Journal of Water Science*. (32): 337-347. 2020.  
ISSN: 1718-8598.
4. APARICO M. Francisco. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*, Ed. LIMUSA, S.A. México 1992  
ISBN: 968-18-3013-8
5. BASSO, Sebastián, *Modelación de inundaciones generadas por crecidas del río Blanco en la localidad de Chaitén, post eventos del 2008*. Región de Los Lagos, Universidad Austral de Chile 2017.
6. BANHOLZER, Sandra.; KOSSIN, James.; DONNER, Simon. *The Impact of Climate Change on Natural Disasters*. In *Reducing Disaster: Early Warning Systems for Climate Change*; Singh, A., Zommers, Z., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 21-49.2014.  
ISBN: 978-94-017-8597-6
7. BERGUI, Anass. *Étude hydrologique et hydraulique du bassin versant de l'Ardèche : réalisation des cartes des zones inondables*, Memoire de fin d'étude, École Nationale du Genie de L'eau et de L'environnement de Strasbourg 2018.  
99pp
8. CHEN, Liwen, WU, Yanfeng, JUN XU, Y, ZHANG, G. *Alteration of flood pulses by damming the Nenjiang River, China – Implication for the need to identify a*

- hydrograph-based inundation threshold for protecting floodplain wetlands. *Journal Ecological* (124): 107406, 2021.
9. CHOW, V. MAIDMENT, D. R., MAYS, L. W : *Applied Hydrology*, McGraw-Hill, 1988
  10. CHOW, V.; MAIDMENT, David; MAYS, L. *Hidrología Aplicada*, Ed. McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A. Santafé de Bogotá, Colombia 1994  
ISBN: 958-600-171-7
  11. FRAGA, Ignacio; CEA, L.; PUERTAS, Jeronimo; MOSQUEIRA, Gonzalo, QUINTEROS, Belen; BOTANA, Sonia; FERNANDEZ, Laura; SALSON Santiago; FERNANDEZ, Guillermo; TOBOADA, Juan. *MERLIN: Una nueva herramienta para la predicción del riesgo de inundaciones en la demarcación hidrográfica Galicia-Costa*, *Ingeniería del agua*, (25):215-227, 2021.
  12. FIALA, Dianer. *Le rôle des haies dans la régulation hydrologique et la qualité des eaux en milieu agricole*, tesis (Master professionnel). Francia: Université Caen Normandie. 2021. 38pp
  13. FRENCH, A. y MECHLER, R. *Managing el niño risks under uncertainty in Peru: Learning from the past for a more disaster-resilient future*. Laxenburg, Austria: International Institute for Applied Systems Analysis, (1): 1-39.2017.
  14. GRIMALDI, S., Li, Y., PAUWELS, R.N., WALKER, J.P., *Remote sensing-derived water extent and level to constrain hydraulic flood forecasting models: opportunities and challenges*. *Surv. Geophys.* (37): 977–1034. 2016.  
[Doi.org/10.1007/s10712-016-9378-y](https://doi.org/10.1007/s10712-016-9378-y).
  15. GOMERO Armas, Daniel. *Modelamiento hidrológico e hidráulico para evaluación de áreas inundables en el río pisco, tramo 6+500 al 7+900*. Tesis (Grado de ingeniero). Perú: Universidad nacional Agraria la Molina, ingeniería Agrícola, 2019. 41pp
  16. HALL, J; ARHEIMER, B; ARONICA, G; BILIBASHI, A; BOHAC, M; BONACCI, O; BORGA, M; BURLANDO, P; CASTELLARIN, A, CHIRICO, G; CLAPS, P; FIALA, K; GORBACHOVA, L; GÜL, A; HANNAFORD, J; KISS, A; KJELDSSEN, T; KOHNOVÁ, S; KOSKELA, J; MACDONALD, N; MAVROVA-GUIRGUINOVA, M; LEDVINKA, O; MEDIERO, L; MERZ, B; MERZ, R; MOLNAR, P; MONTANARI, A; OSUCH, M; PARAJKA, J; PERDIGÃO, R;

- RADEVSKI, I; RENARD B; ROGGER, M; SALINAS J; SAUQUET E; ŠRAJ, M; ZOLGAY, J; VIGLIONE, A; VOLPI, E; WILSON, D, ZAIMI, K; y BLÖSCHL, G. European Flood Database: Facilitating comprehensive flood research beyond administrative boundaries, Copernicus Publications on behalf of the International Association of Hydrological Sciences.(370): 89-95, 2015.
17. HATTA, M; FADLIN, F; HARUN, R; ELFITA, Y. and RENRENG, I. Application of 2D numerical simulation for the analysis of July 2020 North Luwu flood, Earth and Environmental Science. 841 (1):012028, 2021.
  18. HAWKER, L; NEAL, J. and BATES, P. Accuracy assessment of the TanDEM-X 90 digital elevation model for selected floodplain sites, Remote Sensing of Environment. (232): 111319. 2019.  
doi.org/10.1016/j.rse.2019.111319
  19. HERNÁNDEZ, Roberto; BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación, 6ta Ed. México, McGRAW HILL, 2014. 632 pp.  
ISBN: 978-1-4562-2396-0
  20. HERNÁNDEZ, Morales, PETACCIA, G., BRUFAU, P, and NAVARRO, G. Conservative 1D - 2D coupled numerical strategies applied to river flooding, The Tiber (Rome), Applied Mathematical Modelling, (40):2087-2105.2016.
  21. INDECI Compendio estadístico del INDECI 2017 – Gestión reactiva/ Perú. Dirección de Políticas, Planes y Evaluación, 2017. Pp13-28.
  22. INDECI Boletín estadístico virtual de la gestión reactiva. (N°11). Año 6. JUL 2019.
  23. IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. In A Special Report of Working Groups 1 and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change; Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D.J., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.-K., Allen, S.K., et al., Eds.; Cambridge University Press: Cambridge, UK; New York, NY, USA, 2012; p. 582.
  24. JOURDAN, Camille, Approche mixte instrumentation-modélisation hydrologique multi-échelle d'un bassin tropical peu jaugé soumis à des changements d'occupation des sols : cas du bassin de la Méfou (Yaoundé, Cameroun), these(grade de docteur), Canada: Université de Montpellier. 2019. 449 pp



25. KABITE, G.; GESSESSE, B. Hydro- geomorphological characterization of Dhidhessa River Basin, Etiopia. International Soil and Water Conservation Research Journal. (6):175-183, june 2018.
26. KHAN, Azaz; PATHAN, I y AGNIHOTRI, P. 2-D Unsteady Flow Modelling and Inundation Mapping for Lower Region of Purna Basin Using HEC-RAS, Nature Environment and Pollution Technology. (19): 277-285, 2020.  
ISSN 2395-3454
27. KOUEDJOU, I; BANIMB, Robert. Morphometric analysis of the menoua watershed for a better management of morphohydrological risks, American Journal of Innovative Research and Applied Sciences. (5):188-197, 2021.  
ISSN 2429-5396
28. KOUTSOYIANNIS, Demetris. Revisiting the global hydrological cycle: is it intensifying, Water Resources and Environmental Engineering. (24):3899-3932.2020
29. LEON, A., and KRAUL, C. Peru's brutal season of floods leaves 94 dead, 700,000 homeless. The Los Angeles Times, 28 March 2017.
30. MARTINS, Marcia, GOMES, Alberto y PINTO, Pedro. Hydraulic modeling for the assessment of flood hazard using the Iber software in the Amarante urban center, Geographic Information Sciences Commons, and the Physical and Environmental Geography Commons, (18): 1-9, 15 june 2018.  
ISSN 2236-5664
31. MEDEIROS, F., LIMA, J., Silva, R., PEREIRA, S., FREITAS, A., LIMA, A., LIMA, L., SILVA, J. L., y MONTE, A. Analysis of Morphometric Variables of River Espinharas Hydrographic Sub-basin Using Geographic Information System. Journal of Experimental Agriculture International, (6):1-18. 2019.  
ISSN: 2457-0591
32. MUHAMMAD, Chaudhary, PIRACHA, Awais. Natural Disasters-Origins, Impacts, Management, Management. Encyclopedia. (1):1101-1131.2021.
33. MUHU Alin. IOAN, Catalin; STOLERIU, Cristian, NUÑEZ, Martin; Using High-Density LiDAR Data and 2D Streamflow Hydraulic Modeling to Improve Urban Flood Hazard Maps: A HEC-RAS Multi-Scenario Approach, water, (9): 1-24. 2019.  
ISSN: 2073-4441

34. MOHAJAN, Haradhan. Two Criteria for Good Measurements in Research: Validity and Reliability. Munich Personal RePEc Archive MPRA. 17(3):58-82. 2017
35. NGO, A Evaluation environnementale du risque d'inondation dans le delta du fleuve Ha Thanh (centre Viêt-Nam). These (Docteur), Francia: Université d'Orléans, 2014. 429 pp.
36. NGUYEN, P., THORSTENSEN, A., SOROOSHIAN, S., HSU, K., AGHAKOUCHAK, A., SANDERS, B., KOREN, V., CUI, Z., y SMITH, M. A high resolution coupled hydrologic-hydraulic model (HiResFlood-UCI) for flash flood modeling, Journal of Hydrology. (541): 401-420. 2015.
37. NILE, Basim. Effectiveness of Hydraulic and Hydrologic Parameters in Assessing Storm System Flooding, Hindawi Advances in Civil Engineering, (1): 1-28. 2018.  
ID: 4639172.
38. O'CONNOR, J., y COSTA, J. The world's largest floods, past and present. Reston, Va.: U.S. Geological Survey, 2004 13pp.
39. OMENA, Benício; DUDA, Denis; BAZILIO, Mahelvson; OLIVEIRA L. y UVO, Cintia. Modelagem hidrológica e hidráulica aplicada ao mapeamento de áreas inundáveis, Recursos Hídricos, (21):152-167.2016  
ISSN 2318-0331
40. ORELLANA, Caballo, Rogrigo. Modelamiento hidrológico e hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando HEC-HMS y HEC-RAS, tesis (grado) Lima: Universidad Católica del Perú, Facultad de ciencias e ingeniería. 2021. 110pp.
41. PERSSON, H; OLSSON, H; SOJA, M; ULANDER, M. and FRANSSON, J. Experiences from large-scale forest mapping of Sweden using TanDEM-X data, Remote Sensing. (9):1253. 2017.  
doi:10.3390/rs9121253
42. POUDEL, Kabita, BASNET, Keshav, y SHERCHAN, Bikash. Hydrological and Hydraulic Modeling for Flood Analysis: A Case Study for Modi Catchment, International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), (10):534-544, August-2021  
ISSN: 2278-0181

43. PASCUAL, J., & DIAZ, M. Guía práctica sobre la modelización hidrológica y el modelo HEC-HMS, Madrid: Universidad de Alcalá, 2016. 155pp.  
ISBN:978-84-617-7002-1
44. QUIROGA, V.M.; KURE, S.; UDO, K.; MANO, A. Application of 2D numerical simulation for the analysis of the February 2014 Bolivian Amazonia flood: Application of the new HEC-RAS version 5, Ribagua, (3):25-33. 2016
45. RAI, P.K., MOHAN, K., MISHRA, S, AHMAD, A. y MISHRA, V. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Kanhar River Basin, Journal Appl Water Sci. (7):217-232. 2017.
46. RAHAMAN, Abdul. Morphometric assessment of hydrogeomorphic processes and landscape evolution in the Kallar watershed (Western Ghats, India): regionalisation and prioritization, Arabian Journal of Geosciences. (14): 1861. 2021.  
[doi.org/10.1007/s12517-021-08105-z](https://doi.org/10.1007/s12517-021-08105-z)
47. RAMANARIVO, Nary. Modélisation et simulation du fonctionnement hydrologique avec le logiciel HEC-HMS; application au bassin versant de la Sisaony. These (Ingenieur en Hydraulique), Antananarivo: Université d'antananarivo. 2015. 133 pp
48. REBOLHO, Cedric. Modélisation conceptuelle de l'aléa inondation à l'échelle du bassin versant, These (docteur Hydrologie), Francia: AgroParisTech 2018.
49. RESSEL, C. and PFEIFER, N. Evaluation of the elevation model influence on the orthorectification of sentinel-2 satellite images over austria, Eur. J. Remote Sensing (51):693–709, 2017.  
  
Doi:10.1109/JSTARS.2021.3095178
50. SCHARFFENBERG, B.; BARTLES, M.; BRAUER, T., FLEMING, M. y KARLOVITS, G. Hydrologic modeling system HEC-HMS user's manual version 4.3. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, Davis, CA., USA 2018. 640 pp.
51. SHI, Chung-Hsiung, Li, Xiaofan, YANG, Ming-Jen. On the Definition of Precipitation Efficiency, Journal of the atmospheric sciences. (64):4506-4513.2017.
52. TAKAHASHI, Ken, y MARTINEZ, Alejandra. The very strong coastal El Niño in 1925 in the far-eastern Pacific, climate Dynamics. (1):1-27. 2017.

53. TRAMBLAY, Yves, RIBES, Aurelin, SOMOT, Samuel, NEPPEL, Luc, LUCAS-PICHER, Philippe, VINET, Freddy y SAUQUET, Eric. Impacts du changement climatique sur les pluies intenses et les crues en Méditerranée, *Hydroscience Journal*. (107): 1-6. 2021
54. THANH, Dang; SMEDT, Florimond A Combined Hydrological and Hydraulic Model for Flood Prediction in Vietnam Applied to the Huong River Basin as a Test Case Study, *water*, 9(11):1-12. 2017.
55. UNES, Fatih, KAYA, Yunus Ziya, VARCIN, Hakan, DEMIRCI, Mustafa, TASAR, Bestami and ZELENKOVA, Matina. Flood Hydraulic Analyses: A Case Study of Amik Plain, Turkey, *Water*, (12): 1-28, 2020.
56. ULLMANN, T; BÜDEL, C. and BAUMHAUER, R. Characterization of arctic surface morphology by means of intermediated TanDEM-X digital elevation model data, *Zeitschrift für Geomorphologie*. (61): 3–25. 2017.  
Doi: 10.1127/zfg\_suppl/2016/0332
57. VOLPI, Elena, On return period and probability of failure in hydrology, *Engineering water*, (1340):1-13. 2019.
58. WARNER, J. C.; BRUNNER, G. W.; WOLFE, B. C.; PIPER, S. S. HEC-RAS, River Analysis System: Applications Guide – Version 4.10. Davis, CA: US Army Corps of Engineering, 2010.
59. YANG, Yuda, XU, Zhengrong, ZHENG, Weiwei, WANG, Shuihan y KANG, Yibo, *water* (13):1-28, 2021.
60. YOON, S.-K.; KIM, J.-S. y MOON, Y.-I. Integrated flood risk analysis in a changing climate: A case study from the Korean Han River Basin. *KSCE Journal of Civil Engineering*, - *water*, 15(5): 1563-1571. 2014.

ISSN 1976-3808

## Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

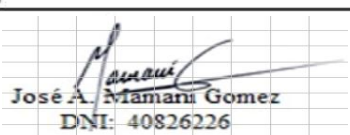
Título: “Modelamiento Hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura”					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
(X1) Modelamiento Hidrológico	Los modelos hidrológicos intentan representar los diferentes procesos que se dan dentro de un espacio (generalmente una cuenca) y que transforman, en principio, una precipitación en escorrentía (Pascual y Diaz 2016)	El modelo utilizado en este estudio, HEC-HMS, desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, está diseñado para simular los procesos de precipitación y escorrentía	DEM-Modelos de elevación digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación de cuenca y subcuencas</li> <li>• Parámetros morfométricos (perfil longitudinal, factor de forma y relieve)</li> </ul>	Razón
			Análisis hidrológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación de diseño</li> <li>• Hietogramas</li> <li>• Hidrogramas de salida</li> </ul>	
(X2) Modelamiento Hidráulico	El modelado hidráulico es, esencialmente, la comprensión y la predicción del flujo de fluidos y sus aplicaciones en entornos industriales, municipales y ambientales, ya sea en el lecho de un arroyo, encerrado en los poros de las rocas en las profundidades de la tierra o en el océano. Lyatkhe, V., Proudovsky A. (2016)	Para determinar los niveles de inundación para diferentes períodos de retorno se utilizó el modelo hidráulico IBER 2D (versión 2.5.2), es un modelo matemático que simula flujos supercríticos, subcríticos o mixtos en canales naturales o artificiales (Warner et al., 2010). El algoritmo de modelado de flujo 2D del programa resuelve ecuaciones de aguas poco profundas, también llamadas ecuaciones bidimensionales de Saint Venant o las ecuaciones de onda de difusión 2D. las cuales resuelve mediante el algoritmo de volúmenes finitos implícitos Mihu A. et al (2019).	Análisis hidráulico	Parámetros hidráulicos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Área de inundación (has)</li> <li>• Tirante de agua (m)</li> <li>• Velocidad de flujo (m/seg),</li> </ul>	Razón

## Anexo 2. Matriz de consistencia

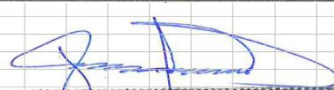
Título: “Modelamiento Hidrológico e hidráulico bidimensional para la identificación de zonas inundables aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura”							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGÍA
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	Variable dependiente	Áreas de inundación	Mapa espacial para TR =10, TR=50, TR= 100 años	ARCGIS v.10.8	Tipo de investigación: Aplicada  Enfoque de investigación: Cuantitativa  El diseño de la investigación: No experimental  El nivel de la investigación: Descriptiva  Población: Cuenca hidrográfica del río Piura  Muestra: Delimitada hasta la ubicación de la estación hidrométrica Tambo  Muestreo: Aguas arriba de la estación hidrométrica Tambo Grande 10.5Km
¿Cuáles serán las áreas afectadas por la inundación de los diferentes períodos de retorno?	identificar zonas de inundación para diferentes periodos de retorno aguas arriba del puente Tambo Grande del río Piura	Existen grandes extensiones de campos de cultivo, vías de acceso y área urbana afectados por las inundaciones del periodo de retorno de TR-50 y TR-100 años					
<b>PROBLEMA ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>	Variable independiente	Modelamiento hidrológico	Hidrograma de salida (TR=10, TR=50, TR =100 Años)	HEC-HMS (v.4.8), ARCGIS v.10.8, HYDROGNOMON v.4.1, SURFER v.18.1, SASplanet	
¿Cuáles son los hidrogramas de salida para los periodos de retorno TR = 10, TR=50, TR= 100 años?	Realizar el modelamiento hidrológico para la estimación de hidrogramas de salida	El modelo hidrológico permite obtener los hidrogramas de salida para diferentes periodos de retorno					
¿Cuáles son los tirantes y velocidades de las zonas sometidas a inundación ante avenidas máximas probables?	Realizar el modelamiento hidráulico aguas arriba del puente Tambo Grande	El modelamiento hidráulico permite determinar los parámetros hidráulicos de las zonas de inundación	Variable independiente	Modelamiento numérico bidimensional	Parámetros hidráulicos (velocidad de flujo (m/seg), tirante de agua (m))	HEC-RAS 2D (v.6.0) o IBER, GLOBAL MAPPER v.22.1, ARCGIS v.10.8	

### Anexo 3. Ficha de registro de datos

#### FICHA DE REGISTRO DE DATOS


I. DATOS INFORMATIVOS:			
TÍTULO		Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura	
UBICACIÓN			
REGION		Piura	
PROVINCIA		Piura	
DISTRITO		Tambo Grande	
METODOLOGÍA DE INVESTIGACION			
TIPO DE INVESTIGACIÓN		Aplicada	
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN		Diseño no experimental - transversal	
V. INDEPENDIENTE		Modelo hidrológico	
		Modelo hidraulico	
II. RECOPIACION DE DATOS DEL PROYECTO			
FUENTE		DATA/PRODUCTO	
SENAMHI (Estaciones Meteorologicas)		Precipitaciones máximas de 24 horas	
AACHCP (Autoridad Autonoma de la cuenca hidrografica Chira Piura)		Caudales instantáneos	
Servidor ASF/USGS		DEM- Alos Palsar	
ANA		Topografía Lidar/Parametros hidrologico CN	
Servidor USGS		Imágenes satelitales: Landsat 8/Sentinel 2A	
III. ASPECTO DEL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN			
3.1. MODELO HIDROLÓGICO			
CASO 1		DIMENSION 1	DIMENSION 2
		DEM-Modelo de elevacion digital	Análisis hidrológico
SUBCUENCA	SB-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Delimitación de cuenca y subcuencas</li> <li>Parámetros morfométricos de forma (Área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce, coeficiente de compacidad, factor de forma) y relieve (pendiente, altitud, curva hipsométrica y otros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitación de diseño</li> <li>Hietogramas</li> <li>Hidrogramas de salida (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>
SUBCUENCA	SB-2		
SUBCUENCA	SB-3		
SUBCUENCA	SB-4		
SUBCUENCA	SB-5		
SUBCUENCA	SB-6		
SUBCUENCA	SB-7		
SUBCUENCA	SB-8		
3.2. MODELO HIDRÁULICO			
CASO 2		DIMENSION 1	
RÍO PIURA		Análisis hidráulico	
10.5 km aguas arriba del puente Tambo Grande		<ul style="list-style-type: none"> <li>Áreas de inundación (has)</li> <li>Tirantes máximos de agua (m)</li> <li>Velocidades máximas de agua (m/seg), (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>	
IV. VALIDACIÓN			
Lima, 25/03/2022	86409	 José A. Mamani Gomez DNI: 40826226	951655253
Lugar y fecha	CIP	Firma del experto	Celular

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS**


<b>I. DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>TÍTULO</b>		Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Río Piura	
<b>UBICACIÓN</b>			
REGION		Piura	
PROVINCIA		Piura	
DISTRITO		Tambo Grande	
<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACION</b>			
TIPO DE INVESTIGACIÓN		Aplicada	
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN		Diseño no experimental - transversal	
V. INDEPENDIENTE		Modelo hidrológico	
		Modelo hidraulico	
<b>II. RECOPIACION DE DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>FUENTE</b>		<b>DATA/PRODUCTO</b>	
SENAMHI (Estaciones Meteorologicas)		Precipitaciones máximas de 24 horas	
AACHCP (Autoridad Autonoma de la cuenca hidrografica Chira Piura)		Caudales instantáneos	
Servidor ASF/USGS		DEM- Alos Palsar	
ANA		Topografía Lidar/Parametros hidrológico CN	
Servidor USGS		Imágenes satelitales: Landsat 8/Sentinel 2A	
<b>III. ASPECTO DEL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN</b>			
<b>3.1. MODELO HIDROLÓGICO</b>			
<b>CASO 1</b>		<b>DIMENSION 1</b>	<b>DIMENSION 2</b>
		DEM-Modelo de elevacion digital	Análisis hidrológico
SUBCUENCA	SB-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación de cuenca y subcuencas</li> <li>• Parámetros morfométricos de forma (Área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce, coeficiente de compacidad, factor de forma) y relieve (pendiente, altitud, curva hipsométrica y otros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación de diseño</li> <li>• Hietogramas</li> <li>• Hidrogramas de salida (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>
SUBCUENCA	SB-2		
SUBCUENCA	SB-3		
SUBCUENCA	SB-4		
SUBCUENCA	SB-5		
SUBCUENCA	SB-6		
SUBCUENCA	SB-7		
SUBCUENCA	SB-8		
<b>3.2. MODELO HIDRÁULICO</b>			
<b>CASO 2</b>		<b>DIMENSION 1</b>	
RÍO PIURA		Análisis hidráulico	
10.5 km aguas arriba del puente Tambo Grande		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de inundación (has)</li> <li>• Tirantes máximos de agua (m)</li> <li>• Velocidades máximas de agua (m/seg), (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>	
<b>IV. VALIDACIÓN</b>			
Lima, 25/03/2022	135677	 <small>ING. JUAN SIMON PERCA MONGE BNI. N° 41919048 CIR.135677</small>	973 516 635
<b>Lugar y fecha</b>	<b>CIP</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Celular</b>



**FICHA DE REGISTRO DE DATOS**

<b>I. DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>TÍTULO</b>		Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura	
<b>UBICACIÓN</b>			
REGION		Piura	
PROVINCIA		Piura	
DISTRITO		Tambo Grande	
<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACION</b>			
TIPO DE INVESTIGACIÓN		Aplicada	
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN		Diseño no experimental - transversal	
V. INDEPENDIENTE		Modelo hidrológico	
		Modelo hidraulico	
<b>II. RECOPIACION DE DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>FUENTE</b>		<b>DATA/PRODUCTO</b>	
SENAMHI (Estaciones Meteorologicas)		Precipitaciones máximas de 24 horas	
AACHCP (Autoridad Autonoma de la cuenca hidrografica Chira Piura)		Caudales instantáneos	
Servidor ASF/USGS		DEM- Alos Palsar	
ANA		Topografia Lidar/Parametros hidrológico CN	
Servidor USGS		Imágenes satelitales: Landsat 8/Sentinel 2A	
<b>III. ASPECTO DEL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN</b>			
<b>3.1. MODELO HIDROLÓGICO</b>			
<b>CASO 1</b>		<b>DIMENSION 1</b>	<b>DIMENSION 2</b>
		DEM-Modelo de elevacion digital	Análisis hidrológico
SUBCUENCA	SB-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación de cuenca y subcuencas</li> <li>• Parámetros morfométricos de forma (Área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce, coeficiente de compacidad, factor de forma) y relieve (pendiente , altitud, curva hipsométrica y otros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación de diseño</li> <li>• Hietogramas</li> <li>• Hidrogramas de salida (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>
SUBCUENCA	SB-2		
SUBCUENCA	SB-3		
SUBCUENCA	SB-4		
SUBCUENCA	SB-5		
SUBCUENCA	SB-6		
SUBCUENCA	SB-7		
SUBCUENCA	SB-8		
<b>3.2. MODELO HIDRÁULICO</b>			
<b>CASO 2</b>		<b>DIMENSION 1</b>	
RÍO PIURA		Análisis hidráulico	
10.5 km aguas arriba del puente Tambo Grande		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de inundación (has)</li> <li>• Tirantes máximos de agua (m)</li> <li>• Velocidades máximas de agua (m/seg), (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>	
<b>IV. VALIDACIÓN</b>			
Lima, 25/03/2022	212954		Firmado digitalmente por Wilber Solin Pacco Mamani Ubicación: Lima - Perú
<b>Lugar y fecha</b>	<b>CIP</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Celular</b>

**FICHA DE REGISTRO DE DATOS**

<b>I. DATOS INFORMATIVOS:</b>			
<b>TÍTULO</b>		Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura	
<b>UBICACIÓN</b>			
REGION		Piura	
PROVINCIA		Piura	
DISTRITO		Tambo Grande	
<b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACION</b>			
TIPO DE INVESTIGACIÓN		Aplicada	
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN		Diseño no experimental - transversal	
V. INDEPENDIENTE		Modelo hidrológico	
		Modelo hidraulico	
<b>II. RECOPIACION DE DATOS DEL PROYECTO</b>			
<b>FUENTE</b>		<b>DATA/PRODUCTO</b>	
SENAMHI (Estaciones Meteorologicas)		Precipitaciones máximas de 24 horas	
AACHCP (Autoridad Autonoma de la cuenca hidrografica Chira Piura)		Caudales instantáneos	
Servidor ASF/USGS		DEM- Alos Palsar	
ANA		Topografia Lidar/Parametros hidrológico CN	
Servidor USGS		Imágenes satelitales: Landsat 8/Sentinel 2A	
<b>III. ASPECTO DEL REGISTRO DE LA INFORMACIÓN</b>			
<b>3.1. MODELO HIDROLÓGICO</b>			
<b>CASO 1</b>		<b>DIMENSION 1</b>	<b>DIMENSION 2</b>
		DEM-Modelo de elevacion digital	Análisis hidrológico
SUBCUENCA	SB-1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Delimitación de cuenca y subcuencas</li> <li>• Parámetros morfométricos de forma (Área de la cuenca, perímetro, longitud del cauce, coeficiente de compacidad, factor de forma) y relieve (pendiente, altitud, curva hipsométrica y otros).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precipitación de diseño</li> <li>• Hietogramas</li> <li>• Hidrogramas de salida (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>
SUBCUENCA	SB-2		
SUBCUENCA	SB-3		
SUBCUENCA	SB-4		
SUBCUENCA	SB-5		
SUBCUENCA	SB-6		
SUBCUENCA	SB-7		
SUBCUENCA	SB-8		
<b>3.2. MODELO HIDRÁULICO</b>			
<b>CASO 2</b>		<b>DIMENSION 1</b>	
RÍO PIURA		Análisis hidráulico	
10.5 km aguas arriba del puente Tambo Grande		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas de inundación (has)</li> <li>• Tirantes máximos de agua (m)</li> <li>• Velocidades máximas de agua (m/seg), (para periodos de retorno TR-10, TR-50, y TR-100)</li> </ul>	
<b>IV. VALIDACIÓN</b>			
Lima, 25/03/2022	171491	 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 171491	991290785
<b>Lugar y fecha</b>	<b>CIP</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Celular</b>

## Anexo 4. Ficha de validación del instrumento de inversión

### FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
<b>Apellidos y nombres del experto</b>		: Mamani Gomez, José Antonio				
<b>Título y/o Grado académico</b>		: Doctor ( ) Magister (X) Ingeniero( ) Otros ( )				
<b>Institución</b>		Universidad Nacional del Altiplano				
<b>Nombre del Instrumento</b>		: Ficha de validacion del instrumento de investigación				
<b>Autor del Instrumento</b>		: Naty Yobana Cotrado Apaza				
<b>Título de la Investigación</b>		Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura				
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.				X	
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.				X	
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad.				X	
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.					X
COHERENCIA	Existe reacción entre las dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.					X
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
CONFORME						

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			
Lima, 25/03/2022	86409	 José A. Mamani Gomez DNI: 40826226	951655253
<b>Lugar y fecha</b>	<b>CIP</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Celular</b>



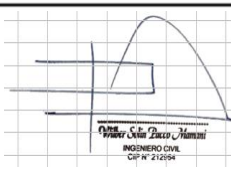
## FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y nombres del experto	: Perca Ponce, Juan Simon					
Título y/o Grado académico	: Doctor ( ) Magister ( ) Ingeniero(X) Otros ( )					
Institución	Universidad Nacional del Altiplano					
Nombre del Instrumento	: Ficha de validacion del instrumento de investigación					
Autor del Instrumento	: Naty Yobana Cotrado Apaza					
Título de la Investigación	Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura					
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.				X	
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad.					X
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.				X	
COHERENCIA	Existe reacción entre las dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.					X
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
CONFORME						

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			
Lima, 25/03/2022	135677	 <small>ING. JUAN SIMÓN PERCA PONCE SNI. N° 41919048 CIP.135677</small>	973516635
Lugar y fecha	CIP	Firma del experto	Celular


## FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
<b>Apellidos y nombres del experto</b>	: PACCO MAMANI WILBER SOLIN					
<b>Título y/o Grado académico</b>	: Doctor ( ) Magister ( ) Ingeniero(X ) Otros ( )					
<b>Institución</b>	UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN					
<b>Nombre del Instrumento</b>	: Ficha de validacion del instrumento de investigación					
<b>Autor del Instrumento</b>	: Naty Yobana Cotrado Apaza					
<b>Título de la Investigación</b>	Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura					
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.					X
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.				X	
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad.					X
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.					X
COHERENCIA	Existe reacción entre las dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.					X
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
CONFORME						

IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			
Lima, 25/03/2022	212954		Firmado digitalmente por Wilber Solin Pacco Mamani Ubicación: Lima - Perú 952216336
<b>Lugar y fecha</b>	<b>CIP</b>	<b>Firma del experto</b>	<b>Celular</b>


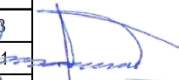

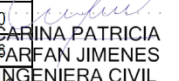
## FICHA DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

I. DATOS INFORMATIVOS:						
Apellidos y nombres del experto	: Carina Patricia Farfan Jimenes					
Título y/o Grado académico	: Doctor ( ) Magister ( ) Ingeniero(x ) Otros ( )					
Institución	Universidad Nacional de Ingeniería					
Nombre del Instrumento	: Ficha de validacion del instrumento de investigación					
Autor del Instrumento	: Naty Yobana Cotrado Apaza					
Título de la Investigación	Modelamiento Hidrológico e Hidráulico Bidimensional para la Identificación de Zonas Inundables Aguas Arriba del Puente Tambo Grande del Rio Piura					
II. ASPECTO DE VALIDACIÓN:						
INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-50%	Bueno 51-70%	Muy Bueno 71-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Está formulado con lenguaje apropiado.					X
OBJETIVIDAD	Está expresado en conducta observable.				X	
ACTUALIDAD	Es adecuado al avance de la ciencia y tecnología.					X
ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.					X
SUFICIENCIA	Comprende los aspectos de calidad y cantidad.				X	
CONSISTENCIA	Está basado en aspectos teóricos y científicos acordes a la tecnología educativa.					X
COHERENCIA	Existe reacción entre las dimensiones e indicadores.					X
METODOLOGÍA	Responde al propósito del trabajo considerando los objetivos planteados.					X
PERTINENCIA	El instrumento es adecuado al tipo de investigación.					X
III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:						
CONFORME						

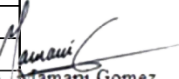
IV. PROMEDIO DE VALIDACIÓN:			
Lima, 25/03/2022	171491	 ..... CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 171491	991290785
Lugar y fecha	CIP	Firma del experto	Celular

### Anexo 5. Precipitaciones máximas de 24 horas

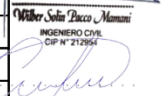
Año	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																		
	Barrios	Canchaque	Chalaco	Chignia	Chulucanas	Frias	Hda Bigote	Huarmaca	Miraflores	Morropon	Pasapampa	Porculla	Sapillica	San Pedro	San Joaquin	Santo Domingo	Sondorillo	Tejedores	Virrey
1963																			
1964			33.1			14.2		46.1		20.0	40.0						48.0		
1965		80.0	42.0			13.8	42.5	52.8		57.0	35.0		40.0			65.6	38.0		50.2
1966		61.0	57.6			14.7	26.3	22.3		27.0	37.6	23.0	20.0			49.9	38.4		3
1967		47.8	46.6			12.2	67.7	39.8		10.2	23.7	27.0	20.5			64.6	25.4	61.6	14.4
1968		33.2	25.5			18.6	18.2	40.9		21.2	26.6	30.0	12.5				14.3		5.3
1969		98.2	55.9			75.2		70.6		14.0	100.1	76.0	20.4			58.4	29.6	18.8	63
1970		37.5	32.0			31.4		27.0		41.0	38.2	32.5	25.0			36.9	32.9	5.7	8.1
1971		65.4	50.0			69.0	81.4	51.4		62.4	54.8	50.0	40.3			82.6	47.7	64.1	68.4
1972		72.8	78.0		137.5	80.2	78.2	57.0	66.2	82.9	38.3	58.0	60.3			98.4	36.4	88.7	110
1973		124.1	45.7	61.2	53.0	90.7	86.0	63.3	29.8	10.6	59.9	54.0	70.2		35.6	91.2	35.6	49.0	55.6
1974	20.8	31.1	38.1	13.1	10.5	39.0	25.0	33.7	2.4	60.8	30.9	54.6	20.5		5.2	44.0	22.6	12.8	16
1975	64.5	35.5	48.2	67.0	46.9	53.4	80.7	59.1	7.0	44.3	48.6	59.0	32.7	68.6	45.0	51.5	44.5	22.5	8.8
1976	72.9	58.7	40.5	63.3	54.4	73.2	41.3	36.3	18.8	66.5	45.8	100.5	31.3	61.6	43.9	75.4	28.7	37.7	40.5
1977	87.4	58.9	36.0	46.3	50.3	88.4	60.9	68.2	14.1	36.3	49.9	23.0	20.1	53.8	46.5	85.9	24.8	34.5	40
1978	58.2	74.4	30.2	164.4	39.7	49.1	95.7	90.3	31.9	34.6	45.9	20.0	38.2	48.0	38.3	51.5	43.2	39.1	140
1979	47.1	60.7	71.0	34.6	20.8	88.5	12.9	61.0	4.5	50.2	40.7	20.0	23.6	36.0	7.4	41.9	22.0	11.0	10
1980	33.1	49.1	35.0	41.6	36.8	70.3	60.2	39.3	30.3	170.9	61.9	24.0	37.1	55.5	18.2	54.1	30.0	38.3	49
1981	74.9	80.8	32.3	106.7	75.4	66.7		82.8	18.4	59.2	54.3	35.0	29.0	104.0	23.7	90.9	42.6	30.2	44
1982	73.2	116.8	73.0	38.6	32.3	68.0	74.9	89.8	6.7	152.7	97.0	31.0		56.5	22.0	62.4	34.4		2.7
1983	119.7	121.5	85.4	76.0	202.5	120.6	75.2	111.0	151.4	40.7	51.2	59.5		168.0	175.5	119.5	35.7		180.3
1984	70.1	81.2	50.2	53.3	31.0	52.3	6.3	61.7	13.0	31.6		35.0	21.3	37.2	31.8	73.9	31.5		20.9
1985	45.4	44.5	22.3	30.7	29.8	66.6	30.2	53.5	15.9	20.9	30.7	31.5	18.4	69.1	10.5	42.3	19.7		30.8
1986	63.3	32.5	36.2	19.3	11.0	40.8	20.5	54.8	6.1	85.6	41.8	40.5	23.1	23.6	23.0	39.5	25.3		5.5
1987	106.3	137.3	33.7	73.7	74.5	78.4	100.5	50.5	34.9	11.5	41.7	25.0	25.1	100.8	94.2	55.1	46.6		40
1988	27.6	39.1	41.0	26.8	7.8	37.9	19.8	41.6	4.6	70.6	43.4	28.0	18.0	14.0		29.8	38.9		
1989	73.0	121.7	81.3	67.5	110.1	66.8	30.7	84.1	10.1	15.0	54.1	35.0	29.0	109.4		68.0	22.2		40

  
**Jose A. Tamani Gomez**  
 D.N.I. 40826226  
  
**ING. JUAN SIMON PERCA PERCE**  
 D.N.I. 019048 CIP:135677  
  
**Miller Solis Bacco Mamani**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 212954  
  
**CARINA PATRICIA BARFAN JIMENES**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

Año	ESTACIONES METEOROLÓGICAS																	
	Barrios	Canchaque	Chalaco	Chignia	Chulucanas	Frias	Hda Bigote	Huarmaca	Miraflores	Morropon	Pasapampa	Porculla	Sapillica	San Pedro	San Joaquin	Santo Domingo	Sondorillo	Tejedores
1990	25.6	24.2	35.0	9.6	19.8	41.4	9.1	36.9	2.4			38.0	31.0	18.1	28.5	35.6		
1991	63.9	34.9	48.2	32.4		164.0	11.9	52.1	3.5	15.0	85.6	25.0	27.4	24.9	60.3	26.4		
1992	105.8		65.0	130.8		82.0	77.2	78.1	107.1	90.4		38.0	58.0	98.7	85.3	23.3		10.8
1993		75.6	38.0			94.0	100.0	43.8		47.4		43.0	60.0		60.4	54.7		73.5
1994			54.5			122.0	88.0			76.6	91.7	27.0	122.0		60.4	34.9		80.3
1995			56.0				40.0	76.8	6.8	65.6		26.5	24.5	35.4	76.4	26.6		44.8
1996			26.0				20.2	26.2	1.8	60.0		30.0	24.3	37.0	60.3	22.6		5.3
1997			55.6				54.0	71.7	49.5	60.9		33.8	55.0	53.5	59.8	18.7		30.5
1998			65.4				240.0	92.1	173.6			22.2	67.7	142.3	118.1	35.5		30.5
1999			60.7				50.0	78.7	16.0	73.0		21.0	35.6	75.0	71.1	25.2		42.7
2000			56.2		50.8		93.8	99.0	12.8	78.0		25.8	31.2	75.8	86.5	24.2		53.6
2001			78.4		85.3		66.7	68.3	61.5	73.5		18.4	64.7	80.5	49.0	24.9		97.1
2002			73.3		98.9		89.7	111.4	91.5	130.0		20.0	91.8	199.3	60.9	30.0		113.2
2003			53.3		26.6		70.0	39.9	16.0	33.0		18.5	28.3	64.7	46.2			20.6
2004			36.1		25.5		40.9	37.7	4.1	47.0		16.7	22.2	20.5	63.3	31.1		8.1
2005			36.5		47.0		54.8	48.1	9.5	57.0		20.0	48.5	65.3	80.8	24.7		55.7
2006			47.9		43.6		90.9	80.9	13.0	74.5		55.4	85.3	106.8	103.0	22.3		143.4
2007			51.7		24.4		37.2	39.2	6.2	58.0		17.2	44.3	55.3	61.1	36.4		158.9
2008			55.0		135.0		79.0	113.8	33.0	107.5		117.1	84.6	109.5	78.3	33.8		92.9
2009			65.8		74.0		57.7	55.8	18.3	95.4		79.9	111.8	95.4	127.9	16.5		137.3
2010			103.3		58.0		73.8	145.2	35.0	80.7		158.4	81.1	56.2	71.0	45.9		50.7
2011			50.6		45.1		71.6	47.8	9.0	101.0		38.5	38.4	140.0		28.0		54
2012			57.2		151.7		107.5	72.0	25.0	120.0		62.5	60.1	110.3	79.8	19.7		219
2013			39.0		52.0		22.0	40.7	22.6	55.0		37.3	23.1	94.5	41.1	24.8		39.5
2014			64.3					37.0							50.5			
2015			48.2					81.4							72.4			
2016			78.1															

  
 José María Mamani Gómez  
 DNI 40826226

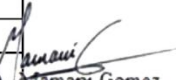
INGENIERO CIVIL SIMÓN PERCA PONCE  
 Reg. Nº 4-919048 CIP:135677

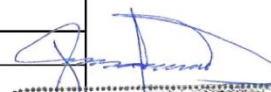
  
 CARINA PATRICIA FAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP Nº 171491

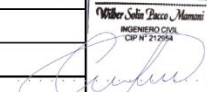


## Anexo 6. Caudales máximos instantáneo

Estación Hidrométrica Tambo Grande			
Año	Caudal máximo instantáneo (m3/s)	Año	Caudal máximo instantáneo (m3/s)
1925	950.13	1967	80.4
1926	744.01	1968	22.84
1927	525.56	1969	162.25
1928	115.53	1970	30.97
1929	125.12	1971	650.32
1930	90.67	1972	1950
1931	384.6	1973	960
1932	1653.36	1974	49
1933	539.26	1975	205
1934	374.97	1976	300
1935	325.25	1977	644
1936	335.53	1978	131
1937	40.04	1979	98.8
1938	432.56	1980	30
1939	1322.69	1981	744
1940	165.06	1982	5.5
1941	1928.92	1983	2725.74
1942	348.35	1984	664.87
1943	1950.97	1985	116.36
1944	230.34	1986	52.86
1945	193.79	1987	605.59
1946	123.05	1988	6.49
1947	42.7	1989	794.61
1948	44.11	1990	6.49
1949	881.79	1991	14.38
1950	0	1992	1567.03
1951	0	1993	887.31
1952	138.28	1994	943.52
1953	1906.88	1995	71.7
1954	45.33	1996	93
1955	302.79	1997	14.17
1956	1322.69	1998	3748.6
1957	1488.03	1999	1854.73
1958	594.77	2000	1016.4
1959	793.61	2001	1332.6
1960	78.71	2002	3725
1961	85.94	2003	306.6
1962	109.63	2004	68.7
1963	39.25	2005	162.2
1964	34.26	2006	360
1965	2159.1	2007	67.05
1966	50.39	2008	1998.4

  
 José A. Avilamani Gomez  
 DNI: 40826226

  
 INGENIERO CIVIL  
 SNI. Nº 41919048 CIP.135677

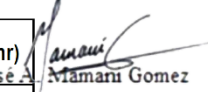
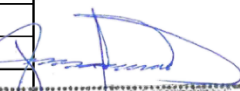
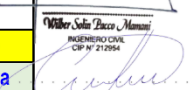
  
 Wiler Solís Pizarro - Mamani  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP Nº 21294  
 CARINA PATRICIA FARFÁN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP Nº 171491

## Anexo 7. Análisis de datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
Estación:	Barrios	Latitud:	-5.2833	Dpto:	Piura
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-79.7000	Prov:	Morropón
		Altitud:	303 msnm.	Dist:	San Juan de Bigotes

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1974	19	20.8	1.32
2	1975	10	64.5	1.81
3	1976	8	72.9	1.86
4	1977	4	87.4	1.94
5	1978	13	58.2	1.76
6	1979	14	47.1	1.67
7	1980	16	33.1	1.52
8	1981	5	74.9	1.87
9	1982	6	73.2	1.86
10	1983	1	119.7	2.08
11	1984	9	70.1	1.85
12	1985	15	45.4	1.66
13	1986	12	63.3	1.80
14	1987	2	106.3	2.03
15	1988	17	27.6	1.44
16	1989	7	73.0	1.86
17	1990	18	25.6	1.41
18	1991	11	63.9	1.81
19	1992	3	105.8	2.02

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	19	19
Sumatoria	1232.80	33.580
Valor Máximo	119.70	2.078
Valor Mínimo	20.80	1.318
Media:	64.88	1.767
Varianza:	769.95	0.046
Desviación Estándar:	27.75	0.215
Coefficiente Variación:	0.43	0.121
Coefficiente de Sesgo:	0.22	-0.7210
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

  
 José A. Tamayo Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 INGENIERO CIVIL  
 DNI: N° 41918048 CIP: 135077  
  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 19.00
Kn= 2.361
Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH = 2.27$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH = 188.04 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL = 1.26$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL = 18.22 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

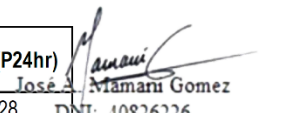
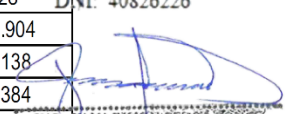

**Nota:** no existen datos dudosos

**REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)**

<b>Estación:</b>	Canchaque	<b>Latitud:</b>	-5.3667	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.6000	<b>Prov:</b>	Huamcabama
		<b>Altitud:</b>	1550 msnm.	<b>Dist:</b>	Canchaque

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1965	9	80.0	1.90
2	1966	14	61.0	1.79
3	1967	19	47.8	1.68
4	1968	25	33.2	1.52
5	1969	6	98.2	1.99
6	1970	22	37.5	1.57
7	1971	13	65.4	1.82
8	1972	12	72.8	1.86
9	1973	2	124.1	2.09
10	1974	27	31.1	1.49
11	1975	23	35.5	1.55
12	1976	17	58.7	1.77
13	1977	16	58.9	1.77
14	1978	11	74.4	1.87
15	1979	15	60.7	1.78
16	1980	18	49.1	1.69
17	1981	8	80.8	1.91
18	1982	5	116.8	2.07
19	1983	4	121.5	2.08
20	1984	7	81.2	1.91
21	1985	20	44.5	1.65
22	1986	26	32.5	1.51
23	1987	1	137.3	2.14
24	1988	21	39.1	1.59
25	1989	3	121.7	2.09
26	1990	28	24.2	1.38
27	1991	24	34.9	1.54
28	1993	10	75.6	1.88

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	28	28
Sumatoria	1898.50	49.904
Valor Máximo	137.30	2.138
Valor Mínimo	24.20	1.384
Media:	67.80	1.782
Varianza:	1068.76	0.045
Desviación Estándar:	32.69	0.212
Coefficiente Variación:	0.48	0.119
Coefficiente de Sesgo:	0.70	-0.0023
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 José A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMÓN PERCA PONCE  
 INEEL N° 41919048 CIP:135677  
  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 28.00  
 Kn= 2.534  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot S \quad xH= 2.32$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH= 10^{xH} \quad PH= 208.82 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot S \quad xL= 1.24$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL= 10^{xL} \quad PL= 17.57 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

**Nota:** no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Chalaco	<b>Latitud:</b>	-5.3667	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.7917	<b>Prov:</b>	Morropón
		<b>Altitud</b>	2290 msnm.	<b>Dist:</b>	Chalaco

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1964	47	33.1	1.52
2	1965	34	42.0	1.62
3	1966	15	57.6	1.76
4	1967	32	46.6	1.67
5	1968	52	25.5	1.41
6	1969	19	55.9	1.75
7	1970	49	32.0	1.51
8	1971	27	50.0	1.70
9	1972	6	78.0	1.89
10	1973	33	45.7	1.66
11	1974	38	38.1	1.58
12	1975	28	48.2	1.68
13	1976	36	40.5	1.61
14	1977	43	36.0	1.56
15	1978	50	30.2	1.48
16	1979	9	71.0	1.85
17	1980	44	35.0	1.54
18	1981	48	32.3	1.51
19	1982	8	73.0	1.86
20	1983	2	85.4	1.93
21	1984	26	50.2	1.70
22	1985	53	22.3	1.35
23	1986	41	36.2	1.56
24	1987	46	33.7	1.53
25	1988	35	41.0	1.61
26	1989	3	81.3	1.91
27	1990	44	35.0	1.54
28	1991	28	48.2	1.68
29	1992	12	65.0	1.81
30	1993	39	38.0	1.58
31	1994	22	54.5	1.74
32	1995	18	56.0	1.75
33	1996	51	26.0	1.41
34	1997	20	55.6	1.75
35	1998	11	65.4	1.82
36	1999	14	60.7	1.78
37	2000	17	56.2	1.75
38	2001	4	78.4	1.89
39	2002	7	73.3	1.87
40	2003	23	53.3	1.73
41	2004	42	36.1	1.56
42	2005	40	36.5	1.56
43	2006	31	47.9	1.68
44	2007	24	51.7	1.71
45	2008	21	55.0	1.74
46	2009	10	65.8	1.82
47	2010	1	103.3	2.01
48	2011	25	50.6	1.70
49	2012	16	57.2	1.76
50	2013	37	39.0	1.59
51	2014	13	64.3	1.81
52	2015	28	48.2	1.68
53	2016	5	78.1	1.89

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	53	53
Sumatoria	2720.10	89.369
Valor Máximo	103.30	2.014
Valor Mínimo	22.30	1.348
Media:	51.32	1.686
Varianza:	300.70	0.022
Desviación Estándar:	17.34	0.147
Coefficiente Variación:	0.34	0.087
Coefficiente de Sesgo:	0.69	-0.0807
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 José A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMON PERCA PERCA  
 INGI. N° 41919048 CIP: 135677  
  
 MARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 53.00  
 Kn= 2.7896  
 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.10$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 124.86 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.28$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 18.88 \text{ mm}$$

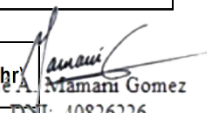
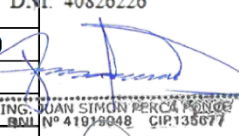

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

Nota: no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
Estación:	Chignia	Latitud:	-5.6000	Dpto:	Piura
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-79.7000	Prov:	Huancabamba
		Altitud:	556 msnm.	Dist:	Huarmaca

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1973	9	61.2	1.79
2	1974	19	13.1	1.12
3	1975	7	67.0	1.83
4	1976	8	63.3	1.80
5	1977	11	46.3	1.67
6	1978	1	164.4	2.22
7	1979	14	34.6	1.54
8	1980	12	41.6	1.62
9	1981	3	106.7	2.03
10	1982	13	38.6	1.59
11	1983	4	76.0	1.88
12	1984	10	53.3	1.73
13	1985	16	30.7	1.49
14	1986	18	19.3	1.29
15	1987	5	73.7	1.87
16	1988	17	26.8	1.43
17	1989	6	67.5	1.83
18	1990	20	9.6	0.98
19	1991	15	32.4	1.51
20	1992	2	130.8	2.12

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	20	20
Sumatoria	1156.90	33.300
Valor Máximo	164.40	2.216
Valor Mínimo	9.60	0.982
Media:	57.85	1.665
Varianza:	1544.96	0.098
Desviación Estándar:	39.31	0.313
Coficiente Variación:	0.68	0.188
Coficiente de Sesgo:	1.32	-0.4262
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

  
 Jose A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMÓN PERCA PONCE  
 INGENIERO CIVIL  
 R.M.I. N° 41919048 CIP.135677  
  
 CARINA PATRICIA ARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 20.00  
 Kn= 2.385  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.41$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 258.12 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.92$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 8.28 \text{ mm}$$

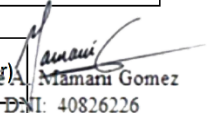


NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

**Nota:** no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Chulucanas	<b>Latitud:</b>	-5.1084	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-80.1695	<b>Prov:</b>	Morropón
		<b>Altitud:</b>	89 msnm.	<b>Dist:</b>	Chulucanas

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1972	3	137.5	2.14
2	1973	14	53.0	1.72
3	1974	33	10.5	1.02
4	1975	19	46.9	1.67
5	1976	13	54.4	1.74
6	1977	17	50.3	1.70
7	1978	22	39.7	1.60
8	1979	30	20.8	1.32
9	1980	23	36.8	1.57
10	1981	9	75.4	1.88
11	1982	24	32.3	1.51
12	1983	1	202.5	2.31
13	1984	25	31.0	1.49
14	1985	26	29.8	1.47
15	1986	32	11.0	1.04
16	1987	10	74.5	1.87
17	1988	34	7.8	0.89
18	1989	5	110.1	2.04
19	1990	31	19.8	1.30
20	1999	7	95.6	1.98
21	2000	16	50.8	1.71
22	2001	8	85.3	1.93
23	2002	6	98.9	2.00
24	2003	27	26.6	1.42
25	2004	28	25.5	1.41
26	2005	18	47.0	1.67
27	2006	21	43.6	1.64
28	2007	29	24.4	1.39
29	2008	4	135.0	2.13
30	2009	11	74.0	1.87
31	2010	12	58.0	1.76
32	2011	20	45.1	1.65
33	2012	2	151.7	2.18
34	2013	15	52.0	1.72

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	34	34
Sumatoria	2057.60	56.735
Valor Máximo	202.50	2.306
Valor Mínimo	7.80	0.892
Media:	60.52	1.669
Varianza:	1995.23	0.111
Desviación Estándar:	44.67	0.333
Coefficiente Variación:	0.74	0.199
Coefficiente de Sesgo:	1.43	-0.3459
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 Jose A. Mamanu Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMÓN PERCA  
 INI N° 41919048 CIP:135677  
  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 34.00  
 Kn= 2.616  
 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.54$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 346.32 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.80$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 6.28 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

**Nota:** no existe datos dudosos



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Frias	<b>Latitud:</b>	-4.9333	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.85	<b>Prov:</b>	Ayabaca
		<b>Altitud</b>	3100 msnm.	<b>Dist:</b>	Frias

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1964	29	14.2	1.15
2	1965	30	13.8	1.14
3	1966	28	14.7	1.17
4	1967	31	12.2	1.09
5	1968	27	18.6	1.27
6	1969	11	75.2	1.88
7	1970	26	31.4	1.50
8	1971	14	69.0	1.84
9	1972	9	80.2	1.90
10	1973	5	90.7	1.96
11	1974	24	39.0	1.59
12	1975	19	53.4	1.73
13	1976	12	73.2	1.86
14	1977	7	88.4	1.95
15	1978	21	49.1	1.69
16	1979	6	88.5	1.95
17	1980	13	70.3	1.85
18	1981	17	66.7	1.82
19	1982	15	68.0	1.83
20	1983	3	120.6	2.08
21	1984	20	52.3	1.72
22	1985	18	66.6	1.82
23	1986	23	40.8	1.61
24	1987	10	78.4	1.89
25	1988	25	37.9	1.58
26	1989	16	66.8	1.82
27	1990	22	41.4	1.62
28	1991	1	164.0	2.21
29	1992	8	82.0	1.91
30	1993	4	94.0	1.97
31	1994	2	122.0	2.09

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	31	31
Sumatoria	1983.40	53.497
Valor Máximo	164.00	2.215
Valor Mínimo	12.20	1.086
Media:	63.98	1.726
Varianza:	1218.22	0.088
Desviación Estándar:	34.90	0.296
Coefficiente Variación:	0.55	0.172
Coefficiente de Sesgo:	0.64	-0.8932
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

  
 Mamaní Gomez  
 D.N.I: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMÓN PERCA PERCE  
 INI. N° 41915048 CIP:135077  
  
 CARINA PATRICIA ARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 31.00  
 Kn= 2.577  
 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.49$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 308.45 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.96$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 9.17 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

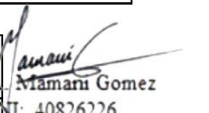
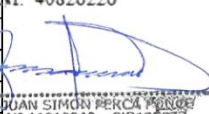

**Nota:** no existen datos dudosos



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
Estación:	Huarmaca	Latitud:	-5.5648	Dpto:	Piura
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-80.6165	Prov:	Huancabamba
		Altitud:	2232 msnm	Dist:	Huarmaca

Nº	Año	Orden	Pmáx (24 Hr)	Log(P24hr)
1	1964	35	46.1	1.66
2	1965	29	52.8	1.72
3	1966	51	22.3	1.35
4	1967	41	39.8	1.60
5	1968	38	40.9	1.61
6	1969	18	70.6	1.85
7	1970	49	27.0	1.43
8	1971	31	51.4	1.71
9	1972	25	57.0	1.76
10	1973	21	63.3	1.80
11	1974	48	33.7	1.53
12	1975	24	59.1	1.77
13	1976	47	36.3	1.56
14	1977	20	68.2	1.83
15	1978	7	90.3	1.96
16	1979	23	61.0	1.79
17	1980	42	39.3	1.59
18	1981	10	82.8	1.92
19	1982	8	89.8	1.95
20	1983	4	111.0	2.05
21	1984	22	61.7	1.79
22	1985	28	53.5	1.73
23	1986	27	54.8	1.74
24	1987	32	50.5	1.70
25	1988	37	41.6	1.62
26	1989	9	84.1	1.92
27	1990	46	36.9	1.57
28	1991	30	52.1	1.72
29	1992	14	78.1	1.89
30	1993	36	43.8	1.64
31	1995	15	76.8	1.89
32	1996	50	26.2	1.42
33	1997	17	71.7	1.86
34	1998	6	92.1	1.96
35	1999	13	78.7	1.90
36	2000	5	99.0	2.00
37	2001	19	68.3	1.83
38	2002	3	111.4	2.05
39	2003	40	39.9	1.60
40	2004	44	37.7	1.58
41	2005	33	48.1	1.68
42	2006	12	80.9	1.91
43	2007	43	39.2	1.59
44	2008	2	113.8	2.06
45	2009	26	55.8	1.75
46	2010	1	145.2	2.16
47	2011	34	47.8	1.68
48	2012	16	72.0	1.86
49	2013	39	40.7	1.61
50	2014	45	37.0	1.57
51	2015	11	81.4	1.91

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	51	51
Sumatoria	3163.50	89.609
Valor Máximo	145.20	2.162
Valor Mínimo	22.30	1.348
Media:	62.03	1.757
Varianza:	667.59	0.032
Desviación Estándar:	25.84	0.178
Coefficiente Variación:	0.42	0.101
Coefficiente de Sesgo:	0.95	-0.0128
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 Jose A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMON PERCA  
 INTI N° 41919048 CIP:135677  
  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 51.00  
 Kn= 2.7752  
 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.25$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH= 10^{xH} \quad PH= 178.48 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.26$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL= 10^{xL} \quad PL= 18.30 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

Nota: no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Hda Bigote	<b>Latitud:</b>	-5.3209	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.7857	<b>Prov:</b>	Morropón
		<b>Altitud:</b>	198 msnm.	<b>Dist:</b>	San Juan de Bigote

N°	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1965	29	42.5	1.63
2	1966	36	26.3	1.42
3	1967	21	67.7	1.83
4	1968	42	18.2	1.26
5	1971	11	81.4	1.91
6	1972	14	78.2	1.89
7	1973	10	86.0	1.93
8	1974	37	25.0	1.40
9	1975	12	80.7	1.91
10	1976	30	41.3	1.62
11	1977	23	60.9	1.78
12	1978	5	95.7	1.98
13	1979	43	12.9	1.11
14	1980	24	60.2	1.78
15	1982	17	74.9	1.87
16	1983	16	75.2	1.88
17	1984	46	6.3	0.80
18	1985	35	30.2	1.48
19	1986	39	20.5	1.31
20	1987	3	100.5	2.00
21	1988	41	19.8	1.30
22	1989	34	30.7	1.49
23	1990	45	9.1	0.96
24	1991	44	11.9	1.08
25	1992	15	77.2	1.89
26	1993	4	100.0	2.00
27	1994	9	88.0	1.94
28	1995	32	40.0	1.60
29	1996	40	20.2	1.31
30	1997	27	54.0	1.73
31	1998	1	240.0	2.38
32	1999	28	50.0	1.70
33	2000	6	93.8	1.97
34	2001	22	66.7	1.82
35	2002	8	89.7	1.95
36	2003	20	70.0	1.85
37	2004	31	40.9	1.61
38	2005	26	54.8	1.74
39	2006	7	90.9	1.96
40	2007	33	37.2	1.57
41	2008	13	79.0	1.90
42	2009	25	57.7	1.76
43	2010	18	73.8	1.87
44	2011	19	71.6	1.85
45	2012	2	107.5	2.03
46	2013	38	22.0	1.34

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	46	46
Sumatoria	2781.10	77.397
Valor Máximo	240.00	2.380
Valor Mínimo	6.30	0.799
Media:	60.46	1.683
Varianza:	1569.61	0.105
Desviación Estándar:	39.62	0.324
Coefficiente Variación:	0.66	0.193
Coefficiente de Sesgo:	1.95	-0.7877
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

  
 Juan Simon Perca  
 DNI: 40826226  
  
 INC. JUAN SIMÓN PERCA PERCE  
 INGENIERO CIVIL  
 RNI. N° 41919048 CIP 135677  
  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 46.00  
 Kn= 2.736  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.57$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 370.52 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.80$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 6.26 \text{ mm}$$

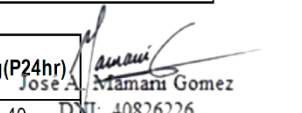

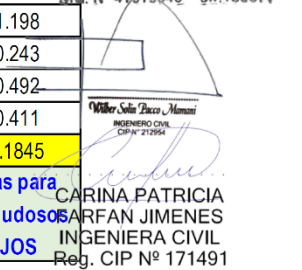
NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

**Nota:** no existe datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
Estación:	Miraflores	Latitud:	-5.1753	Dpto:	Piura
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-80.6165	Prov:	Piura
		Altitud:	34 msnm	Dist:	Castilla

N°	Año	Orden	Pmax (24Hr)	Log(P24hr)
1	1972	5	66.2	1.82
2	1973	13	29.8	1.47
3	1974	38	2.4	0.38
4	1975	29	7.0	0.85
5	1976	16	18.8	1.27
6	1977	22	14.1	1.15
7	1978	11	31.9	1.50
8	1979	35	4.5	0.65
9	1980	12	30.3	1.48
10	1981	17	18.4	1.26
11	1982	31	6.7	0.83
12	1983	2	151.4	2.18
13	1984	23	13.0	1.11
14	1985	21	15.9	1.20
15	1986	33	6.1	0.79
16	1987	9	34.9	1.54
17	1988	34	4.6	0.66
18	1989	26	10.1	1.00
19	1990	38	2.4	0.38
20	1991	37	3.5	0.54
21	1992	3	107.1	2.03
22	1995	30	6.8	0.83
23	1996	40	1.8	0.26
24	1997	7	49.5	1.69
25	1998	1	173.6	2.24
26	1999	19	16.0	1.20
27	2000	25	12.8	1.11
28	2001	6	61.5	1.79
29	2002	4	91.5	1.96
30	2003	19	16.0	1.20
31	2004	36	4.1	0.61
32	2005	27	9.5	0.98
33	2006	23	13.0	1.11
34	2007	32	6.2	0.79
35	2008	10	33.0	1.52
36	2009	18	18.3	1.26
37	2010	8	35.0	1.54
38	2011	28	9.0	0.95
39	2012	14	25.0	1.40
40	2013	15	22.6	1.35

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	40	40
Sumatoria	1184.30	47.934
Valor Máximo	173.60	2.240
Valor Mínimo	1.80	0.255
Media:	29.61	1.198
Varianza:	1513.09	0.243
Desviación Estándar:	38.90	0.492
Coefficiente Variación:	1.31	0.411
Coefficiente de Sesgo:	2.45	0.1845
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 Jose A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226  
  
 ING. JUAN SIMÓN PERCCA PERCCA  
 R.M. Nº 41878048 CIP:138677  
  
 CARINA PATRICIA SARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP Nº 171491

n= 40.00  
 Kn= 2.682  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.52$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 330.52 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= -0.12$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 0.75 \text{ mm}$$

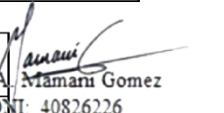


**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

Nota: no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)						
Estación:	Morropon	Latitud:	-5.1946	Dpto:	Piura	
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-79.9711	Prov:	Morropon	
		Altitud	128 msnm	Dist:	Morropon	

Nº	Año	Orden	Pmáx (24hr)	Log (P24hr)
1	1964	42	20.0	1.30
2	1965	26	57.0	1.76
3	1966	39	27.0	1.43
4	1968	47	10.2	1.01
5	1969	40	21.2	1.33
6	1970	44	14.0	1.15
7	1971	33	41.0	1.61
8	1972	20	62.4	1.80
9	1973	10	82.9	1.92
10	1974	46	10.6	1.03
11	1975	22	60.8	1.78
12	1976	32	44.3	1.65
13	1977	18	66.5	1.82
14	1978	35	36.3	1.56
15	1979	36	34.6	1.54
16	1980	29	50.2	1.70
17	1981	1	170.9	2.23
18	1982	24	59.2	1.77
19	1983	2	152.7	2.18
20	1984	34	40.7	1.61
21	1985	38	31.6	1.50
22	1986	41	20.9	1.32
23	1987	9	85.6	1.93
24	1988	45	11.5	1.06
25	1989	17	70.6	1.85
26	1991	43	15.0	1.18
27	1992	8	90.4	1.96
28	1993	30	47.4	1.68
29	1994	13	76.6	1.88
30	1995	19	65.6	1.82
31	1996	23	60.0	1.78
32	1997	21	60.9	1.78
33	1999	16	73.0	1.86
34	2000	12	78.0	1.89
35	2001	15	73.5	1.87
36	2002	3	130.0	2.11
37	2003	37	33.0	1.52
38	2004	31	47.0	1.67
39	2005	26	57.0	1.76
40	2006	14	74.5	1.87
41	2007	25	58.0	1.76
42	2008	5	107.5	2.03
43	2009	7	95.4	1.98
44	2010	11	80.7	1.91
45	2011	6	101.0	2.00
46	2012	4	120.0	2.08
47	2013	28	55.0	1.74

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	47	47
Sumatoria	2882.20	79.966
Valor Máximo	170.90	2.233
Valor Mínimo	10.20	1.009
Media:	61.32	1.701
Varianza:	1298.21	0.090
Desviación Estándar:	36.03	0.300
Coefficiente Variación:	0.59	0.177
Coefficiente de Sesgo:	0.94	-0.7363
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

  
 José A. Mamani Gómez  
 DNI: 40826226  
  
 INGE. JUAN SIMÓN PERCA  
 INE N° 41819048 CIP:135677  
  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 47.00  
 Kn= 2.744  
 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.53$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 335.65 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.88$$


Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 7.53 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

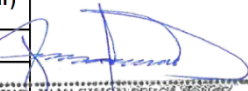

Nota: no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
Estación:	San Joaquín	Latitud:	-5.1333	Dpto:	Piura
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-80.35	Prov:	Piura
		Altitud:	223 nsm.	Dist:	Tambo Grande

  
 José A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226

N°	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1973	7	35.6	1.55
2	1974	15	5.2	0.72
3	1975	4	45.0	1.65
4	1976	5	43.9	1.64
5	1977	3	46.5	1.67
6	1978	6	38.3	1.58
7	1979	14	7.4	0.87
8	1980	12	18.2	1.26
9	1981	9	23.7	1.37
10	1982	11	22.0	1.34
11	1983	1	175.5	2.24
12	1984	8	31.8	1.50
13	1985	13	10.5	1.02
14	1986	10	23.0	1.36
15	1987	2	94.2	1.97

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	15	15
Sumatoria	620.80	21.764
Valor Máximo	175.50	2.244
Valor Mínimo	5.20	0.716
Media:	41.39	1.451
Varianza:	1852.78	0.156
Desviación Estándar:	43.04	0.395
Coefficiente Variación:	1.04	0.272
Coefficiente de Sesgo:	2.49	-0.0149
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. N° 41919048 CIP:135677  
  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 15.00  
 Kn= 2.247  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.34$$

Precipitación máxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 217.87 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.56$$

Precipitación mínima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 3.66 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

**Nota:** no existen datos dudosos



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	San Pedro	<b>Latitud:</b>	-5.0833	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-80.0333	<b>Prov:</b>	Morropon
		<b>Altitud:</b>	240 msnm.	<b>Dist:</b>	Morropon

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1975	18	68.6	1.84
2	1976	21	61.6	1.79
3	1977	26	53.8	1.73
4	1978	28	48.0	1.68
5	1979	31	36.0	1.56
6	1980	24	55.5	1.74
7	1981	9	104.0	2.02
8	1982	22	56.5	1.75
9	1983	2	168.0	2.23
10	1984	29	37.2	1.57
11	1985	17	69.1	1.84
12	1986	34	23.6	1.37
13	1987	10	100.8	2.00
14	1988	37	14.0	1.15
15	1989	7	109.4	2.04
16	1990	36	18.1	1.26
17	1991	33	24.9	1.40
18	1992	11	98.7	1.99
19	1995	32	35.4	1.55
20	1996	30	37.0	1.57
21	1997	27	53.5	1.73
22	1998	3	142.3	2.15
23	1999	16	75.0	1.88
24	2000	15	75.8	1.88
25	2001	14	80.5	1.91
26	2002	1	199.3	2.30
27	2003	20	64.7	1.81
28	2004	35	20.5	1.31
29	2005	19	65.3	1.81
30	2006	8	106.8	2.03
31	2007	25	55.3	1.74
32	2008	6	109.5	2.04
33	2009	12	95.4	1.98
34	2010	23	56.2	1.75
35	2011	4	140.0	2.15
36	2012	5	110.3	2.04
37	2013	13	94.5	1.98

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	37	37
Sumatoria	2765.10	66.553
Valor Máximo	199.30	2.300
Valor Mínimo	14.00	1.146
Media:	74.73	1.799
Varianza:	1805.02	0.075
Desviación Estándar:	42.49	0.273
Coefficiente Variación:	0.57	0.152
Coefficiente de Sesgo:	0.94	-0.5285
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

José A. Mamani Gomez

DNI: 40826226

*[Signature]*

ING. JUAN SIMÓN PERCA PÉREZ  
DNI: N° 41919048 CIP: 135677

*[Signature]*

Walter Solís Páez Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 212954

*[Signature]*

CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

n= 37.00  
Kn= 2.65  
Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH = 2.52$$

Precipitación maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH = 333.08 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL = 1.07$$

Precipitación minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL = 11.88 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

Nota: no existe datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Santo Domingo	<b>Latitud:</b>	-5.0239	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.8714	<b>Prov:</b>	Morropón
		<b>Altitud</b>	1490 msnm.	<b>Dist:</b>	Santo Domingo

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1965	22	65.6	1.82
2	1966	39	49.9	1.70
3	1967	23	64.6	1.81
4	1969	33	58.4	1.77
5	1970	47	36.9	1.57
6	1971	11	82.6	1.92
7	1972	5	98.4	1.99
8	1973	6	91.2	1.96
9	1974	42	44.0	1.64
10	1975	36	51.5	1.71
11	1976	16	75.4	1.88
12	1977	9	85.9	1.93
13	1978	36	51.5	1.71
14	1979	44	41.9	1.62
15	1980	35	54.1	1.73
16	1981	7	90.9	1.96
17	1982	25	62.4	1.80
18	1983	2	119.5	2.08
19	1984	17	73.9	1.87
20	1985	43	42.3	1.63
21	1986	46	39.5	1.60
22	1987	34	55.1	1.74
23	1988	48	29.8	1.47
24	1989	21	68.0	1.83
25	1990	49	28.5	1.45
26	1991	30	60.3	1.78
27	1992	10	85.3	1.93
28	1993	28	60.4	1.78
29	1994	28	60.4	1.78
30	1995	15	76.4	1.88
31	1996	30	60.3	1.78
32	1997	32	59.8	1.78
33	1998	3	118.1	2.07
34	1999	19	71.1	1.85
35	2000	8	86.5	1.94
36	2001	40	49.0	1.69
37	2002	27	60.9	1.78
38	2003	41	46.2	1.66
39	2004	24	63.3	1.80
40	2005	12	80.8	1.91
41	2006	4	103.0	2.01
42	2007	26	61.1	1.79
43	2008	14	78.3	1.89
44	2009	1	127.9	2.11
45	2010	20	71.0	1.85
46	2012	13	79.8	1.90
47	2013	45	41.1	1.61
48	2014	38	50.5	1.70
49	2015	18	72.4	1.86

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	49	49
Sumatoria	3285.70	88.340
Valor Máximo	127.90	2.107
Valor Mínimo	28.50	1.455
Media:	67.06	1.803
Varianza:	501.61	0.021
Desviación Estándar:	22.40	0.146
Coefficiente Variación:	0.33	0.081
Coefficiente de Sesgo:	0.74	-0.1762
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

José A. Mamari Gomez  
DNI: 40826226

ING. JUAN SIMÓN PERCA FARRAN  
RNE N° 41919048 CIP:135677

Walter Salas Dicco Mamari  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 212964

CARINA PATRICIA FARRAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

n= 49.00  
Kn= 2.76  
Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.21$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 160.65 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.40$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 25.11 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

Nota: no existen datos dudosos



REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Sapillica	<b>Latitud:</b>	-4.7782	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.9818	<b>Prov:</b>	Ayabaca
		<b>Altitud:</b>	1451 msnm.	<b>Dist:</b>	Sapillica

N°	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1965	18	40.0	1.60
2	1966	44	20.0	1.30
3	1967	40	20.5	1.31
4	1968	47	12.5	1.10
5	1969	42	20.4	1.31
6	1970	32	25.0	1.40
7	1971	17	40.3	1.61
8	1972	10	60.3	1.78
9	1973	7	70.2	1.85
10	1974	40	20.5	1.31
11	1975	23	32.7	1.51
12	1976	24	31.3	1.50
13	1977	43	20.1	1.30
14	1978	20	38.2	1.58
15	1979	35	23.6	1.37
16	1980	21	37.1	1.57
17	1981	27	29.0	1.46
18	1984	39	21.3	1.33
19	1985	45	18.4	1.26
20	1986	36	23.1	1.36
21	1987	31	25.1	1.40
22	1988	46	18.0	1.26
23	1989	27	29.0	1.46
24	1990	26	31.0	1.49
25	1991	30	27.4	1.44
26	1992	13	58.0	1.76
27	1993	12	60.0	1.78
28	1994	1	122.0	2.09
29	1995	33	24.5	1.39
30	1996	34	24.3	1.39
31	1997	14	55.0	1.74
32	1998	8	67.7	1.83
33	1999	22	35.6	1.55
34	2000	25	31.2	1.49
35	2001	9	64.7	1.81
36	2002	3	91.8	1.96
37	2003	29	28.3	1.45
38	2004	38	22.2	1.35
39	2005	15	48.5	1.69
40	2006	4	85.3	1.93
41	2007	16	44.3	1.65
42	2008	5	84.6	1.93
43	2009	2	111.8	2.05
44	2010	6	81.1	1.91
45	2011	19	38.4	1.58
46	2012	11	60.1	1.78
47	2013	36	23.1	1.36

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	47	47
Sumatoria	1997.50	73.332
Valor Máximo	122.00	2.086
Valor Mínimo	12.50	1.097
Media:	42.50	1.560
Varianza:	675.89	0.057
Desviación Estándar:	26.00	0.239
Coefficiente Variación:	0.61	0.153
Coefficiente de Sesgo:	1.35	0.4543
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS	

José A. Mamaru Gomez

DNI: 40826226

ING. JUAN SIMÓN PERCA FARRER  
SNI N° 41819048 CIP:136677

INGENIERO CIVIL  
CIP N° 712954

CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

n= 47.00  
Kn= 2.744  
Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.22$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 164.78 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.90$$


Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 8.01 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

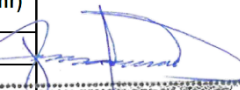

Nota: no existe datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Sandorillo	<b>Latitud:</b>	-5.3398	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.4314	<b>Prov:</b>	Huancabamba
		<b>Altitud</b>	1917 msnm.	<b>Dist:</b>	Sandorillo

  
 José A. Mamani Gomez  
 DNI: 40826226

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1964	2	48.0	1.68
2	1965	11	38.0	1.58
3	1966	10	38.4	1.58
4	1967	31	25.4	1.40
5	1968	49	14.3	1.16
6	1969	26	29.6	1.47
7	1970	21	32.9	1.52
8	1971	3	47.7	1.68
9	1972	12	36.4	1.56
10	1973	15	35.6	1.55
11	1974	40	22.6	1.35
12	1975	6	44.5	1.65
13	1976	27	28.7	1.46
14	1977	35	24.8	1.39
15	1978	7	43.2	1.64
16	1979	44	22.0	1.34
17	1980	24	30.0	1.48
18	1981	8	42.6	1.63
19	1982	19	34.4	1.54
20	1983	14	35.7	1.55
21	1984	22	31.5	1.50
22	1985	45	19.7	1.29
23	1986	32	25.3	1.40
24	1987	4	46.6	1.67
25	1988	9	38.9	1.59
26	1989	43	22.2	1.35
27	1990	15	35.6	1.55
28	1991	30	26.4	1.42
29	1992	39	23.3	1.37
30	1993	1	54.7	1.74
31	1994	18	34.9	1.54
32	1995	29	26.6	1.42
33	1996	40	22.6	1.35
34	1997	47	18.7	1.27
35	1998	17	35.5	1.55
36	1999	33	25.2	1.40
37	2000	38	24.2	1.38
38	2001	34	24.9	1.40
39	2002	24	30.0	1.48
40	2004	23	31.1	1.49
41	2005	37	24.7	1.39
42	2006	42	22.3	1.35
43	2007	12	36.4	1.56
44	2008	20	33.8	1.53
45	2009	48	16.5	1.22
46	2010	5	45.9	1.66
47	2011	28	28.0	1.45
48	2012	45	19.7	1.29
49	2013	35	24.8	1.39

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	49	49
Sumatoria	1524.80	72.234
Valor Máximo	54.70	1.738
Valor Mínimo	14.30	1.155
Media:	31.12	1.474
Varianza:	85.30	0.017
Desviación Estándar:	9.24	0.130
Coefficiente Variación:	0.30	0.088
Coefficiente de Sesgo:	0.50	-0.1314
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS y BAJOS	

  
 ING. JUAN SIMÓN PERICA  
 INEEL N° 42713048 CIP:135677  
  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 212954  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 49.00  
 Kn= 2.76  
 Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 1.83$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 68.22 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.11$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 13.01 \text{ mm}$$

NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE

**Nota:** no existe datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
<b>Estación:</b>	Pasapampa	<b>Latitud:</b>	-5.1167	<b>Dpto:</b>	Piura
<b>Parámetro:</b>	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	<b>Longitud:</b>	-79.6000	<b>Prov:</b>	Huancabamba
		<b>Altitud:</b>	2339 msnm.	<b>Dist:</b>	Huancabamba

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1964	19	40.0	1.60
2	1965	23	35.0	1.54
3	1966	22	37.6	1.58
4	1967	27	23.7	1.37
5	1968	26	26.6	1.42
6	1969	1	100.1	2.00
7	1970	21	38.2	1.58
8	1971	7	54.8	1.74
9	1972	20	38.3	1.58
10	1973	6	59.9	1.78
11	1974	24	30.9	1.49
12	1975	12	48.6	1.69
13	1976	14	45.8	1.66
14	1977	11	49.9	1.70
15	1978	13	45.9	1.66
16	1979	18	40.7	1.61
17	1980	5	61.9	1.79
18	1981	8	54.3	1.73
19	1982	2	97.0	1.99
20	1983	10	51.2	1.71
21	1985	25	30.7	1.49
22	1986	16	41.8	1.62
23	1987	17	41.7	1.62
24	1988	15	43.4	1.64
25	1989	9	54.1	1.73
26	1991	4	85.6	1.93
27	1994	3	91.7	1.96

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	27	27
Sumatoria	1369.40	45.226
Valor Máximo	100.10	2.000
Valor Mínimo	23.70	1.375
Media:	50.72	1.675
Varianza:	424.80	0.026
Desviación Estándar:	20.61	0.161
Coefficiente Variación:	0.41	0.096
Coefficiente de Sesgo:	1.28	0.4723
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS	

José A. Mamaní Gomez  
 DNI: 40826226  
 ING. JUAN SIMÓN PERCA PEROTE  
 B.N.I. N° 41919048 CIP:135677  
 Miler Solís Díaz Mamaní  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 01284  
 CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

n= 27.00  
 Kn= 2.519  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logarítmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.08$$

Precipitación máxima aceptada

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 120.29 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logarítmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 1.27$$

Precipitación mínima aceptada

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 18.62 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

**Nota:** no existen datos dudosos

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)					
Estación:	Porculla	Latitud:	-5.8396	Dpto:	Piura
Parámetro:	Precipitación Máxima 24 hr (mm)	Longitud:	-79.5057	Prov:	Huancabamba
		Altitud:	2142 msnm.	Dist:	Huarmaca

José A. Mamani Gomez  
DNI: 40826226

Nº	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1966	37	23.0	1.36
2	1967	30	27.0	1.43
3	1968	27	30.0	1.48
4	1969	5	76.0	1.88
5	1970	24	32.5	1.51
6	1971	13	50.0	1.70
7	1972	9	58.0	1.76
8	1973	12	54.0	1.73
9	1974	11	54.6	1.74
10	1975	8	59.0	1.77
11	1976	3	100.5	2.00
12	1977	37	23.0	1.36
13	1978	41	20.0	1.30
14	1979	41	20.0	1.30
15	1980	36	24.0	1.38
16	1981	20	35.0	1.54
17	1982	26	31.0	1.49
18	1983	7	59.5	1.77
19	1984	20	35.0	1.54
20	1985	25	31.5	1.50
21	1986	15	40.5	1.61
22	1987	34	25.0	1.40
23	1988	29	28.0	1.45
24	1989	20	35.0	1.54
25	1990	17	38.0	1.58
26	1991	34	25.0	1.40
27	1992	17	38.0	1.58
28	1993	14	43.0	1.63
29	1994	30	27.0	1.43
30	1995	32	26.5	1.42
31	1996	27	30.0	1.48
32	1997	23	33.8	1.53
33	1998	39	22.2	1.35
34	1999	40	21.0	1.32
35	2000	33	25.8	1.41
36	2001	46	18.4	1.26
37	2002	41	20.0	1.30
38	2003	45	18.5	1.27
39	2004	48	16.7	1.22
40	2005	41	20.0	1.30
41	2006	10	55.4	1.74
42	2007	47	17.2	1.24
43	2008	2	117.1	2.07
44	2009	4	79.9	1.90
45	2010	1	158.4	2.20
46	2011	16	38.5	1.59
47	2012	6	62.5	1.80
48	2013	19	37.3	1.57

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	48	48
Sumatoria	1962.30	74.152
Valor Máximo	158.40	2.200
Valor Mínimo	16.70	1.223
Media:	40.88	1.545
Varianza:	760.87	0.052
Desviación Estándar:	27.58	0.227
Coefficiente Variación:	0.67	0.147
Coefficiente de Sesgo:	2.40	0.8823
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos ALTOS	

ING. JUAN SIMÓN PERCA FONSECA  
BNI N° 41919048 CIP:135677  
ING. CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL Reg. CIP N° 171491

n= 48.00  
Kn= 2.753  
Kn: Valor recomendado, varia según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.17$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 147.85 \text{ mm}$$

**EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.92$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 8.32 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

Nota: no existen datos dudosos

### REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA DE 24 HORAS (mm)

**Estación:** Tejedores      **Latitud:** -4.75000      **Dpto:** Piura  
**Parámetro:** Precipitación Máxima 24 hr (mm)      **Longitud:** -80.23330      **Prov:** Piura  
**Altitud:** 211 msnm.      **Dist:** Tambo Grande

N°	Año	Orden	Pmáx (24Hr)	Log(P24hr)
1	1967	3	61.6	1.79
2	1969	11	18.8	1.27
3	1970	14	5.7	0.76
4	1971	2	64.1	1.81
5	1972	1	88.7	1.95
6	1973	4	49.0	1.69
7	1974	12	12.8	1.11
8	1975	10	22.5	1.35
9	1976	7	37.7	1.58
10	1977	8	34.5	1.54
11	1978	5	39.1	1.59
12	1979	13	11.0	1.04
13	1980	6	38.3	1.58
14	1981	9	30.2	1.48

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (N)	14	14
Sumatoria	514.00	20.535
Valor Máximo	88.70	1.948
Valor Mínimo	5.70	0.756
Media:	36.71	1.467
Varianza:	538.25	0.109
Desviación Estándar:	23.20	0.330
Coefficiente Variación:	0.63	0.225
Coefficiente de Sesgo:	0.78	-0.7275
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos BAJOS	

José A. Mamani Gomez

DNI: 40826226

ING. JUAN SIMÓN PERCA PERCE  
DNI N° 41819048 CIP:135077

Walter Salas "Paco" Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 212954

CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

n= 14.00  
 Kn= 2.213  
 Kn: Valor recomendado, varía según el valor de n (significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (xH: unidad. Logaritmicas)

$$x_H = \bar{x} + k_n \cdot s \quad xH= 2.20$$

Precipitacion maxima aceptaba

$$PH = 10^{xH} \quad PH= 157.23 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR ENCIMA DEL UMBRAL LÍMITE**

Umbral de datos dudosos bajos (xL: unidad. Logaritmicas)

$$x_L = \bar{x} - k_n \cdot s \quad xL= 0.74$$

Precipitacion minima aceptaba

$$PL = 10^{xL} \quad PL= 5.46 \text{ mm}$$

**NO EXISTEN DATOS DUDOSOS POR DEBAJO DEL UMBRAL LÍMITE**

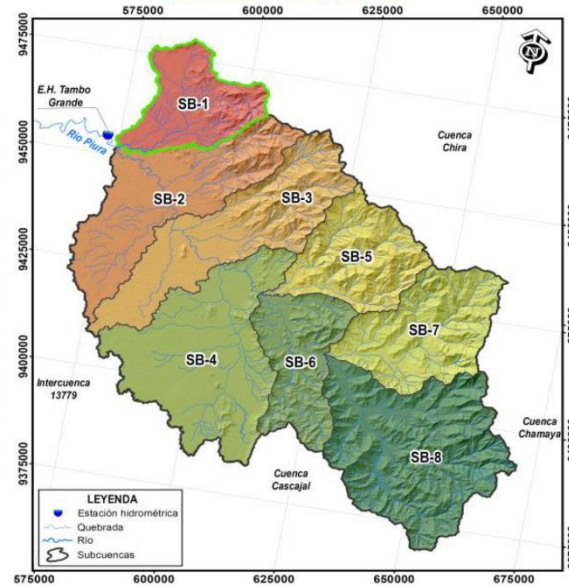
**Nota:** no existen datos dudosos

## Anexo 8. Detalle de los parámetros morfométricos de las subcuencas SB-1

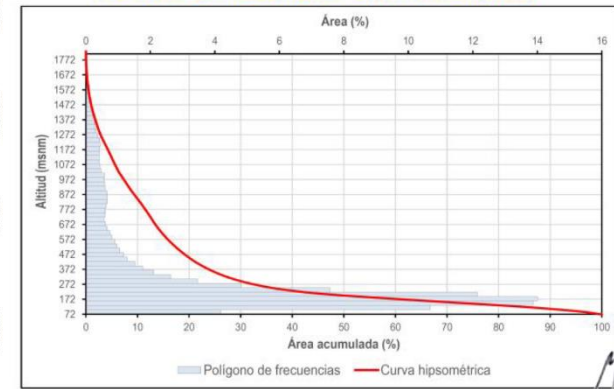
RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

PARÁMETRO		UNIDAD	CANTIDAD	
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	480.88	
	Perímetro de la cuenca (P)	km	122.93	
	Longitud del cauce principal (L)	km	44.54	
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	10.80	
	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	1.58	
	Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.24	
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km	52.79
		Lado Menor (l)	km	9.11
	Radio de circularidad	km	0.40	
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	1828.00	
	Cota mínima	msnm	72.00	
	Desnivel máxima	m	1756.00	
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.18	
	Elevación mediana de la cuenca	msnm	197.91	
	Altitud media de la cuenca	msnm	330.76	
	Integral Hipsométrica	Adimensional	0.14	

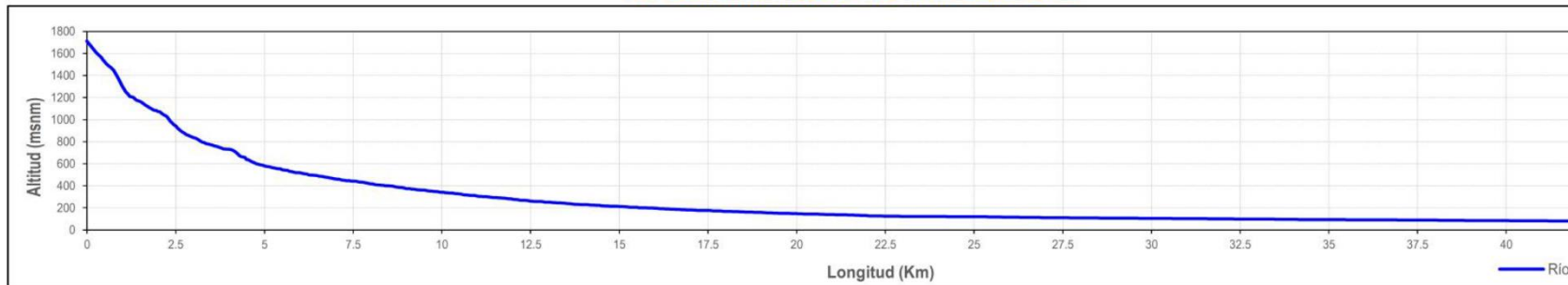
UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA



POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



José A. Mamaní Gomez  
DNI: 40826226

ING. JUAN SIMÓN PERCA FANOR  
SNI. N° 41049048 CIP. 135677

ING. CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
CIP. N° 171491

CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

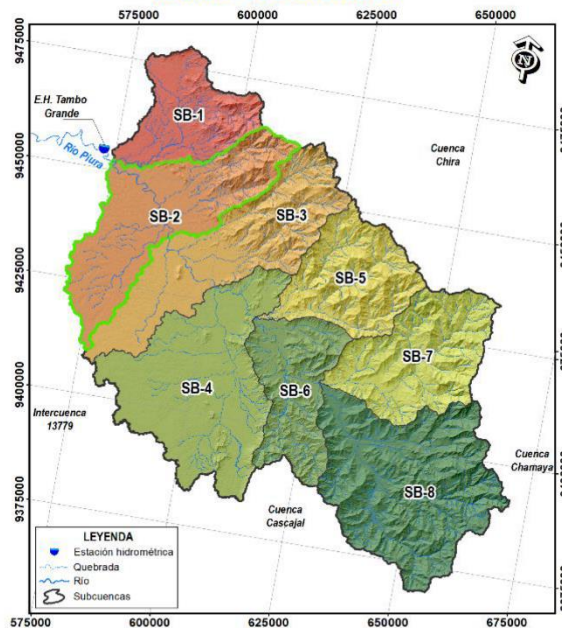


# Subcuencas SB-2

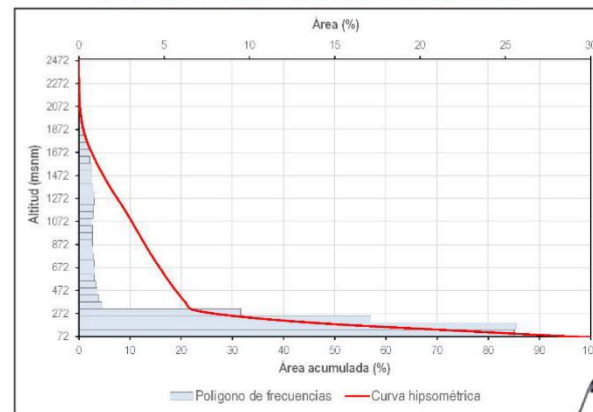
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

PARÁMETRO		UNIDAD	CANTIDAD
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	855.70
	Perímetro de la cuenca (P)	km	209.94
	Longitud del cauce principal (L)	km	60.30
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	14.19
	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	2.02
	Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.24
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km
	Lado Menor (l)	km	8.83
	Radio de circularidad	km	0.24
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	2484.00
	Cota mínima	msnm	72.00
	Desnivel máxima	m	2412.00
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.16
	Elevación mediana de la cuenca	msnm	180.29
	Altitud media de la cuenca	msnm	356.46
Integral Hipsométrica	Adimensional	0.12	

## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA

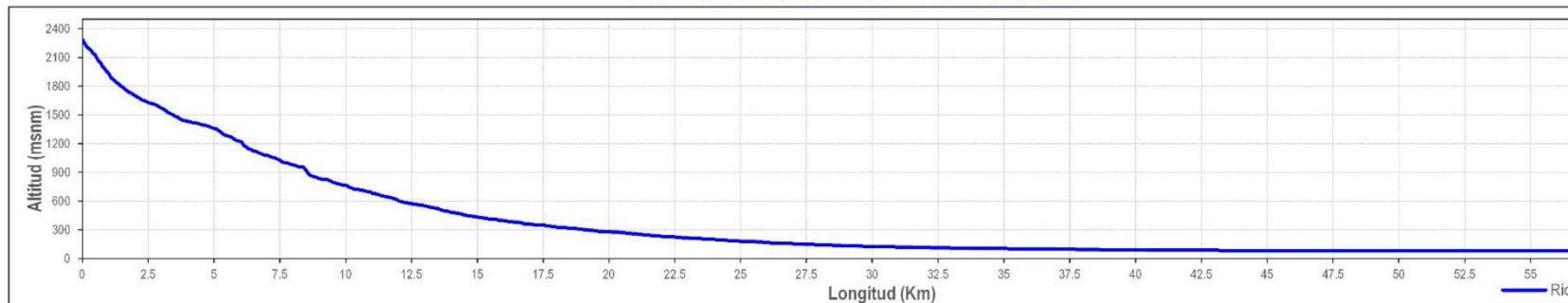


## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



José A. Mamani Gomez  
DNI: 40826226

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



ING. JOSUÉ SIMÓN PERCA PERCE  
S.N. N° 41819048 CIP:135077

Walter Solís Pizarro Mamani  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 27056

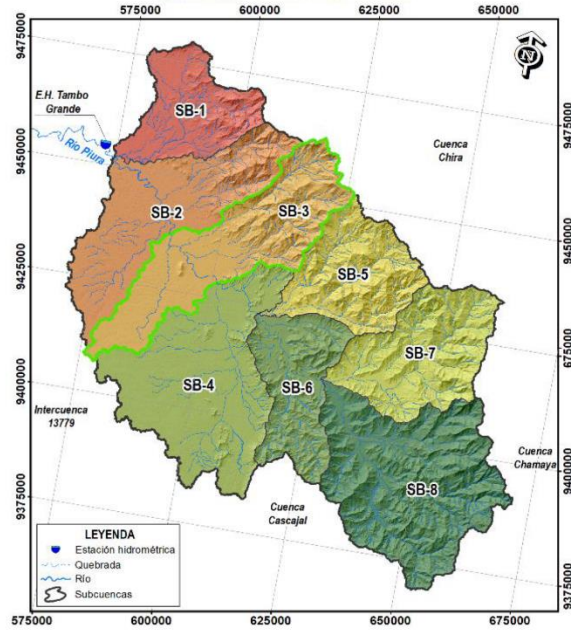
CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

# Subcuencas SB-3

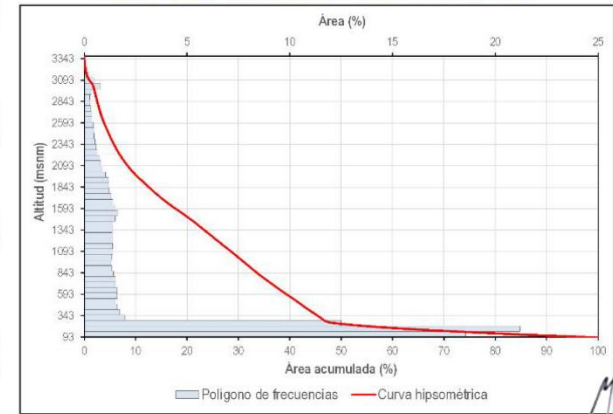
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

	PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	878.74	
	Perímetro de la cuenca (P)	km	223.41	
	Longitud del cauce principal (L)	km	56.66	
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	15.51	
	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	2.13	
	Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.27	
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km	104.06
		Lado Menor (l)	km	8.44
	Radio de circularidad	km	0.22	
	PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	3375.00
Cota mínima		msnm	93.00	
Desnivel máxima		m	3282.00	
Pendiente media de la cuenca		m/m	0.26	
Elevación mediana de la cuenca		msnm	252.11	
Altitud media de la cuenca		msnm	744.78	
Integral Hipsométrica		Adimensional	0.19	

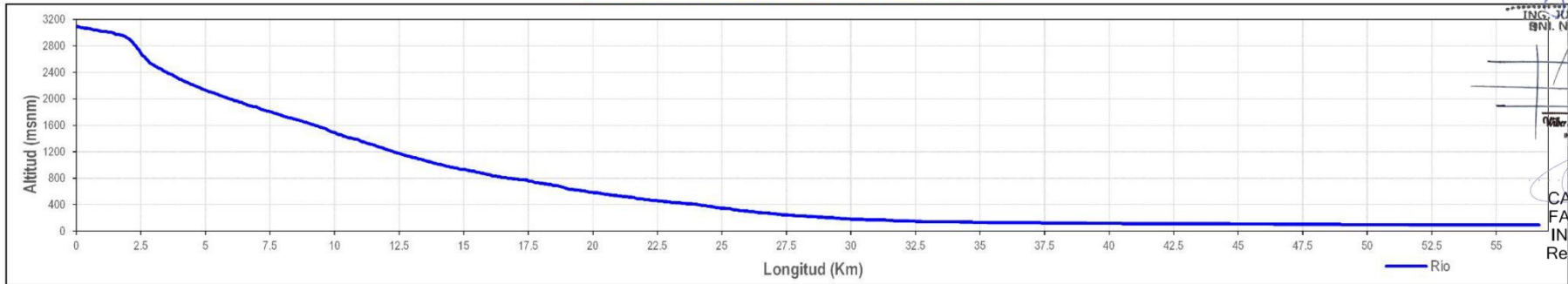
## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA



## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



José A. Mamani Gomez  
DNI: 40826226

ING. JUAN SIMÓN PERCA PERCA  
DNI: N° 41819048 CIP: 133677

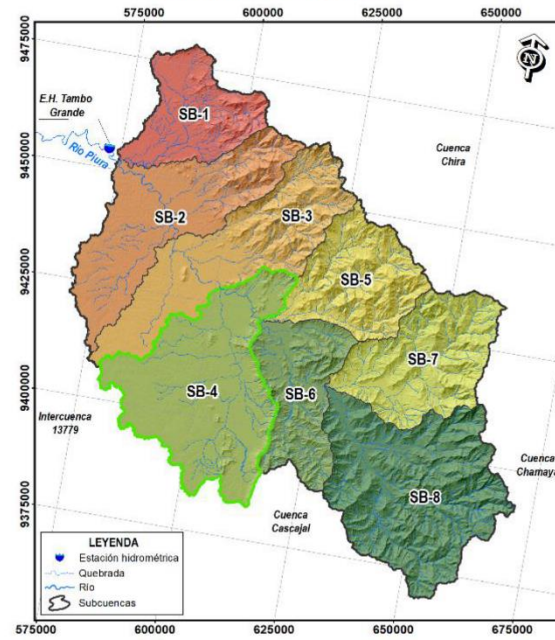
INGENIERO CIVIL  
DIP. N° 212954  
CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

# Subcuencas SB-4

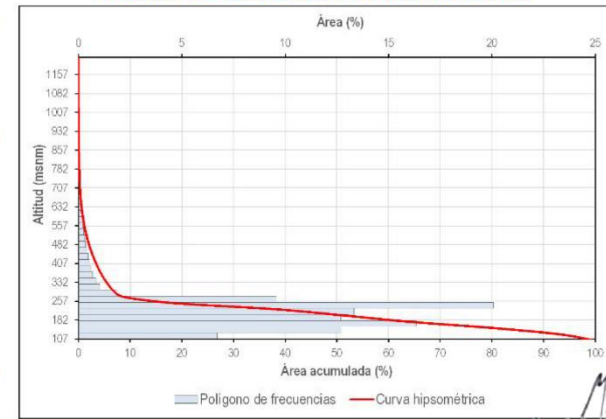
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

	PARÁMETRO	UNIDAD	CANTIDAD	
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	1113.57	
	Perímetro de la cuenca (P)	km	230.65	
	Longitud del cauce principal (L)	km	58.53	
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	19.03	
	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	1.95	
	Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.33	
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km	105.60
		Lado Menor (l)	km	10.54
	Radio de circularidad	km	0.26	
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	1226.00	
	Cota mínima	msnm	107.00	
	Desnivel máxima	m	1119.00	
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.10	
	Elevación mediana de la cuenca	msnm	202.85	
	Altitud media de la cuenca	msnm	212.38	
	Integral Hipsométrica	Adimensional	0.09	

## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA

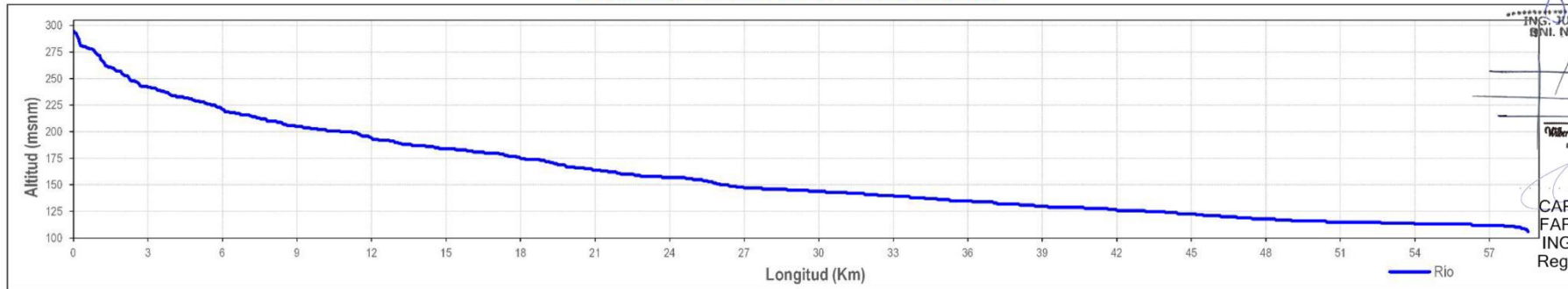


## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



Jose A. Mamani Gomez  
DNI: 40826226

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



ING. JUAN SIMÓN PERCOTA PERCOTA  
BNI. N° 41919048 CIP:135677

ING. CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

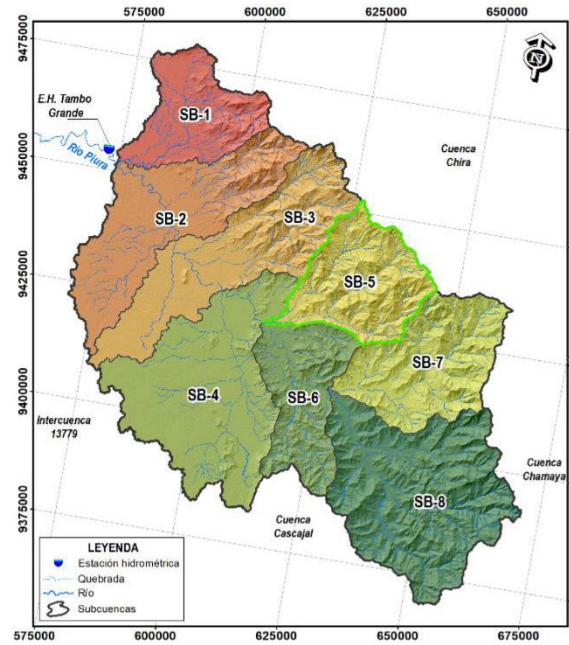


# Subcuencas SB-5

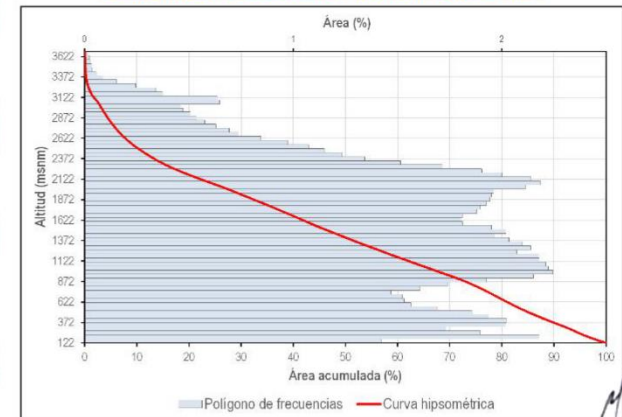
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

PARÁMETROS DE FORMA			
Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	569.70	
Perímetro de la cuenca (P)	km	124.48	
Longitud del cauce principal (L)	km	45.95	
Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	12.40	
Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	1.47	
Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.27	
Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km	51.66
	Lado Menor (l)	km	11.03
Radio de circularidad	km	0.46	
PARÁMETROS DE RELIEVE			
Cota máxima	msnm	3685.00	
Cota mínima	msnm	122.00	
Desnivel máxima	m	3563.00	
Pendiente media de la cuenca	m/m	0.46	
Elevación mediana de la cuenca	msnm	1409.52	
Altitud media de la cuenca	msnm	1448.55	
Integral Hipsométrica	Adimensional	0.37	

## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA

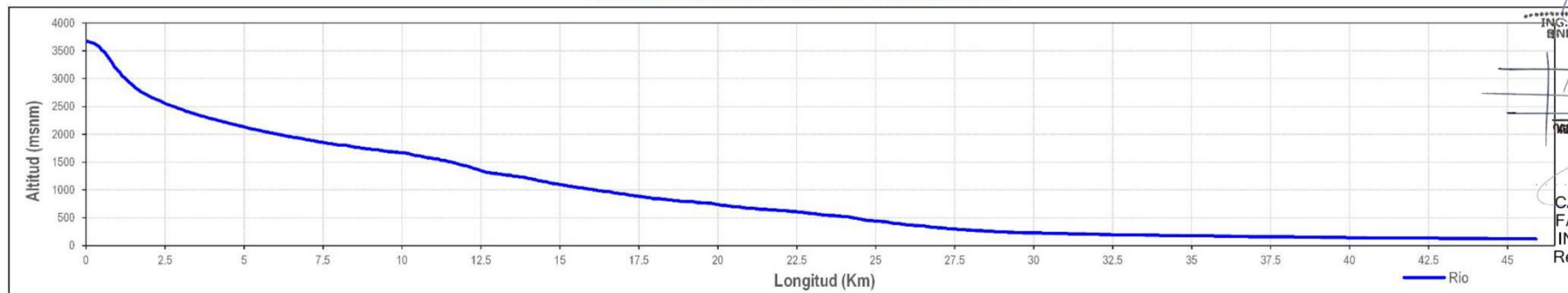


## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



José A. Mamani Gomez  
DNI: 40826226

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



ING. JOHNNY PERCA  
ING. Nº 41919048 CIP: 135877

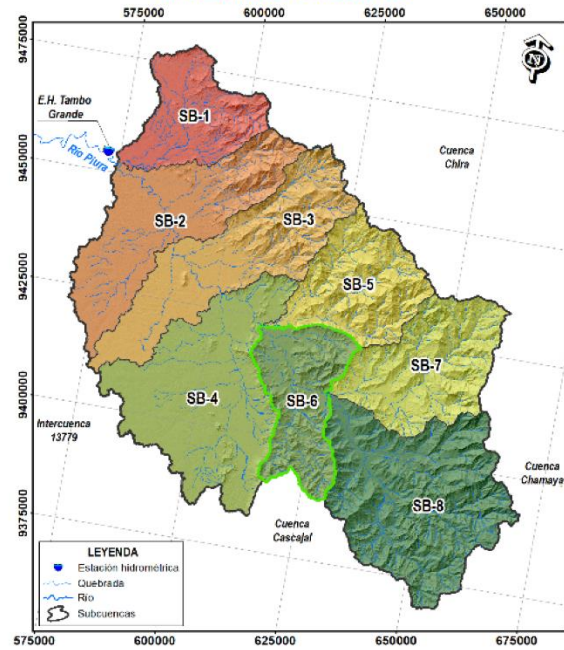
ING. CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP Nº 171491

# Subcuencas SB-6

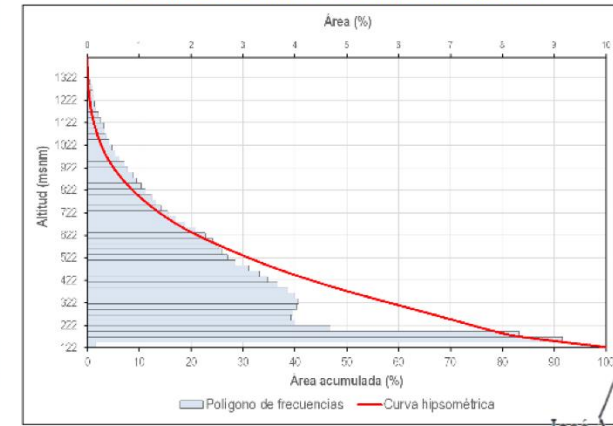
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS


PARÁMETRO		UNIDAD	CANTIDAD
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	510.55
	Perímetro de la cuenca (P)	km	126.99
	Longitud del cauce principal (L)	km	54.49
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	9.37
	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	1.58
	Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.17
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km
	Lado Menor (l)	km	9.35
	Radio de circularidad	km	0.40
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	1413.00
	Cota mínima	msnm	122.00
	Desnivel máxima	m	1291.00
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.33
	Elevación mediana de la cuenca	msnm	373.87
	Altitud media de la cuenca	msnm	428.80
Integral Hipsométrica	Adimensional	0.24	

## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA

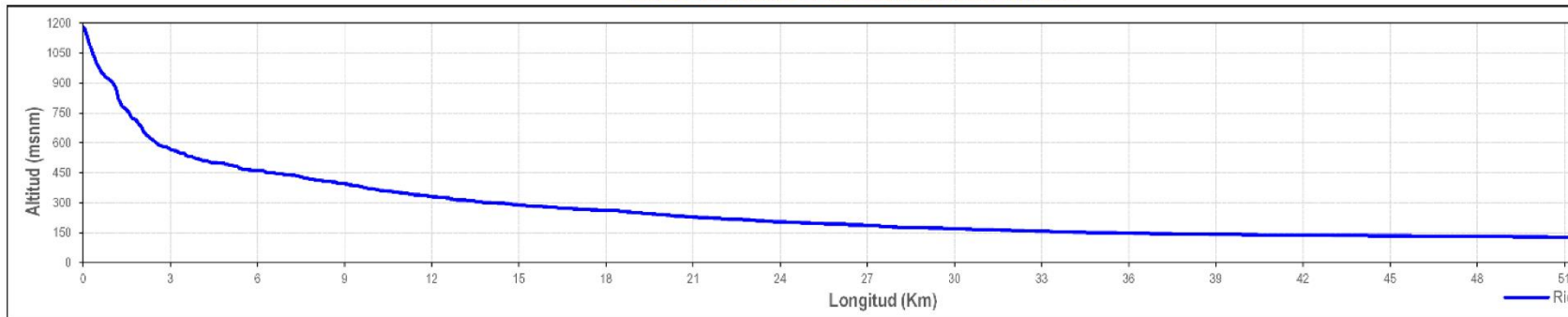


## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



  
**José A. Mamani Gomez**  
 DNI: 40826226

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



  
**ING. JUAN SIMÓN PERCA**  
 INGENIERO CIVIL  
 DNI. N° 41918048 CIP:135677

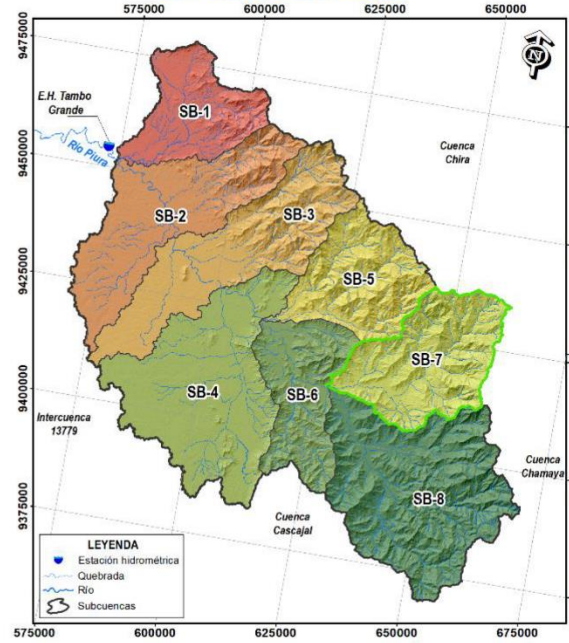
  
**Carina Patricia Farfan Jimenes**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

# Subcuencas SB-7

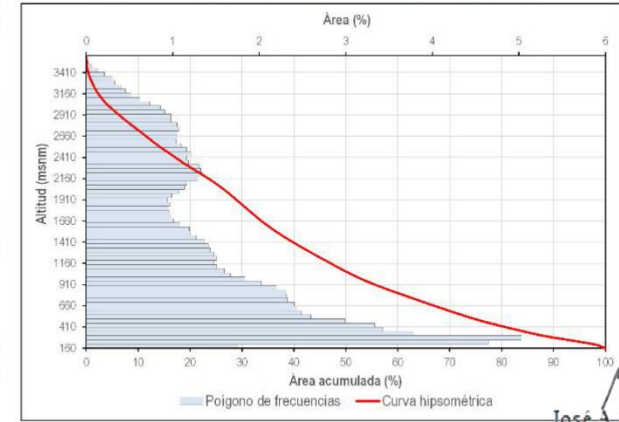
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

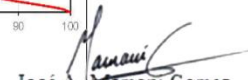
PARÁMETRO		UNIDAD	CANTIDAD	
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)	km <sup>2</sup>	678.99	
	Perímetro de la cuenca (P)	km	129.06	
	Longitud del cauce principal (L)	km	55.62	
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)	km	12.21	
	Coefficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)	Adimensional	1.40	
	Factor de forma (Ff)	Adimensional	0.22	
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km	51.91
		Lado Menor (l)	km	13.08
Radio de circularidad	km	0.51		
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima	msnm	3612.00	
	Cota mínima	msnm	160.00	
	Desnivel máxima	m	3452.00	
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.42	
	Elevación mediana de la cuenca	msnm	1064.51	
	Altitud media de la cuenca	msnm	1317.04	
Integral Hipsométrica	Adimensional	0.33		

## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA

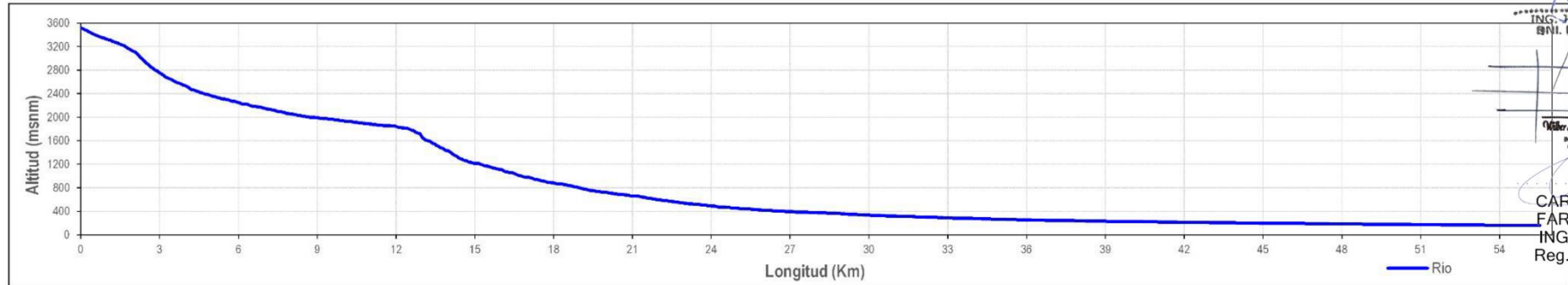


## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSONÉTICA



  
**José Mamaní Gomez**  
 DNI: 40826226

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



  
**ING. JUAN SIMÓN PERCA PERCE**  
 INE. N° 4-1919048 CIP: 135677

  
**CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES**  
 INGENIERA CIVIL  
 Reg. CIP N° 171491

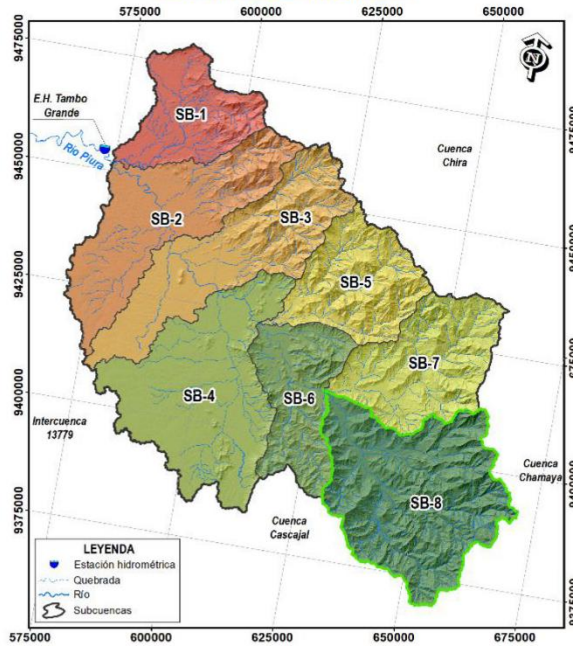


# Subcuencas SB-8

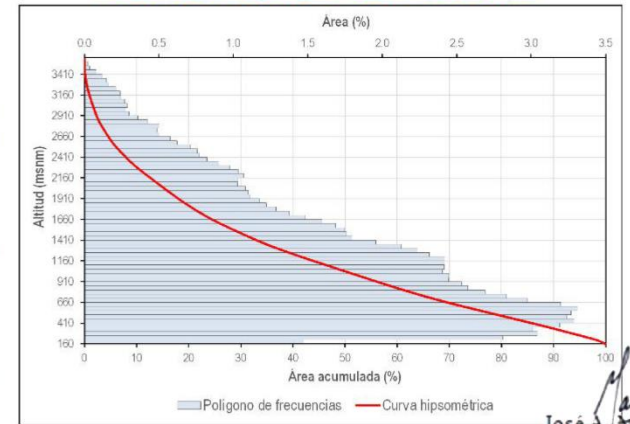
## RESUMEN DE PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS

PARÁMETRO			UNIDAD	CANTIDAD
PARÁMETROS DE FORMA	Área de la cuenca (A)		km <sup>2</sup>	1155.46
	Perímetro de la cuenca (P)		km	184.55
	Longitud del cauce principal (L)		km	64.65
	Ancho promedio de la cuenca (Ap)		km	17.87
	Coeficiente de compacidad o índice de Gravelius (Kc)		Adimensional	1.53
	Factor de forma (Ff)		Adimensional	0.28
	Rectángulo equivalente (RE)	Lado Mayor (L)	km	78.15
		Lado Menor (l)	km	14.79
Radio de circularidad		km	0.43	
PARÁMETROS DE RELIEVE	Cota máxima		msnm	3598.00
	Cota mínima		msnm	160.00
	Desnivel máxima		m	3438.00
	Pendiente media de la cuenca		m/m	0.44
	Elevación mediana de la cuenca		msnm	1034.82
	Altitud media de la cuenca		msnm	1182.73
	Integral Hipsométrica		Adimensional	0.29

## UBICACIÓN DE LA SUBCUENCA

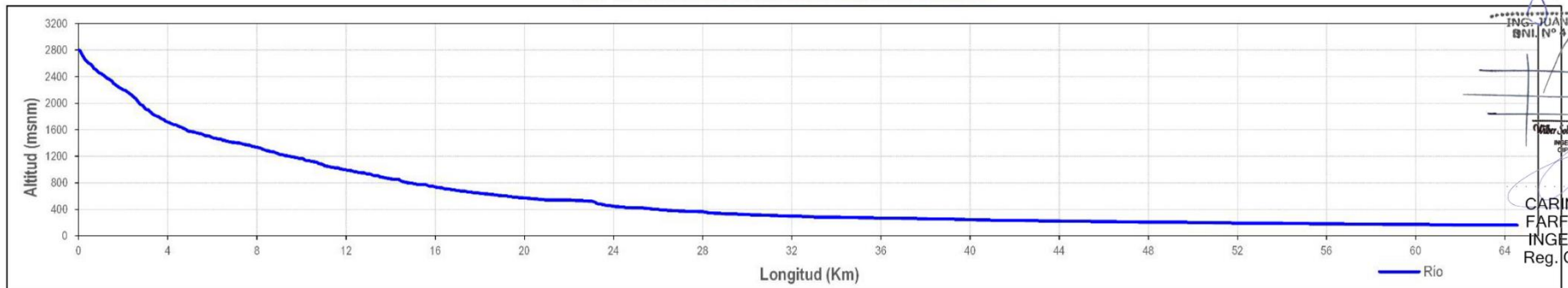


## POLÍGONO DE FRECUENCIAS Y CURVA HIPSOMÉTRICA



José A. Mamani Gomez  
DNI: 40826226

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE PRINCIPAL DE DRENAJE



ING. JUAN SIMÓN PERCA  
DNI: N° 11819048 CIP: 135677

ING. CARINA PATRICIA FARFAN JIMENES  
INGENIERA CIVIL  
Reg. CIP N° 171491

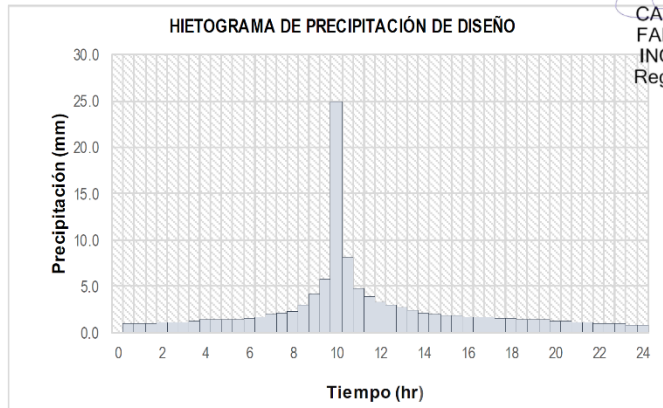
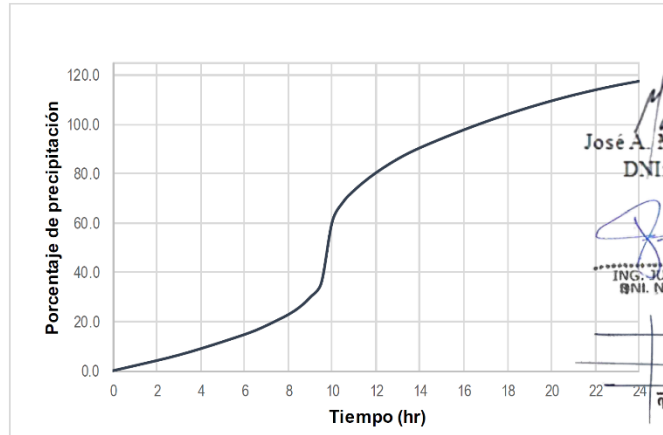
## Anexo 9. Hietograma de precipitación de diseño para TR=10 años.

### Subcuenca SB-2

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
Nº	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	1.03	1.026
3	1	0.0175	2.06	1.030
4	1.5	0.0262	3.09	1.032
5	2	0.0350	4.12	1.036
6	2.5	0.0442	5.20	1.079
7	3	0.0541	6.37	1.165
8	3.5	0.0647	7.62	1.250
9	4	0.0760	8.95	1.336
10	4.5	0.0878	10.35	1.395
11	5	0.1000	11.78	1.427
12	5.5	0.1123	13.24	1.460
13	6	0.1250	14.73	1.492
14	6.5	0.1392	16.39	1.667
15	7	0.1560	18.38	1.985
16	7.5	0.1746	20.57	2.191
17	8	0.1940	22.86	2.286
18	8.5	0.2190	25.80	2.945
19	9	0.2540	29.92	4.123
20	9.5	0.3030	35.70	5.773
21	10	0.5150	60.67	24.977
22	10.5	0.5830	68.69	8.011
23	11	0.6230	73.40	4.713
24	11.5	0.6555	77.23	3.829
25	12	0.6840	80.58	3.358
26	12.5	0.7093	83.56	2.975
27	13	0.7320	86.24	2.680
28	13.5	0.7523	88.63	2.386
29	14	0.7700	90.72	2.091
30	14.5	0.7863	92.63	1.914
31	15	0.8020	94.49	1.856
32	15.5	0.8173	96.28	1.797
33	16	0.8320	98.02	1.738
34	16.5	0.8463	99.70	1.679
35	17	0.8600	101.32	1.620
36	17.5	0.8733	102.88	1.561
37	18	0.8860	104.38	1.502
38	18.5	0.8983	105.83	1.443
39	19	0.9100	107.21	1.384
40	19.5	0.9213	108.54	1.325
41	20	0.9320	109.80	1.267
42	20.5	0.9423	111.01	1.208
43	21	0.9520	112.16	1.149
44	21.5	0.9613	113.25	1.090
45	22	0.9700	114.28	1.031
46	22.5	0.9783	115.25	0.972
47	23	0.9860	116.16	0.913
48	23.5	0.9933	117.02	0.854
49	24	1	117.81	0.795
<b>Total</b>				<b>117.814</b>

Hietograma de Distribucion de la Precipitacion Maxima en 24 Horas (T=500 años)  
Subcuenca SB-2

PP. MAX 24 H	117.8	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min

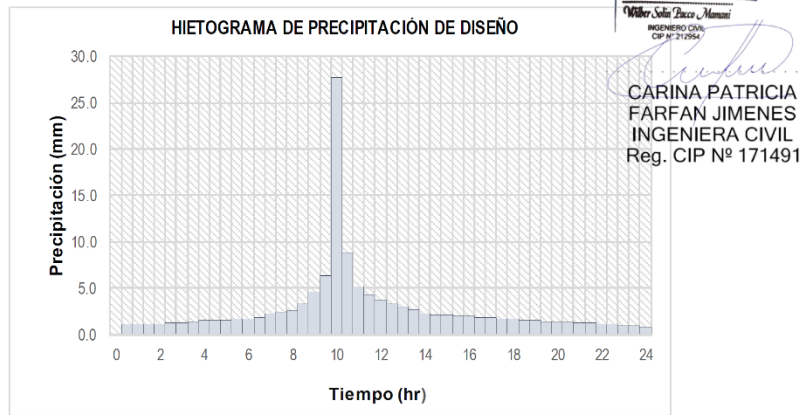


## Subcuenca SB-3

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
N°	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	1.14	1.137
3	1	0.0175	2.28	1.141
4	1.5	0.0262	3.42	1.144
5	2	0.0350	4.57	1.148
6	2.5	0.0442	5.77	1.196
7	3	0.0541	7.06	1.292
8	3.5	0.0647	8.44	1.386
9	4	0.0760	9.93	1.481
10	4.5	0.0878	11.47	1.546
11	5	0.1000	13.05	1.581
12	5.5	0.1123	14.67	1.618
13	6	0.1250	16.32	1.653
14	6.5	0.1392	18.17	1.848
15	7	0.1560	20.37	2.200
16	7.5	0.1746	22.80	2.429
17	8	0.1940	25.34	2.534
18	8.5	0.2190	28.60	3.265
19	9	0.2540	33.17	4.571
20	9.5	0.3030	39.57	6.399
21	10	0.5150	67.26	27.686
22	10.5	0.5830	76.14	8.880
23	11	0.6230	81.36	5.224
24	11.5	0.6555	85.60	4.244
25	12	0.6840	89.33	3.722
26	12.5	0.7093	92.62	3.297
27	13	0.7320	95.59	2.971
28	13.5	0.7523	98.24	2.645
29	14	0.7700	100.56	2.318
30	14.5	0.7863	102.68	2.122
31	15	0.8020	104.74	2.057
32	15.5	0.8173	106.73	1.992
33	16	0.8320	108.65	1.926
34	16.5	0.8463	110.51	1.861
35	17	0.8600	112.31	1.796
36	17.5	0.8733	114.04	1.730
37	18	0.8860	115.71	1.665
38	18.5	0.8983	117.31	1.600
39	19	0.9100	118.84	1.534
40	19.5	0.9213	120.31	1.469
41	20	0.9320	121.71	1.404
42	20.5	0.9423	123.05	1.339
43	21	0.9520	124.32	1.273
44	21.5	0.9613	125.53	1.208
45	22	0.9700	126.68	1.143
46	22.5	0.9783	127.75	1.077
47	23	0.9860	128.76	1.012
48	23.5	0.9933	129.71	0.947
49	24	1	130.59	0.882
<b>Total</b>				<b>130.593</b>

Hietograma de Distribución de la Precipitación Maxima en 24 Horas (T=10 años)  
Subcuenca SB-3

PP. MAX 24 H	130.6	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min

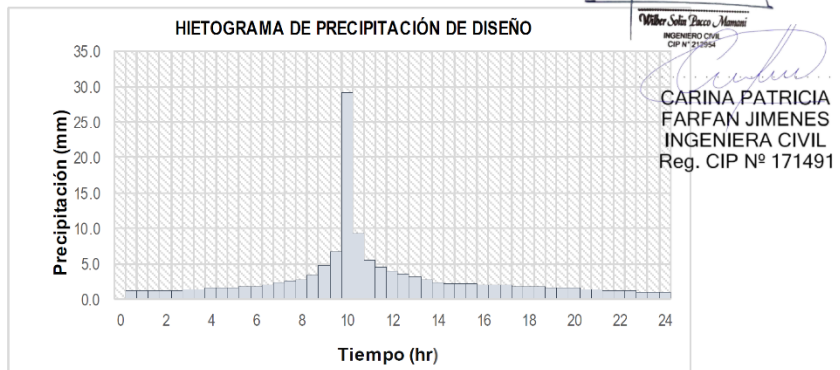
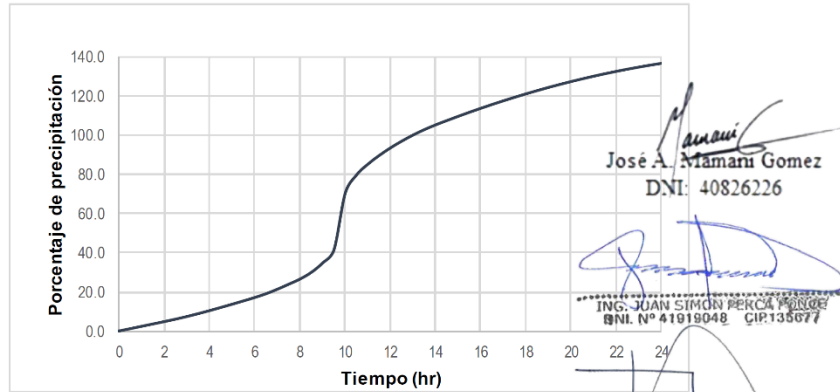


## Subcuenca SB-4

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
Nº	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	1.19	1.193
3	1	0.0175	2.39	1.197
4	1.5	0.0262	3.59	1.200
5	2	0.0350	4.79	1.204
6	2.5	0.0442	6.05	1.254
7	3	0.0541	7.40	1.354
8	3.5	0.0647	8.85	1.453
9	4	0.0760	10.41	1.553
10	4.5	0.0878	12.03	1.621
11	5	0.1000	13.69	1.658
12	5.5	0.1123	15.38	1.697
13	6	0.1250	17.12	1.734
14	6.5	0.1392	19.06	1.938
15	7	0.1560	21.36	2.308
16	7.5	0.1746	23.91	2.547
17	8	0.1940	26.57	2.657
18	8.5	0.2190	29.99	3.424
19	9	0.2540	34.78	4.793
20	9.5	0.3030	41.49	6.710
21	10	0.5150	70.53	29.032
22	10.5	0.5830	79.84	9.312
23	11	0.6230	85.32	5.478
24	11.5	0.6555	89.77	4.451
25	12	0.6840	93.67	3.903
26	12.5	0.7093	97.13	3.458
27	13	0.7320	100.24	3.116
28	13.5	0.7523	103.02	2.773
29	14	0.7700	105.45	2.431
30	14.5	0.7863	107.67	2.225
31	15	0.8020	109.83	2.157
32	15.5	0.8173	111.92	2.088
33	16	0.8320	113.94	2.020
34	16.5	0.8463	115.89	1.951
35	17	0.8600	117.77	1.883
36	17.5	0.8733	119.59	1.815
37	18	0.8860	121.33	1.746
38	18.5	0.8983	123.01	1.678
39	19	0.9100	124.62	1.609
40	19.5	0.9213	126.16	1.541
41	20	0.9320	127.63	1.472
42	20.5	0.9423	129.04	1.404
43	21	0.9520	130.37	1.335
44	21.5	0.9613	131.64	1.267
45	22	0.9700	132.84	1.198
46	22.5	0.9783	133.97	1.130
47	23	0.9860	135.03	1.061
48	23.5	0.9933	136.02	0.993
49	24	1	136.95	0.924
<b>Total</b>				<b>136.946</b>

Histograma de Distribución de la Precipitación Máxima en 24 Horas  
(T=10 años)  
Subcuenca SB-4

PP. MAX 24 H	136.9	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min



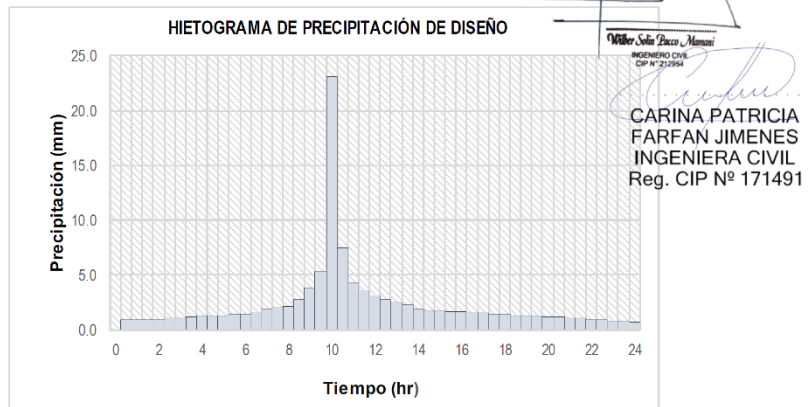
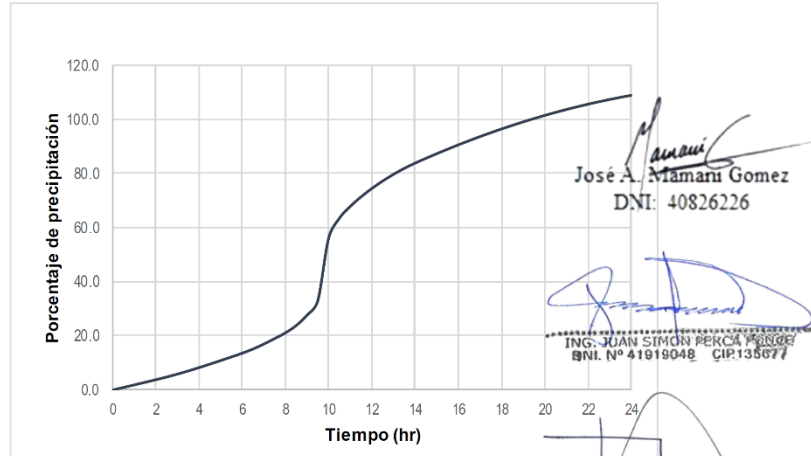


## Subcuenca SB-5

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
N°	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	0.95	0.949
3	1	0.0175	1.90	0.952
4	1.5	0.0262	2.86	0.954
5	2	0.0350	3.81	0.958
6	2.5	0.0442	4.81	0.998
7	3	0.0541	5.89	1.077
8	3.5	0.0647	7.04	1.156
9	4	0.0760	8.28	1.235
10	4.5	0.0878	9.57	1.290
11	5	0.1000	10.89	1.319
12	5.5	0.1123	12.24	1.350
13	6	0.1250	13.62	1.379
14	6.5	0.1392	15.16	1.542
15	7	0.1560	16.99	1.836
16	7.5	0.1746	19.02	2.026
17	8	0.1940	21.13	2.113
18	8.5	0.2190	23.86	2.724
19	9	0.2540	27.67	3.813
20	9.5	0.3030	33.01	5.338
21	10	0.5150	56.10	23.095
22	10.5	0.5830	63.51	7.408
23	11	0.6230	67.87	4.358
24	11.5	0.6555	71.41	3.541
25	12	0.6840	74.52	3.105
26	12.5	0.7093	77.27	2.751
27	13	0.7320	79.74	2.478
28	13.5	0.7523	81.95	2.206
29	14	0.7700	83.88	1.934
30	14.5	0.7863	85.65	1.770
31	15	0.8020	87.37	1.716
32	15.5	0.8173	89.03	1.661
33	16	0.8320	90.64	1.607
34	16.5	0.8463	92.19	1.552
35	17	0.8600	93.69	1.498
36	17.5	0.8733	95.13	1.443
37	18	0.8860	96.52	1.389
38	18.5	0.8983	97.86	1.335
39	19	0.9100	99.14	1.280
40	19.5	0.9213	100.36	1.226
41	20	0.9320	101.53	1.171
42	20.5	0.9423	102.65	1.117
43	21	0.9520	103.71	1.062
44	21.5	0.9613	104.72	1.008
45	22	0.9700	105.67	0.953
46	22.5	0.9783	106.57	0.899
47	23	0.9860	107.42	0.844
48	23.5	0.9933	108.20	0.790
49	24	1	108.94	0.735
<b>Total</b>				<b>108.940</b>

Hietograma de Distribucion de la Precipitacion Maxima en 24 Horas  
(T=10 años)  
Subcuenca SB-5

PP. MAX 24 H	108.9	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min

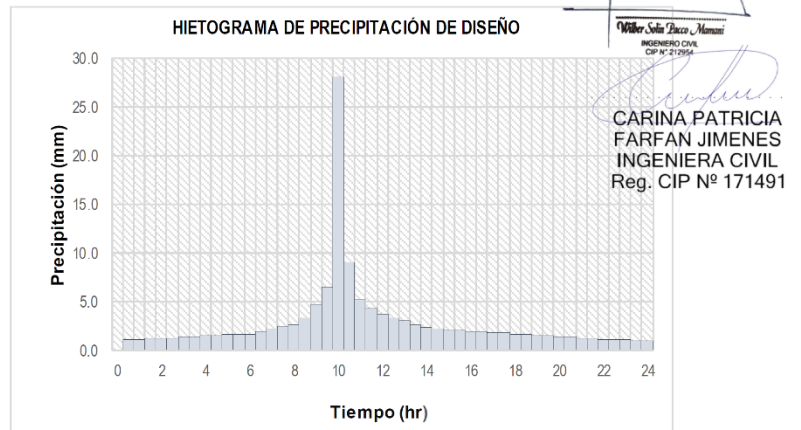
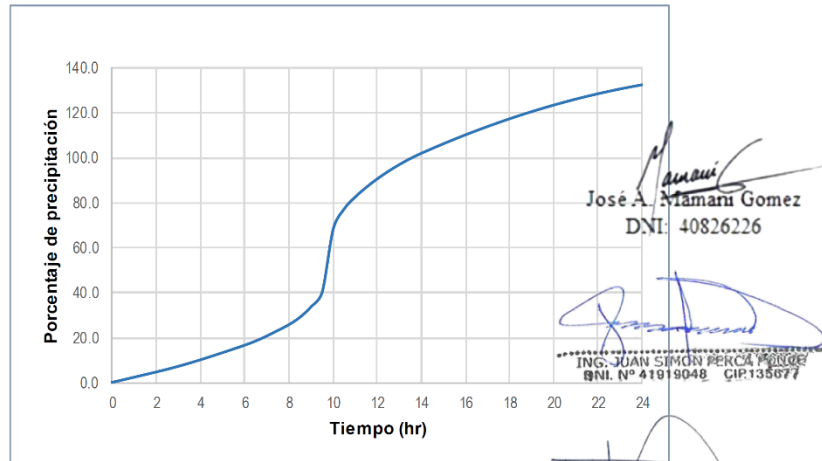


## Subcuenca SB-6

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
N°	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	1.15	1.153
3	1	0.0175	2.31	1.157
4	1.5	0.0262	3.47	1.160
5	2	0.0350	4.63	1.164
6	2.5	0.0442	5.85	1.213
7	3	0.0541	7.15	1.309
8	3.5	0.0647	8.56	1.404
9	4	0.0760	10.06	1.501
10	4.5	0.0878	11.63	1.567
11	5	0.1000	13.23	1.603
12	5.5	0.1123	14.87	1.640
13	6	0.1250	16.55	1.676
14	6.5	0.1392	18.42	1.873
15	7	0.1560	20.65	2.230
16	7.5	0.1746	23.11	2.462
17	8	0.1940	25.68	2.568
18	8.5	0.2190	28.99	3.309
19	9	0.2540	33.62	4.633
20	9.5	0.3030	40.11	6.486
21	10	0.5150	68.17	28.063
22	10.5	0.5830	77.17	9.001
23	11	0.6230	82.47	5.295
24	11.5	0.6555	86.77	4.302
25	12	0.6840	90.54	3.773
26	12.5	0.7093	93.88	3.342
27	13	0.7320	96.90	3.011
28	13.5	0.7523	99.58	2.681
29	14	0.7700	101.93	2.350
30	14.5	0.7863	104.08	2.151
31	15	0.8020	106.16	2.085
32	15.5	0.8173	108.18	2.019
33	16	0.8320	110.13	1.952
34	16.5	0.8463	112.02	1.886
35	17	0.8600	113.84	1.820
36	17.5	0.8733	115.59	1.754
37	18	0.8860	117.28	1.688
38	18.5	0.8983	118.90	1.622
39	19	0.9100	120.46	1.555
40	19.5	0.9213	121.95	1.489
41	20	0.9320	123.37	1.423
42	20.5	0.9423	124.73	1.357
43	21	0.9520	126.02	1.291
44	21.5	0.9613	127.24	1.224
45	22	0.9700	128.40	1.158
46	22.5	0.9783	129.49	1.092
47	23	0.9860	130.52	1.026
48	23.5	0.9933	131.48	0.960
49	24	1	132.37	0.894
<b>Total</b>				<b>132.372</b>

Hietograma de Distribucion de la Precipitacion Maxima en 24 Horas  
(T=10 años)  
Subcuenca SB-6

PP. MAX 24 H	132.4	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min



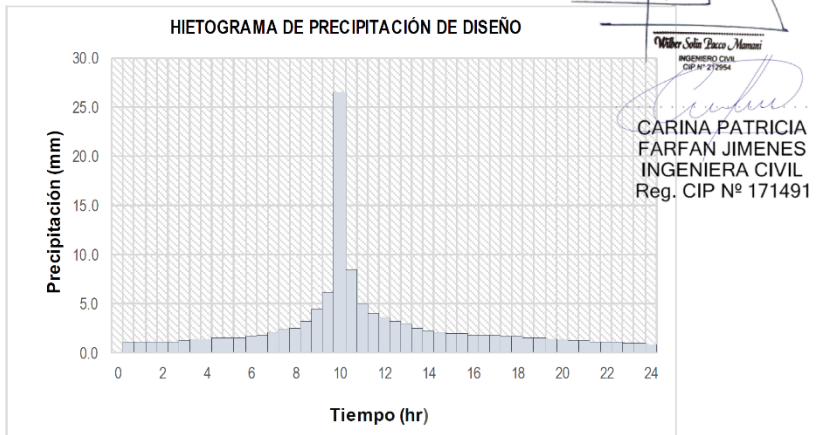
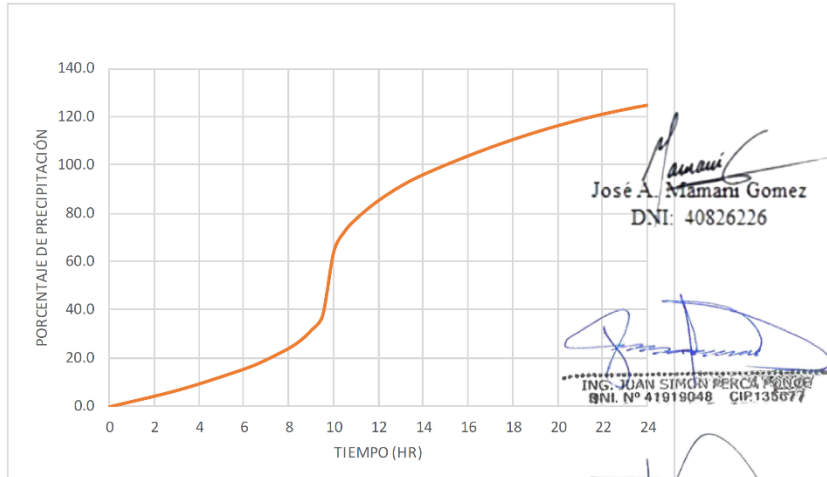


## Subcuenca SB-7

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
N°	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	1.09	1.087
3	1	0.0175	2.18	1.091
4	1.5	0.0262	3.27	1.094
5	2	0.0350	4.37	1.097
6	2.5	0.0442	5.51	1.143
7	3	0.0541	6.75	1.235
8	3.5	0.0647	8.07	1.324
9	4	0.0760	9.49	1.416
10	4.5	0.0878	10.97	1.478
11	5	0.1000	12.48	1.512
12	5.5	0.1123	14.02	1.547
13	6	0.1250	15.60	1.580
14	6.5	0.1392	17.37	1.766
15	7	0.1560	19.47	2.103
16	7.5	0.1746	21.80	2.322
17	8	0.1940	24.22	2.422
18	8.5	0.2190	27.34	3.121
19	9	0.2540	31.71	4.369
20	9.5	0.3030	37.82	6.117
21	10	0.5150	64.29	26.464
22	10.5	0.5830	72.78	8.488
23	11	0.6230	77.77	4.993
24	11.5	0.6555	81.83	4.057
25	12	0.6840	85.38	3.558
26	12.5	0.7093	88.54	3.152
27	13	0.7320	91.38	2.840
28	13.5	0.7523	93.90	2.528
29	14	0.7700	96.12	2.216
30	14.5	0.7863	98.15	2.028
31	15	0.8020	100.11	1.966
32	15.5	0.8173	102.02	1.904
33	16	0.8320	103.86	1.841
34	16.5	0.8463	105.64	1.779
35	17	0.8600	107.35	1.716
36	17.5	0.8733	109.01	1.654
37	18	0.8860	110.60	1.592
38	18.5	0.8983	112.13	1.529
39	19	0.9100	113.60	1.467
40	19.5	0.9213	115.00	1.404
41	20	0.9320	116.34	1.342
42	20.5	0.9423	117.62	1.280
43	21	0.9520	118.84	1.217
44	21.5	0.9613	119.99	1.155
45	22	0.9700	121.09	1.092
46	22.5	0.9783	122.12	1.030
47	23	0.9860	123.08	0.967
48	23.5	0.9933	123.99	0.905
49	24	1	124.83	0.843
<b>Total</b>				<b>124.831</b>

Hietograma de Distribucion de la Precipitacion Maxima en 24 Horas  
(T=10 años)  
Subcuenca SB-7

PP. MAX 24 H	124.8	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min



## Subcuenca SB-8

TRANSFORMACIÓN DE DISTRIBUCIONES DE LLUVIA SCS DE 24 HORAS A DURACIONES MÁS CORTAS				
Nº	INTERVALO	FACTOR TIPO I	TORMENTA TIPO I	PP DISTRIB.
1	0	0.0000	0.00	0.000
2	0.5	0.0087	1.13	1.129
3	1	0.0175	2.26	1.132
4	1.5	0.0262	3.40	1.135
5	2	0.0350	4.53	1.139
6	2.5	0.0442	5.72	1.187
7	3	0.0541	7.00	1.281
8	3.5	0.0647	8.38	1.375
9	4	0.0760	9.85	1.469
10	4.5	0.0878	11.38	1.534
11	5	0.1000	12.95	1.569
12	5.5	0.1123	14.56	1.605
13	6	0.1250	16.20	1.640
14	6.5	0.1392	18.03	1.833
15	7	0.1560	20.21	2.183
16	7.5	0.1746	22.62	2.410
17	8	0.1940	25.14	2.514
18	8.5	0.2190	28.38	3.239
19	9	0.2540	32.91	4.535
20	9.5	0.3030	39.26	6.349
21	10	0.5150	66.73	27.469
22	10.5	0.5830	75.54	8.811
23	11	0.6230	80.72	5.183
24	11.5	0.6555	84.93	4.211
25	12	0.6840	88.63	3.693
26	12.5	0.7093	91.90	3.272
27	13	0.7320	94.85	2.948
28	13.5	0.7523	97.47	2.624
29	14	0.7700	99.77	2.300
30	14.5	0.7863	101.87	2.106
31	15	0.8020	103.92	2.041
32	15.5	0.8173	105.89	1.976
33	16	0.8320	107.80	1.911
34	16.5	0.8463	109.65	1.846
35	17	0.8600	111.43	1.782
36	17.5	0.8733	113.15	1.717
37	18	0.8860	114.80	1.652
38	18.5	0.8983	116.39	1.587
39	19	0.9100	117.91	1.522
40	19.5	0.9213	119.37	1.458
41	20	0.9320	120.76	1.393
42	20.5	0.9423	122.09	1.328
43	21	0.9520	123.35	1.263
44	21.5	0.9613	124.55	1.199
45	22	0.9700	125.68	1.134
46	22.5	0.9783	126.75	1.069
47	23	0.9860	127.76	1.004
48	23.5	0.9933	128.70	0.939
49	24	1	129.57	0.875
<b>Total</b>				<b>129.571</b>

Hietograma de Distribucion de la Precipitacion Maxima en 24 Horas  
(T=10 años)  
Subcuenca SB-8

PP. MAX 24 H	129.6	mm		
TIEMPO	24	Hr		
INTERVALO	0.5	Hr	30	Min

