

# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



### *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL*

---

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE DEFENSA RIBEREÑA APLICANDO  
MODELOS NUMÉRICO HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS EN EL  
RIO PIURA, SECTOR LA HUACA, PROVINCIA PAITA, REGIÓN  
PIURA”**

---

**Área de Investigación:**

Hidrología – Ingeniería Hidráulica

**Autor(es):**

Br. Amesquita Ruiz, Victor Raul Jr.

Br. Casas Pereda, Ericksson Jose Teofilo

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

**Secretario:** Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

**Vocal:** Vargas Lopez, Segundo Alfredo

**Asesor:**

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/12/01**



# UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO

FACULTAD DE INGENIERÍA

## ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



### *TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL*

---

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE DEFENSA RIBEREÑA APLICANDO  
MODELOS NUMÉRICO HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS EN EL  
RIO PIURA, SECTOR LA HUACA, PROVINCIA PAITA, REGIÓN  
PIURA”**

---

**Área de Investigación:**

Hidrología – Ingeniería Hidráulica

**Autor(es):**

Br. Amesquita Ruiz, Victor Raul Jr.

Br. Casas Pereda, Ericksson Jose Teofilo

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Cabanillas Quiroz, Guillermo Juan

**Secretario:** Vertiz Malabrigo, Manuel Alberto

**Vocal:** Vargas Lopez, Segundo Alfredo

**Asesor:**

Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

**TRUJILLO – PERÚ**

**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/12/01**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos esta tesis, a nuestras familias y amigos que estuvieron con nosotros a lo largo de nuestra carrera Universitaria y sobre todo a Dios que nos permite tener oportunidades y Al Ingeniero Lucio que nos acompañó de principio a fin en la elaboración de la tesis.

## RESUMEN

El proyecto de Investigación, nos detalla el uso de herramientas computacionales como son la modelación numérica, que nos ayuda a representar el comportamiento hidrológico e hidrodinámico.

Durante el desarrollo de los objetivos específicos, se detallará la metodología a seguir para diseñar una estructura de protección bajo estos modelos.

Como metas se desarrollará lo siguiente:

### *Recopilación de información hidrometeorológica*

Se desarrolla con la descarga de información meteorológica e hidrológica mediante la plataforma de Senamhi o de la Autoridad Nacional del Agua, en la cual se visualiza y se interpreta los datos faltantes, la extensión de la serie historia, las estaciones cercanas que se puedan usar para la completación de datos

### *Análisis de frecuencia*

Se procedió a sacar las máximas de 24 horas para posteriormente utilizar la ecuación de fuller para obtener las máximas instantáneas anuales para incorporarlo la serie a Easyfit, en la cual nos ayudara con las distribuciones probabilísticas para visualizar estadísticamente con pruebas de ajuste cual es la que tiene mayor ajuste y obtener caudales máximos en diferentes periodos de retorno.

### *Modelación hidrológica con Hec-Hms*

En esta etapa se incorpora el diseño de tormentas a un modelo Hec-Hms, en la cual fue construido con la delimitación de la cuenca como dato vectorial en un sistema de información geográfica (en nuestro caso será ArcGIS), y armar el modelo a nivel de subcuenca

### *Modelación hidráulica con Hec-ras*

Los hidrogramas resultante del modelo Hechms para cada periodo de retorno de estudio se incorpora como datos ingreso para las condiciones de borde de aguas arriba, para ello debe simularse como flujo no permanente.

## ABSTRACT

The research project details the use of computational tools such as numerical modeling, which helps us to represent the hydrological and hydrodynamic behavior.

During the development of the specific objectives, the methodology to be followed to design a protection structure under these models will be detailed.

As goals, the following will be developed:

Compilation of hydrometeorological information.

It is developed with the download of meteorological and hydrological information through the Senamhi platform or the National Water Authority, in which the missing data is visualized and interpreted, the extension of the history series, the nearby stations that can be used to complete the data.

Frequency analysis

We proceeded to extract the 24-hour maximums to later use the fuller equation to obtain the annual instantaneous maximums to incorporate the series to Easyfit, which will help us with the probabilistic distributions to statistically visualize with adjustment tests which is the one that has the best fit and obtain maximum flows in different return periods.

Hydrologic modeling with Hec-Hms

In this stage the storm design is incorporated to a Hec-Hms model, which was built with the delimitation of the basin as vector data in a geographic information system (in our case it will be ArcGIS), and build the model at the sub-basin level.

Hydraulic modeling with Hec-ras

The hydrographs resulting from the Hec-Hms model for each study return period are incorporated as input data for the upstream boundary conditions, which must be simulated as unsteady flow.

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

Habiendo cumplido y conforme a las normas establecidas en el Reglamento de Grados y Títulos y Reglamento de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego, para obtener el título profesional de Ingeniero civil, se pone a su consideración el informe del trabajo de investigación titulado **“DISEÑO HIDRÁULICO DE DEFENSA RIBEREÑA APLICANDO MODELOS NUMÉRICO HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS EN EL RIO PIURA, SECTOR LA HUACA, PROVINCIA PAITA, REGIÓN PIURA”**, con la convicción de alcanzar una justa evaluación y dictamen, excusándonos de antemano de los posibles errores involuntarios cometidos en el desarrollo del mismo

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vi
PRESENTACIÓN .....	vii
INDICE DE FIGURAS .....	ix
INDICE DE TABLAS .....	x
INDICE DE ANEXOS .....	x
I. INTRODUCCION .....	1
1.1. Realidad Problemática .....	1
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Justificación.....	3
II. MARCO DE REFERENCIA .....	4
2.1. Antecedentes del estudio .....	4
2.2. Marco Teórico .....	7
2.3. Marco conceptual .....	13
2.4. Sistema de hipótesis .....	14
III. MATERIALES Y METODOS .....	16
3.1. Tipo y nivel de investigación .....	16
3.2. Población y muestra.....	16
3.3. Diseño de Investigación .....	17
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	18
3.5. Procesamiento y análisis de datos.....	19
IV. CONCLUSIONES.....	52
V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	53
ANEXOS .....	55



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.-</b> Anomalías de precipitación en marzo de los años 1983-1998-2017 .	1
<b>Figura 2.-</b> Mapa de Susceptibilidad de inundaciones y movimiento de masa ...	2
<b>Figura 3.-</b> Morfología de ríos .....	7
<b>Figura 4.-</b> Hietograma de diseño .....	9
<b>Figura 5.-</b> Esquema de trabajo de Hec-Hms .....	10
<b>Figura 6.-</b> Grafica de hidrograma simulado vs hidrograma observado .....	11
<b>Figura 7.-</b> Flujo Permanente en Hec-Ras .....	12
<b>Figura 8.-</b> Flujo no permanente en Hec-Ras.....	12
<b>Figura 9.-</b> Sector la Huaca - Provincia de Paita , Región Piura .....	16
<b>Figura 10.</b> Delimitación de cuenca de estudio .....	20
<b>Figura 11.</b> Localización de las estaciones pluviométricas general .....	20
<b>Figura 12.-</b> Búsqueda de cuencas de la Autoridad Nacional del Agua.....	22
<b>Figura 13.-</b> Visualización grafica de la cuenca Chira .....	22
<b>Figura 14.-</b> Temáticas de la plataforma del ANA .....	23
<b>Figura 15.-</b> Estaciones meteorológicas ANA .....	23
<b>Figura 16.-</b> Estaciones hidrológicas ANA .....	24
<b>Figura 17.-</b> Visualización grafica de las estaciones de la cuenca Chira .....	24
<b>Figura 18.-</b> Estaciones de estudio .....	25
<b>Figura 19.-</b> Estaciones meteorológicas - Máximos anuales .....	29
<b>Figura 20.-</b> Distribución probabilística de la Estación Puente Sullana.....	30
<b>Figura 21.-</b> Yetogramas de diseño Fuente propia. ....	31
<b>Figura 22.-</b> Creación del Modelo de la Cuenca Chira .....	35
<b>Figura 23.-</b> Modelo Chira .....	36
<b>Figura 24.-</b> Definición del modelo subcuenca1 .....	37
<b>Figura 25.-</b> Parámetros del Modelo Subcuenca .....	38
<b>Figura 26.-</b> Modelo meteorológico .....	38
<b>Figura 27.-</b> Ubicación de estaciones en la cuenca .....	39
<b>Figura 28.-</b> Polígonos de thissen de la cuenca.....	39
<b>Figura 29.-</b> Yetogramas Hechms Parte1 .....	42
<b>Figura 30.-</b> Serie de caudales simulados en Hechms .....	44
<b>Figura 31.-</b> Estructura del Modelo Hec-ras .....	45
<b>Figura 32.-</b> Ingreso de la información topográfica .....	46

<b>Figura 33.-</b> Modelo digital de elevación en RasMapper.....	46
<b>Figura 34.-</b> Características del mallado .....	47
<b>Figura 35.-</b> Flujo no permanente .....	48
<b>Figura 36.-</b> Simulación computacional.....	48
<b>Figura 37.-</b> Velocidades del modelo .....	49
<b>Figura 38.-</b> Tirantes del modelo.....	49
<b>Figura 39.-</b> Nivel de agua del modelo.....	50
<b>Figura 40.-</b> Estructura de protección - dimensionamiento .....	51

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.-</b> Simbología de elementos de Hec-Hms.....	11
<b>Tabla 2.-</b> Matriz de Operacionalización de Variables.....	15
<b>Tabla 3.-</b> Estación influyentes en área de estudio .....	21
<b>Tabla 4.-</b> Resumen de Precipitación y caudal para un Tr 140 años.....	31
<b>Tabla 5.-</b> Yetogramas de subcuencas 1-8 .....	32
<b>Tabla 6.-</b> Áreas de influencia de las estaciones (Km2) .....	40

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.-</b> Data bruta de la estación Alamor .....	55
<b>Anexo 2.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Alamor.....	55
<b>Anexo 3.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Alamor.....	56
<b>Anexo 4.-</b> Probabilidad de precipitación – Alamor.....	56
<b>Anexo 5.-</b> Propiedades estadísticas - Alamor.....	57
<b>Anexo 6.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Arrendamiento...	57
<b>Anexo 7.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Arrendamiento.....	58
<b>Anexo 8.-</b> Probabilidad de precipitación - Arrendamiento.....	58
<b>Anexo 9.-</b> Propiedades estadísticas - Arrendamiento.....	59
<b>Anexo 10.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Chilaco .....	59
<b>Anexo 11.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Chilaco .....	60
<b>Anexo 12.-</b> Probabilidad de precipitación - Chilaco .....	60
<b>Anexo 13.-</b> Propiedades estadísticas - Chilaco .....	61

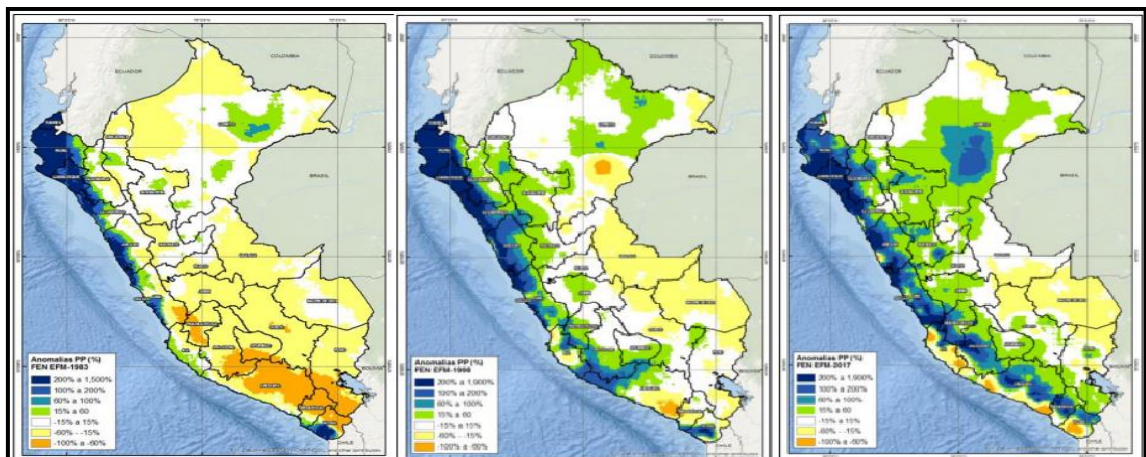
<b>Anexo 14.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - El Ciruelo.....	61
<b>Anexo 15.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - El Ciruelo.....	62
<b>Anexo 16.-</b> Probabilidad de precipitación - El ciruelo .....	62
<b>Anexo 17.-</b> Propiedades estadísticas - El Ciruelo.....	63
<b>Anexo 18.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Frías .....	63
<b>Anexo 19.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Frías .....	64
<b>Anexo 20.-</b> Probabilidad de precipitación - Frías .....	64
<b>Anexo 21.-</b> Propiedades estadísticas - Frías .....	65
<b>Anexo 22.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Lancones.....	65
<b>Anexo 23.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Lancones.....	66
<b>Anexo 24.-</b> Probabilidad de precipitación - Lancones.....	66
<b>Anexo 25.-</b> Propiedades estadísticas - Lancones.....	67
<b>Anexo 26.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Mallares.....	67
<b>Anexo 27.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Mallares.....	68
<b>Anexo 28.-</b> Probabilidad de precipitación - Mallares.....	68
<b>Anexo 29.-</b> Propiedades estadísticas - Mallares.....	69
<b>Anexo 30.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Partidor.....	69
<b>Anexo 31.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Partidor.....	70
<b>Anexo 32.-</b> Probabilidad de precipitación - Partidor.....	70
<b>Anexo 33.-</b> Propiedades estadísticas - Partidor.....	71
<b>Anexo 34.-</b> Distribuciones probabilística Pte Internacional.....	71
<b>Anexo 35.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Pte Internacional .....	72
<b>Anexo 36.-</b> Probabilidad de precipitación - Pte Internacional .....	72
<b>Anexo 37.-</b> Propiedades estadísticas - Pte Internacional .....	73
<b>Anexo 38.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Pte Sullana .....	73
<b>Anexo 39.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Pte Sullana .....	74
<b>Anexo 40.-</b> Probabilidad de precipitación - Pte Sullana.....	74
<b>Anexo 41.-</b> Propiedades estadísticas - Puente Sullana.....	75
<b>Anexo 42.-</b> Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Sapollica.....	75
<b>Anexo 43.-</b> Distribuciones probabilística e Histograma - Sapollica .....	76
<b>Anexo 44.-</b> Probabilidad de precipitación - Sapollica.....	76
<b>Anexo 45.-</b> Propiedades estadísticas - Sapollica.....	77

# I. INTRODUCCION

## 1.1. Realidad Problemática

Debido a la ocurrencia en nuestro País en relación con avenidas extraordinarias que producen impactos negativos en el área económico y social, donde éstas producen desbordes de los ríos y destrucción en las infraestructuras viales, infraestructuras hidráulicas, interrupción de suministro de agua de potable, contaminación y enfermedades que conllevan a corto plazo en la comunidad afectada, además de incontables muertes de personas con bajos recursos que han invadido las fajas marginales delimitadas por la Autoridad Nacional del Agua (ANA,2017); estas avenidas extraordinarias son causadas por un evento llamado el fenómeno del niño, en la cual produce aumento de temperatura en el mar frente a la costa peruana llegando consigo un incremento en la evaporación, la cual da origen persistentes lluvias produciendo aumento del tirante de los ríos que terminan desbordándose y afectando a las comunidades cercanas, cabe mencionar que el fenómeno del niño afecta con mayor intensidad al norte de la costa peruana debido a sus bajas pendientes y sus temperatura son mayores que las demás regiones que se encuentran en la costa (CENEPRED, 2018). A continuación, se detalla las anomalías de precipitación en los diferentes fenómenos del niño producidos en los años 1982-1983, 1997-1998, 2016-2017 mediante datos raster producidos por Senamhi.

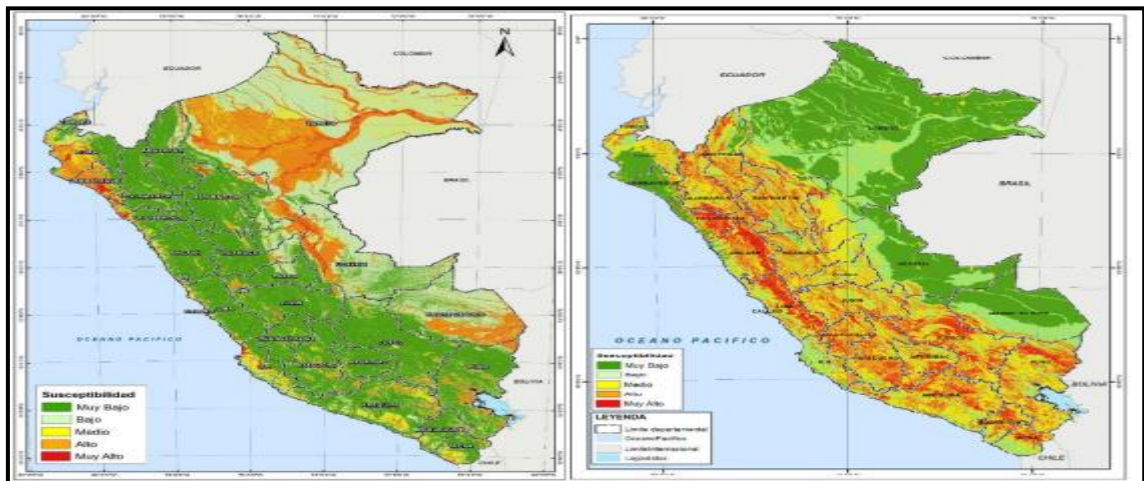
**Figura 1.-** Anomalías de precipitación en marzo de los años 1983-1998-2017



Fuente: Senamhi (2018)

Las anomalías que lluvias que superaron el 200% (**Ver figura 1**), fueron las regiones encontradas en el norte de la costa peruana, en la cual Senamhi lo clasifica entre en extremadamente fuerte (Senamhi, 2015), ahora bien, si se analiza el mapa de susceptibilidad de inundaciones elaboradas por CENEPRED (**Ver figura 2A**) se puede observar que el norte de la costa peruana es susceptible a estos eventos por lo cual es necesario tomar decisiones para la gestión de riesgos de inundaciones y con ello el movimiento de masa donde los flujos densos transitado en las quebradas produciendo huaycos (**Ver figura 2B**), en la cual son flujos de escombros, hiperconcentrados y detritos; en nuestro estudio solo se evaluara el flujo libre sin considerar flujos densos.

**Figura 2.-** Mapa de Susceptibilidad de inundaciones y movimiento de masa



Fuente: CENEPRED

Es por ello que la investigación a desarrollar quiere incorporar metodologías que no solamente viene con fórmulas empíricas, sino más bien con herramientas como los modelos numéricos que pueden ayudar a la prevención de gestión de inundaciones, por lo que en la actualidad existen estructuras mal diseñadas que no soportan avenidas extraordinarias por lo que no se ha desarrollado una buena representación en escenarios futuros; la investigación misma tiene la aplicación de modelos numéricos tanto para la hidrología como para la hidráulica para darles mayor eficiencia a los resultando y tener una mejor representación de los procesos físicos del ciclo hidrológico y poder visualizar la problemática real para escenarios futuros que conllevaría a pérdidas humanas y agrícola, como daños en infraestructuras.

### **1.1.1. Formulación del problema**

¿Cuál es el diseño hidráulico de la defensa ribereña aplicando modelos numéricos hidrológicos e hidráulicos en el río Piura, Sector La Huaca, Provincia Paita – Región Piura?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivos general**

Realizar el diseño hidráulico de la defensa ribereña aplicando modelos hidrológicos e hidráulicos en el río Piura, Sector La Huaca, Provincia Paita – Región Piura.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Realizar el tratamiento de datos meteorológicos e hidrológicos
- Realizar el análisis de frecuencia con diferentes periodos de retorno
- Construir, calibrar y validar el modelo Hidrológico Hechms
- Construir, calibrar y validar el modelo hidráulico Hec ras
- Simulación hidrodinámica bidimensional con Hec ras 6.0

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Justificación Social**

Se justifica socialmente, puesto que los resultados obtenidos de la investigación ayudaran a solucionar el problema del desbordamiento del sector Huaca por lo que no se tendrá que perder hectáreas de parcelas agrícolas ni llegar a la destrucción de infraestructuras viales como también las edificaciones de las comunidades vulnerables a inundaciones,

### **1.3.2. Justificación técnica**

Se justifica técnicamente, puesto que la incorporación de modelos numéricos aplicados a la hidrología e hidráulica podrían llegar a una mejor solución por lo que representa escenarios que podrían pasar a futuro y eso con lleva a una mejor toma de decisiones en la gestión de riesgo de inundaciones, cabe mencionar que se tiene que no solamente deben usarse formulas empíricas.

### **1.3.3. Justificación académica**

Se justifica académicamente, puesto que los Tesisistas tendrán un guía de cómo realizar un diseño hidráulico de una defensa ribereña en una zona expuesta al fenómeno del niño mediante herramientas de tecnológicas que son los modelos numéricos que han ido evolucionando de una aproximación unidimensional hasta la actualizada en sus últimas versiones tridimensionales, es por ello que un joven egresando de una universidad tendrá que a dedicarse a aprender estas herramientas que son de mucha ayuda en la toma de decisiones en la gestión de riesgo de inundación.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

***“Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio del Sogamoso, Boyacá” (Cadena & Villegas, 2017), en su tesis de pregrado para la obtención del título de ingeniero ambiental y sanitario de la Universidad de la Salle, Bogotá – Colombia, describe lo siguiente:***

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal determinar el riesgo por inundación del área de municipio de Sogamoso – Bocaya, relacionado con el desbordamiento del río Chiquito, dentro de su metodología es la aplicación de una simulación hidrodinámica unidimensional con Hec-ras, en la cual utilizaron secciones transversales levantadas en campo. Finalmente concluye con la extensión de inundación para diferentes periodos de retornos de estudio que fueron 10, 50 y 100 años, cuantificando la vulnerabilidad física, económica, ambiental, social y la total de ellas. El aporte de esta investigación nos ayudara a considerar la aproximación bidimensional con el software libre Hec-ras 6.0, además la investigación justifico de manera satisfactoria la elección de los tres periodos de retorno que estudio, en la cual se usaran los mismos periodos para nuestro estudio y la simulación unidimensional es limitante para poder observar la extensión de la inundación y la importancia que tiene las estructuras que soportan el flujo de agua y tienen la finalidad de mitigar los posibles desbordes del río producidos por intensidades lluvias.

***“Análisis y diseño de la defensa ribereña del río Reque, tramo puente reque-desembocadura en el océano pacífico, provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque, 2017” (Mays & Torres, 2018), en su tesis de pregrado para la obtención de título de ingeniero Civil Ambiental de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Lambayeque - Perú, describe lo siguiente:***

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal general de analizar y diseñar la defensa ribereña del río Reque, tramo puente Reque hasta la desembocadura en el océano pacífico, dentro de su metodología es la aplicación del programa RiverGIS que fue elaborada por la Autoridad Nacional del Agua para el diseño de la defensa ribereña y por parte de la hidrología e hidráulica se simularan mediante Hec-ras. Finalmente concluye con la utilización del caudal obtenido por River que fue 1744 m<sup>3</sup>/s por lo que fue más próximo de los datos brindados, además el uso de muros de cribas que tendrá como finalidad como defensa ribereña. El aporte de esta investigación nos ayudara a considerar los datos hidrológicos observados para la calibración de nuestro modelo.

***“Calculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna” (Mayhuire, 2018), en su monografía técnica para la obtención del título profesional de Ingeniero Mecánico de Fluidos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú, describe lo siguiente:***

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal general de elaborar un diseño hidráulico de defensas ribereñas en el río Ilabaya en el departamento de Tacna, donde dentro de su metodología se desarrolla mediante fórmulas empíricas para el cálculo de los parámetros hidráulicos para el diseño de una defensa ribereña. Finalmente concluye pre dimensionando la defensa ribereña para que cumpla con una eficiencia en soportar un caudal de una avenida extraordinaria. El aporte de esta investigación nos ayudara a a comprender las ecuaciones empíricas necesarias para el diseño hidráulica de estas estructuras y poder incorporar modelos numéricos.



***“Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, Sector Puente Huambacho – Distrito Nepeña – Santa - Ancash” (Otiniano & Cielo, 2016), en su tesis de pregrado para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote – Perú, describe lo siguiente:***

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal general de realizar un diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña en el sector puente Huambacho, del distrito de Samanco, Provincia de Santa, Departamento de Ancash, donde dentro de su metodología aplica el software Hec ras 4.1.0 con una aproximación unidimensional con la finalidad de calcular los niveles del flujo en el cauce del río de estudio. Finalmente concluye que con la topografía del terreno levantado se puede estimar un coeficiente Manning, la cual puede variar la escorrentía superficial del cauce del río. El aporte de esta investigación nos ayuda a considerar diferentes valores de coeficiente de Manning para la calibración bidimensional con la última versión del Software Hec ras 6.0.

***“Propuesta de diseño hidráulico de puente Santa Lucia y defensa ribereña del río Moche, desde el puente Santa Lucia hasta la bocatoma Santa Lucia, de la Provincia de Trujillo – La Libertad” (Quiroz & Robles, 2021), en su tesis de pregrado para la obtención del título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad Privada Antenor Orrego, Perú.***

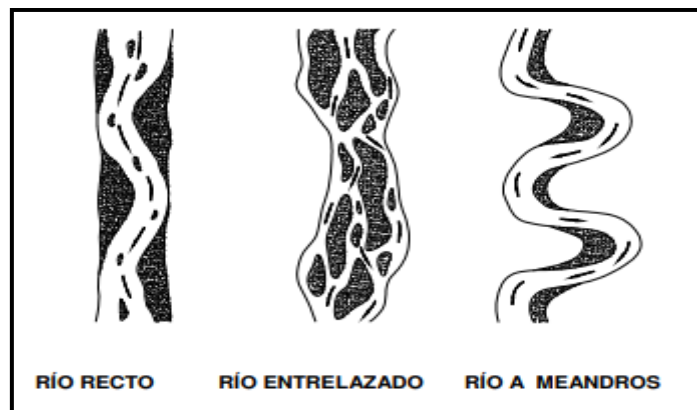
El siguiente proyecto tiene como objetivo principal general de proponer un diseño hidráulico del puente Santa Lucia y mejorar la defensa ribereña del Río Moche, desde el puente Santa Lucia hasta la bocatoma Santa Lucia, donde dentro de su metodología usan formulas empíricas para la hidrología y modelación numérica unidimensional con Hec ras con batimetría del cauce del río. Finalmente concluye que el diseño hidráulico propuesto cumple con el periodo de retorno de 100 años para la defensa ribereña y 500 años para el puente hidráulico. El aporte de la investigación local nos ayudara a ver los criterios que se usaron para considerar la aproximación de la modelación numérica como los criterios hidrológicos para el estudio, cabe mencionar que se propone una mejor consideración en la aproximación bidimensional.

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. Morfología de los ríos

La forma que toman los ríos es consecuencia por diversos procesos de fenómenos erosivos como la socavación, procesos de acarreo, erosión y sedimentación del material del fondo en los valles, además inciden factores como la topografía, el clima, geología, entre otros. (Rocha 2017).

**Figura 3.-** Morfología de ríos



Fuente: (Rocha,2017)

#### 2.2.1.1. Ríos semirectos

En la naturaleza estos tipos de ríos prácticamente no existen, pero suelen considerarlo como ríos meandricos en un estado transitorio, donde existen tramos rectos pequeños que tienen una longitud por lo mucho de 10 veces al ancho del río (Rocha, 2017). **Ver figura 3a**

#### 2.2.1.2. Ríos meandricos

Se caracteriza por formar curvas, en la cual en diversos estudios con modelos a escala en laboratorio se concluyó que el flujo del agua y sus sedimentos sobre un cauce aluvial genera meandros por causas accidentales o por imperfecciones en su alineación recta. (Vide, 2009). **Ver figura 3c**

#### 2.2.1.3. Ríos trezados

Se caracteriza por tener un cauce muy ancho, en la cual esta compuestos por diversos cauces menores que están entrelazados o trezados, además se distingue de los otros por ser inestables (Vide, 2009). **Ver figura 3b**

## **2.2.2. Estudio hidrológico**

La finalidad de realiza un estudio hidrológico para un proyecto de diseño hidráulico tiene una gran importancia por lo que con ello se podrá obtener el caudal para el diseño de la estructura que se desea en el estudio.

### **2.2.2.1. Tratamiento de datos**

Esta etapa se logra posterior a la recolección e interpretación de los datos, por lo que se usa análisis estadísticos para que la data sea homogénea y lineal y no contenga saltos ni outliers; los datos que se describe son los meteorológicos , que vendrían ser la serie histórica de precipitación y temperatura en una estación climática y los datos hidrométricos que son los caudales observados medidos por estaciones hidrométricas, en la cual se necesitan estar correctamente tratados por lo que es la esencia de cualquier proyecto hidráulico que podría llevar a un correcto diseño o a errores en ella.

### **2.2.2.2. Análisis de frecuencia**

Las distribuciones probabilísticas tienen la finalidad estimar caudales para diferentes periodos de retorno que se desea estudiar mediante distribuciones probabilísticas, donde el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2015), nos detalla 8 distribuciones que se deben considerar en los proyectos de diseños hidráulicos.

- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel
- Distribución Gamma 2P
- Distribución Gamma 3P
- Distribución Log Pearson III
- Distribución Log Normal 2P
- Distribución Log Normal 3P
- Distribución Normal

Donde se utilizará Easyfit Software para el ajuste automático de las distribuciones probabilísticas donde consigo con sus pruebas de bondad de ajuste (Chi cuadrado y Kolmorov-Smirov) se podrá saber que distribución probabilística se ajusta mejor.

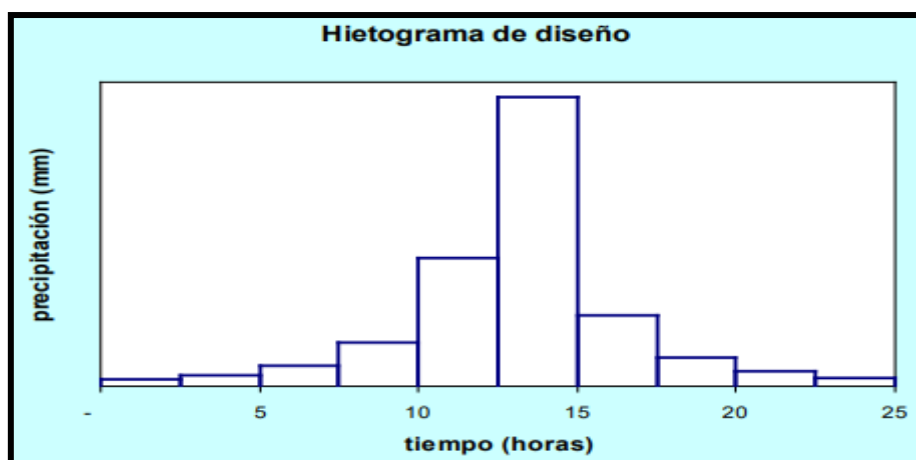
### 2.2.2.3. Diseño de tormentas

El diseño de tormenta nos sirve para tener el patrón de precipitación para utilizarse en un modelo hidrológico, en nuestro caso será Hec-Hms. Se obtiene seleccionando tormentas de diversas escalas de tiempo, sin considerar las lluvias ocasionadas por eventos extremos. Un diseño de tormenta se define como un valor de profundidad de precipitación en un punto (coordenadas de una estación pluviométrica) que especifique de manera temporal la precipitación durante 24 horas (MTC, 2015).

### 2.2.2.4. Hietograma de diseño

Los Hietograma nos ayudan a tener una mejor representación de la una tormenta en sus 24 horas (**Ver figura 4**), es por ello que es necesario usar el método de bloque alterno en la cual la precipitación horaria mayor se encuentra en el centro del yetogramas y comienzan a disminuir descendente los valores obtenidos en las otras horas de manera alternada.

**Figura 4.-** Hietograma de diseño



Fuente: (MTC, 2015).

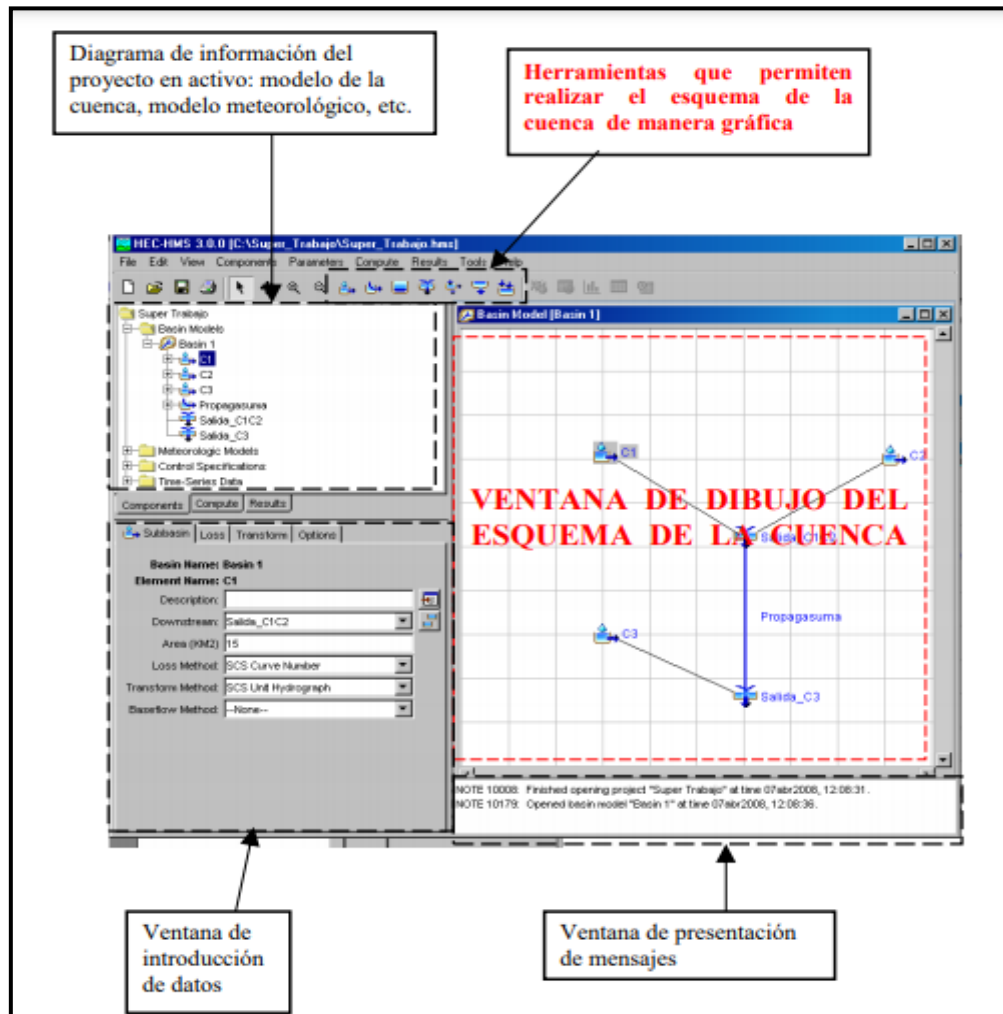
### 2.2.2.5. Caudal de diseño

Se define como el caudal que se usara para el diseño hidráulico de las estructuras, que ha sido convertido mediante el proceso "Transformación lluvia – escorrentía" mediante modelos numéricos o formulas empíricas, en aso que no se tuviera datos hidrométricos, se aplica los métodos indirectos como ILA, Racional, Hidrograma adimensional, Hidrograma sintético de Snyder, Hidrograma sintético de Ponce, etc.

### 2.2.3. Modelo Hidrológico Hec-Hms

Hec-Hms es un modelo numérico aplicado a la hidrología que nos representa el sistema hidrológico que se dan en una cuenca (Flumen,2016); en la cual el esquema de trabajo del software se puede visualizar y entender de la siguiente manera:








Figura 5.- Esquema de trabajo de Hec-Hms



Fuente: (Flumen, 2016)

La finalidad del uso de este software para la modelación hidrológica es la obtención del hidrograma de salida que se deberá usar para la simulación hidrodinámica del río de estudio. En primera instancia nos detalla como primer paso el bosquejo de la cuenca de estudio, por ello es necesario tener el conocimiento de la simbología (**Ver tabla 1**).

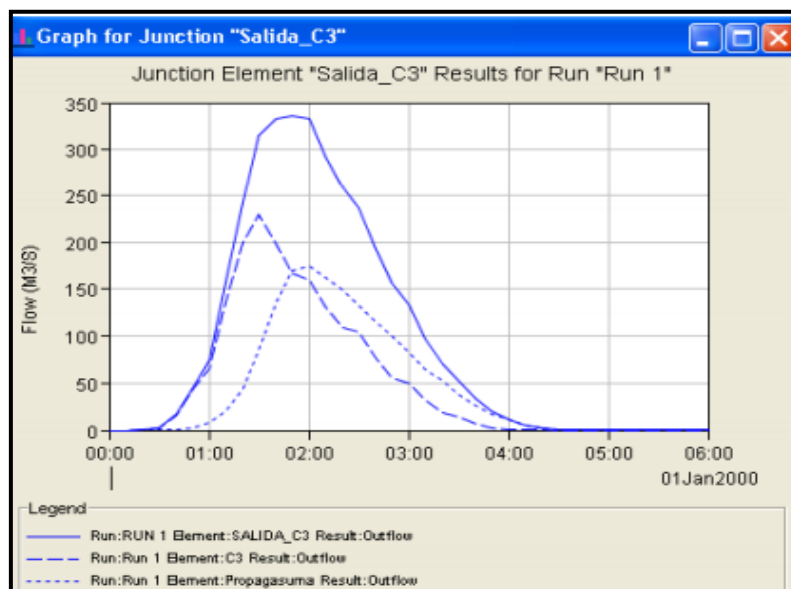
Tabla 1.- Simbología de elementos de Hec-Hms.

	Subbasin creation tool	Nos permite representar las subcuencas, donde se define sus parámetros.
	Reach creation tool	Nos permite representar la propagación del flujo del agua en el cauce del río.
	Reservoir creation tool	Nos permite representar reservorios de laminación que reduce crecidas importantes.
	Junction creation tool	Nos permite representar la unión de hidrogramas en un mismo punto.
	Diversion creation tool	Nos permite representar las estructuras hidráulicas que derivan flujo de agua.
	Souce creation tool	Nos permite representar el aporte de caudal extra mediante un hidrograma.
	Sink creation tool	Nos permite representar las pérdidas de energía dentro de la red.

Fuente: (Flumen, 2016)

Ya teniendo el conocimiento de la simbología se debe representar el lugar de nuestro estudio para estimar la escorrentía superficial que se tiene el punto de drenaje de la cuenca mediante un hidrograma de salida (**Ver figura 6**).

**Figura 6.-** Grafica de hidrograma simulado vs hidrograma observado

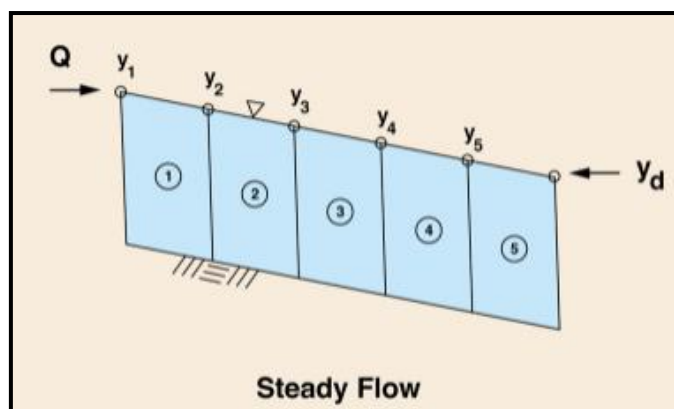


Fuente: (Flumen, 2016)

#### 2.2.4. Modelo hidráulico Hec-ras

El modelo hidráulico Hec-ras contiene tres componentes para distintas simulaciones en las cuales son: flujo permanente, flujo no permanente y flujo de lecho móvil donde si se desea trabajar bajo condiciones de flujo permanente se deberá introducir condiciones de borde tanto para la parte superior del rio (aguas arriba) y la parte inferior del rio (aguas abajo), además de ingresar una elevación de agua que se conoce como tirante (Ponce,2021), (Ver figura 7).

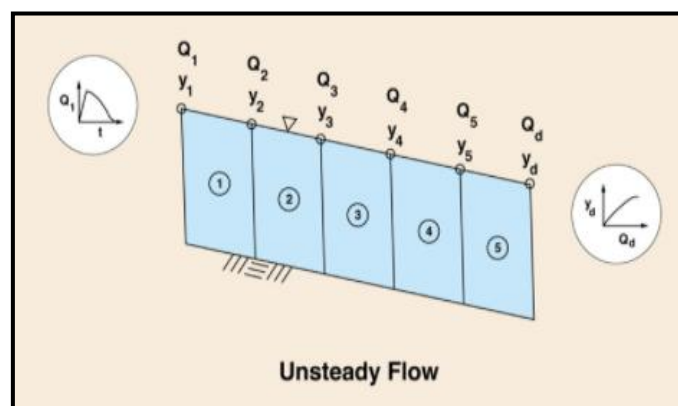
Figura 7.- Flujo Permanente en Hec-Ras



Fuente: (Ponce, 2021)

Y cuando queremos trabajar bajo condiciones de flujo no permanente se introduce un hidrograma en el borde de la parte superior del rio (aguas arriba) y aguas abajo se puede introducir una relación de caudal y tirante, o también déjalo como un comportamiento de flujo normal (Ver figura 8).

Figura 8.- Flujo no permanente en Hec-Ras



Fuente: (Ponce, 2021)

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Borde libre**

Se define como la distancia vertical del espejo del agua hacia la cara superior de la estructura.

### **2.3.2. Calibración del modelo**

Es el proceso en la cual el modelo numérico debe reducirse su error en los valores de índices estadísticos comparado con la información en campo utilizando parámetros como el coeficiente de rugosidad de Manning.

### **2.3.3. Caudal de diseño**

Es el caudal se utilizará para el dimensionamiento de estructuras, en la cual fue obtenido por estudios previos.

### **2.3.4. Formulas empíricas**

Se le define como una fórmula matemática que ha probado su veracidad en ensayos de laboratorio.

### **2.3.5. Infraestructura hidráulica**

Son aquellas estructuras que están sujetas al flujo de agua, en la cual su diseño debe ser cuidadoso.

### **2.3.6. Infraestructura vial**

Son aquellas estructuras que se usan para comunicar ciudades a través de vías nacionales, departamentales y vecinales.

### **2.3.7. Periodo de retorno**

Es el tiempo de ocurrencia de un evento extraordinario, además que este factor es utilizado para el diseño de caudales máximos para estructuras.

### **2.3.8. Tirante**

Es la altura o profundidad del flujo del agua en un tramo específico.



### **2.3.9. Validación del modelo**

Es el post proceso de la calibración del modelo, en la cual se hace últimos ensayos de error para solo confirmar que el modelo numérico se encuentre representativo, cabe mencionar que los índices estadísticos deben ser mayor o igual que los que se obtuvieron en la calibración.

## **2.4. Sistema de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

La aplicación de modelos numéricos hidrológicos e hidráulicos da mayor eficiencia en el diseño hidráulico de defensa ribereña para el río Piura, sector La Huaca, Provincia de Paita – Región Piura.

### **2.4.2. Hipótesis Específicos**

La aplicación de modelos numéricos hidrológicos da mayor eficiencia en la obtención de caudal de diseño hidráulico para la defensa ribereña para el río Piura, sector La Huaca, Provincia de Paita – Región Piura.

La aplicación de modelos numéricos hidráulicos da mayor eficiencia en el comportamiento hidrodinámico del río para el diseño hidráulico de la defensa ribereña para el río Piura, sector La Huaca, Provincia de Paita – Región Piura.

## **2.5. Variables**

**Variable Independiente:** Modelos numéricos hidrológicos e hidráulicos

**Variable Dependiente:** Diseño hidráulico de la defensa ribereña

## 2.6. Operacionalización de Variables

**Tabla 2.-** Matriz de Operacionalización de Variables

<b>Variables</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>U.M</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Variable Independiente:</b> <i>“Diseño hidráulico de defensa ribereña”</i>	Se define como el conjunto de estudios a realizar para realizar el dimensionamiento de la estructura defensa ribereña.	El diseño hidráulico se desarrolla con ecuaciones empíricas y/o modelos numéricos.	Parámetros hidrológicos	Caudal de diseño Periodo de retorno Tirante máximo Borde libre Velocidad del flujo Régimen del flujo	M <sup>3</sup> /seg Años Metros Metros M <sup>2</sup> /seg -	Easyfit Hechms HecRas , Formulas empíricas.
<b>Variable Dependiente:</b> <i>“Modelos numéricos”</i>	Son herramientas que representa los procesos físicos del ciclo hidrológico del agua y diversos escenarios futuros.	Los modelos numéricos se desarrollan mediante datos de topografía, climáticos, hidrométricos entre otros.	Modelo hidrológico	Características geomorfológicas Datos climáticos e hidrológicos. Topografía /Batimetría Hidrograma de entrada	Metros / Talud mm / °C Metros M <sup>3</sup> /seg	Google Earth Pro Visor de estaciones Ana / Senamhi CIVIL 3D / ARCGIS Hechms – Excel

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

**Tipo de Investigación:** Aplicada

**Nivel de Investigación:** Descriptiva

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1. Población

Las comunidades que se encuentran vulnerables ante desbordes de río Piura ocasionado por intensas lluvias.

##### 3.2.2. Muestra

La Comunidad del distrito La Huaca que se encuentra vulnerable ante desbordes del río Piura ocasionado por intensas lluvias.

El distrito de la Huaca se encuentra en la Provincia de Paita, Región Piura; en la cual cuenta con una población de 15, 430 Habitantes (INEI, 2017).

**Figura 9.-** Sector la Huaca - Provincia de Paita , Región Piura



Fuente: Google Earth

### **3.3. Diseño de Investigación**

La investigación consiste en representar una simulación hidrodinámica mediante modelos numéricos para tener un buen diseño hidráulico de la defensa ribereña para el Sector La Huaca, en la cual se debe desarrollar 6 objetivos específicos, detallado a continuación:

#### **- Obtener e interpretar los datos meteorológicos e hidrológicos**

Se desarrolla con la descarga de información meteorológica e hidrológica mediante la plataforma de Senamhi o de la Autoridad Nacional del Agua, en la cual se visualiza y se interpreta los datos faltantes, la extensión de la serie historia, las estaciones cercanas que se puedan usar para la completación de datos; es recomendable para el estudio que se tenga una extensión mayor a 30 años.

#### **- Realizar el tratamiento de datos meteorológicos e hidrológicos**

Se desarrolla con el análisis de la información mediante análisis estadísticos para la homogenización, completación y extensión de la misma serie histórica de las estaciones escogidas para el estudio, para luego desarrollar en análisis de outliers que nos ayudara a ver si no tenemos anomalías de máximos o mínimos dentro de nuestra información completada.

#### **- Realzar el análisis de frecuencia con diferentes periodos de retorno**

Teniendo la información completada y extendida, se procede a sacar las máximas de 24 horas para posteriormente utilizar la ecuación de fuller para obtener las máximas instantáneas anuales para incorporarlo la serie a Easyfit, en la cual nos ayudara con las distribuciones probabilísticas para visualizar estadísticamente con pruebas de ajuste cual es la que tiene mayor ajuste y obtener caudales máximos en diferentes periodos de retorno.

#### **- Construir, calibrar y validar el modelo hidrológico Hec-Hms.**

En esta etapa se incorpora el diseño de tormentas a un modelo Hec-Hms, en la cual fue construido con la delimitación de la cuenca como dato vectorial en un sistema de información geográfica (en nuestro caso será ArcGIS), y armar el modelo a nivel de subcuenca ingresando los datos meteorológicos y la

estación hidrológica para fines de calibración; luego del armado se procede a calibrarlo con el número de curva para que los caudales simulados se encuentren homogéneo al observado para cada periodo de retorno, teniendo el modelo calibrado se procede a extraer el hidrograma resultante para empezar con la simulación hidrodinámica.

**- Realizar la simulación hidrodinámica con aproximación bidimensional con Hec ras 6.0**

Los hidrogramas resultante del modelo Hechms para cada periodo de retorno de estudio se incorpora como datos ingreso para las condiciones de borde de aguas arriba configurado como un hidrograma sintético, para ello debe simularse como flujo no permanente; por ello es recomendable considerar el enmallado lo más pequeño posible para que los resultados sean mejor eficientes ( considerando que depende del procesador de cada computadora) ; al finalizar de todo pre procesamiento se empieza a simular sin considerar la estructura para ver la extensión de inundación y luego considerar la estructurar y poder diseñar hidráulicamente con los datos simulados para que pueda cumplir el objetivo principal de soportar el flujo del agua para un periodo de retorno de 140 años.

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

Se desarrollará la técnica de análisis documental por lo que se tendrá que recopilar información de fuentes de instituciones para la descarga de datos meteorológicos e hidrológicos, como además la información bibliográfica que nos ayudara con el armado del proyecto y entendimiento de los modelos numéricos que se usaran para el desarrollo.

Para el caso de modelos numéricos, se usará modelos digitales de elevación para la delimitación de la cuenca de estudio y la batimetría del rio Piura de un aproximado de 4 Kilómetros para la simulación hidrodinámica.

Cabe mencionar la topografía de 4 Kilómetros fue proporcionada por una consultora externa para fines de investigativos y se les proporcionara a ellos los resultados para que puedan actuar conjunta con el gobierno ante la problemática que están pasando la comunidad del sector La Huaca.

### **3.5.        *Procesamiento y análisis de datos***

Para el procesamiento de datos y análisis de datos, se desarrollarán mediante modelos numéricos aplicados a la hidrología e hidráulica.

En caso de la hidrología: se usará el modelo hidrológico Hec-Hms, para la obtención de caudales de diseño con diferentes periodos de retorno.

En caso de la hidráulica: se usará el modelo hidráulico Hec-ras, para obtener la extensión de inundación producidas por hidrogramas de diferentes periodos de retorno.

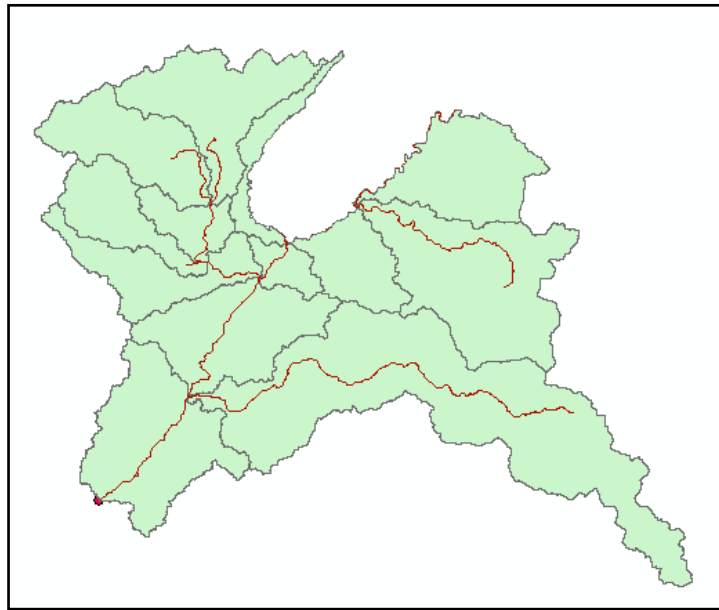
#### **3.5.1. Obtención e Interpretación de datos meteorológicos e hidrológicos.**

##### **3.5.1.1. Delimitación de la cuenca de estudio**

Para obtener los datos meteorológicos e hidrológicos que se necesitan para el estudio se deberá delimitar la cuenca mediante un software de sistema de información geográfica (ArcGIS) para cuantificar las estaciones que se encuentran dentro de ella. Se procedió a delimitar la cuenca, teniendo como un punto de aforo la estación hidrométrica Puente Sullana (Figura 10).

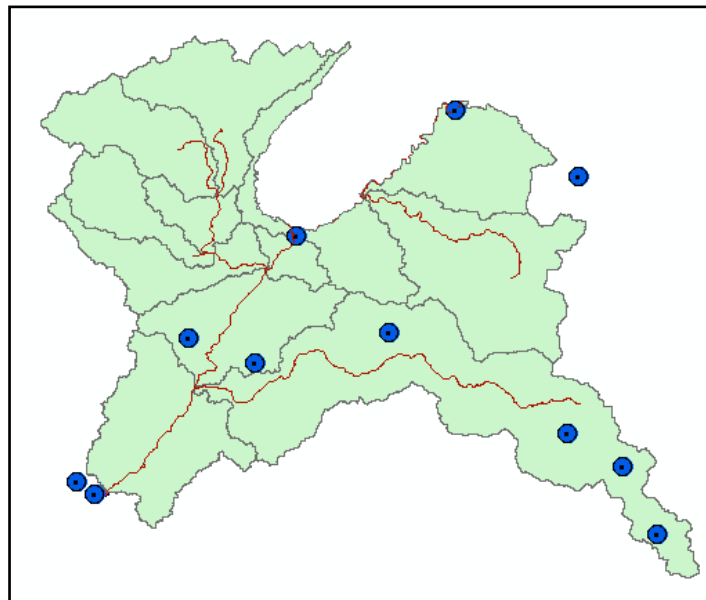
Se delimito la cuenca de estudio, considerando las cotas altas, y se acordó utilizar la cuenca completa y no una microcuenca, por lo que la hidrología deberá desarrollarse considerando la parte alta y baja de la cuenca. Ahora se podrá cuantificar las estaciones meteorológicas (Figura 11)

**Figura 10.** Delimitación de cuenca de estudio



*Nota.* En la siguiente figura detalla la delimitación de la cuenca, tomando como punto de aforo la estación hidrométrica Puente Sullana.

**Figura 11.** Localización de las estaciones pluviométricas general



*Nota.* En la siguiente figura detalla la localización de las estaciones pluviométricas dentro y cercanas a la cuenca de estudio.

Se cuantifico 21 estaciones meteorológicas (ver tabla) y se necesita interpreta la información climática que tiene estas estaciones.

**Tabla 3.- Estación influyentes en área de estudio**

#	Nombre de la estación	Registro de información
1	Alamor	1997 hasta 2017
2	Aliviadero	1987 hasta 1988
3	Aranza	1963 hasta 1992
4	Ardilla (Solana Baja)	1970 hasta 1992
5	Arenales	1973 hasta 1991
6	Arrendamientos	1971 hasta 1995
7	Chilaco	1967 hasta 1995
8	El Ciruelo	1976 hasta 1996
9	Frías	1963 hasta 1995
10	Lagartera	1971 hasta 1982
11	Lancones	1963 hasta 2017
12	Las lomas	1963 hasta 1987
13	Los Encuentros	1972 hasta 1977
14	Mallares	1961 hasta 2017
15	Nangay Matalacas	1963 hasta 1994
16	Partidor	1963 hasta 2017
17	Puente Internacional	1977 hasta 1996
18	Puente Sullana	1983 hasta 1996
19	Represa San Lorenzo	1964 hasta 1971
20	Sapillica	1963 hasta 2017
21	Suyo	1963 hasta 1993

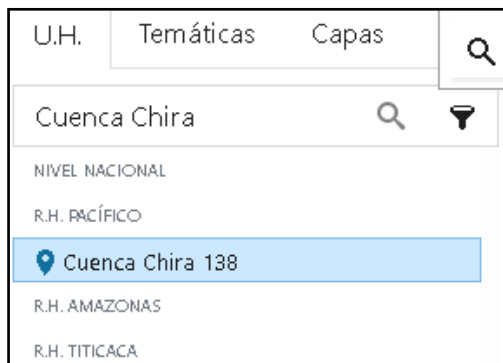
Fuente Propia

Donde las estaciones de información pluviométrica, se pudo descargar bajo la plataforma del observatorio de la Autoridad Nacional del Agua. (<http://snirh.ana.gob.pe/ObservatorioSNIRH/>).

Ante todo, es una plataforma amigable, en la cual es fácil su descarga y visualización grafica de la información que se tiene. A continuación, se explica la manera de búsqueda.



**Figura 12.-** Búsqueda de cuencas de la Autoridad Nacional del Agua



Fuente Propia

Al seleccionar la cuenca de estudio, se podrá visualizar la delimitación que desarrollo la entidad pública. En la cual se visualiza la cuenca Chira, donde nuestra área de estudio se encuentra en la cuenca mencionada.

**Figura 13.-** Visualización grafica de la cuenca Chira



Fuente Propia

Dentro de la misma plataforma, se puede visualizar diferentes temáticas que aborda el estudio de los recursos hídricos, por lo que en la finalidad del estudio solamente nos encontramos interesados en la pluviometría (precipitación) e hidrometría (Caudales).

**Figura 14.-** Temáticas de la plataforma del ANA



Fuente propia

En la cual se puede visualizar un listado de la información que tenemos interés.

**Figura 15.-** Estaciones meteorológicas ANA

Estaciones Meteorológicas			
Nombre - código	Tipo	Gráfico	Mapa
Alamor - 152153	Convencional		
Alviaderos - 150303	Convencional		
Ania Cabuyal - 152156	Convencional		
Aranza - 152116	Convencional		
Ardilla (Solana Baja) - 152202	Convencional		
Arenales - 000228	Convencional		
Arrendamientos - 152139	Convencional		

Fuente propia

**Figura 16.- Estaciones hidrológicas ANA**

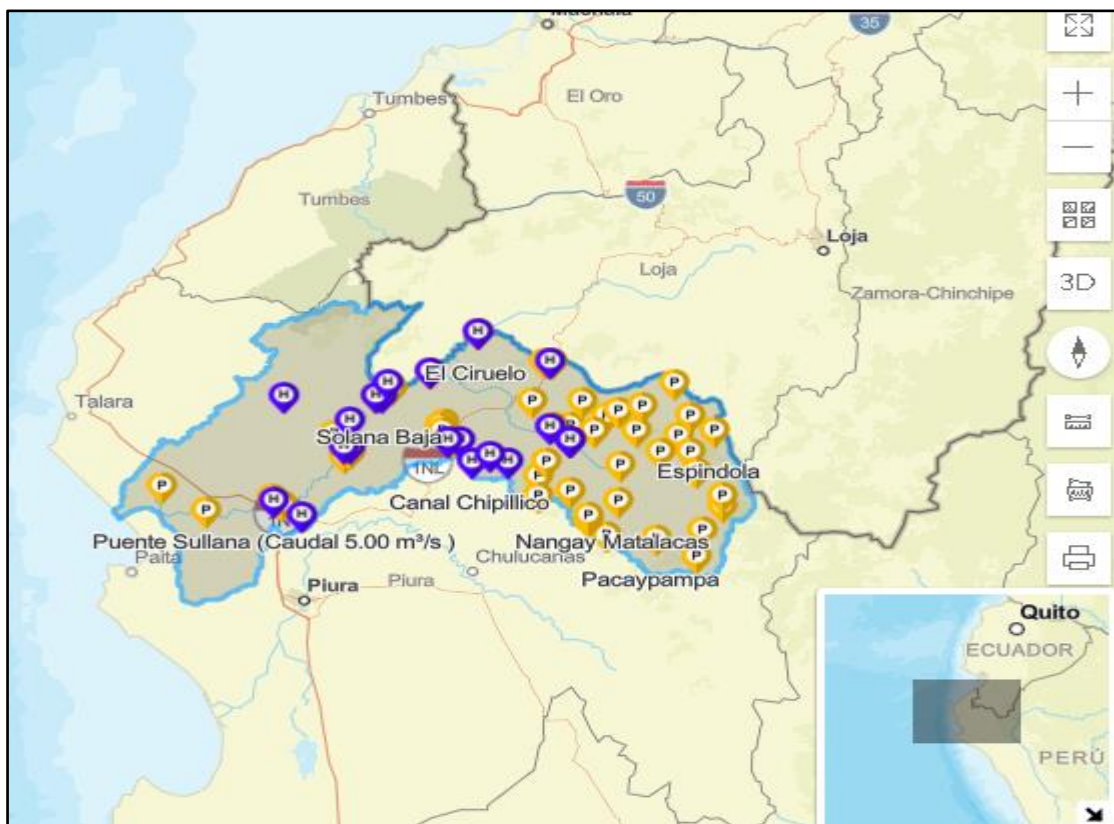
**ESTACIONES HIDROMETRICAS** Visualizar en el mapa

En la Cuenca Chira, existe 20 estaciones hidrométricas. A continuación, se presenta el detalle:

Nombre - código	Tipo	Nombre Fuente Natural	Ver Variables	Ver en el Mapa
Bocatoma Chipillico - 13811018	Convencional	Río Chipillico		
Canal Derivacion Poechos - 200314	Convencional	Río Chira		
Canal Miguel Checa - 200307	Convencional	Río Chira		
Canal Yuscay - 200418	Convencional	Río Quiroz		

Fuente Propia

**Figura 17.- Visualización grafica de las estaciones de la cuenca Chira**



Fuente Propia

Luego de visualizar las estaciones y sus registros, se decidió trabajar con 11 estaciones meteorológicas que tiene registros actuales y una longitud de serie mayor a 30 años.

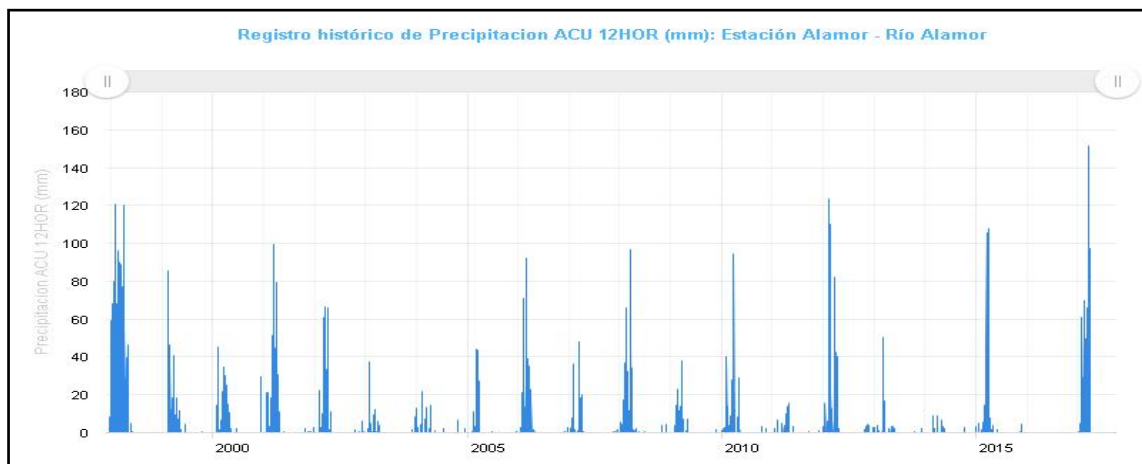
**Figura 18.-** Estaciones de estudio

#	Nombre de la estación
1	Alamor
2	Arrendamientos
3	Chilaco
4	El Ciruelo
5	Frías
6	Lancones
7	Mallares
8	Partidor
9	Puente Internacional
10	Puente Sullana
11	Sapillica

Fuente Propia

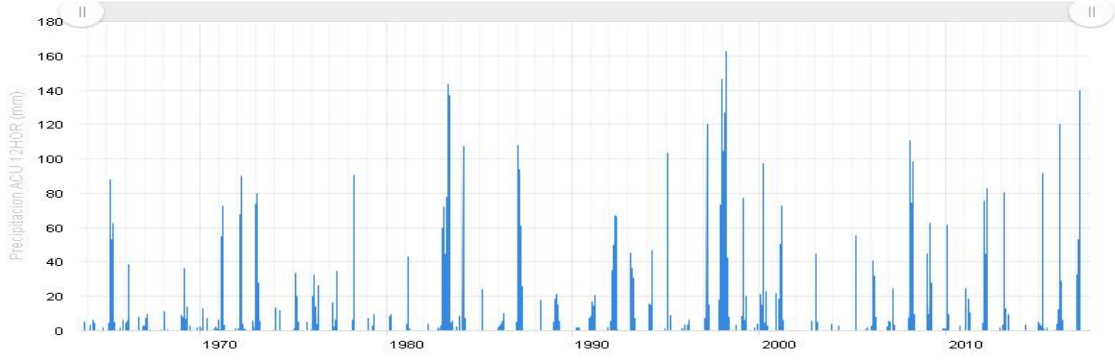
**Figura 12.**

*Registro histórico de las estaciones meteorológicas*

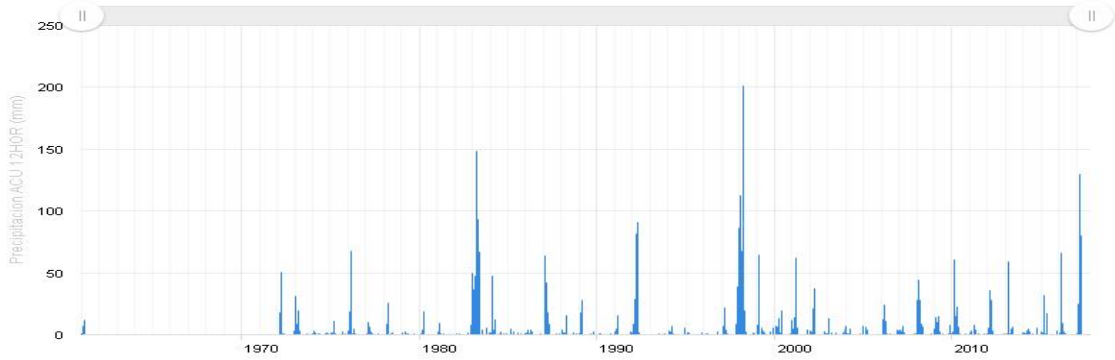




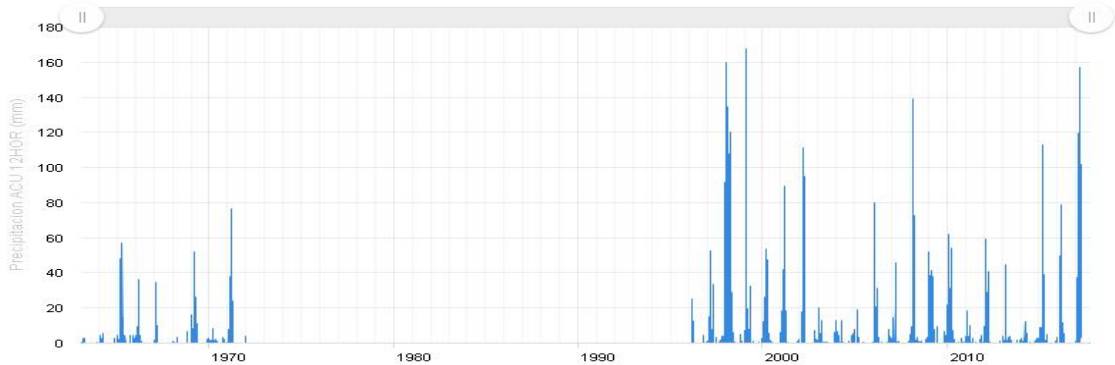
Registro histórico de Precipitación ACU 12HOR (mm): Estación Lancones - Río



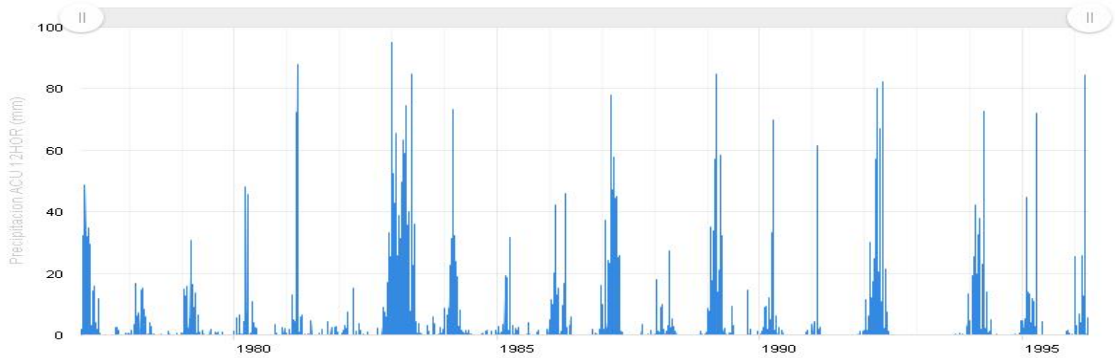
Registro histórico de Precipitación ACU 12HOR (mm): Estación Mallares - Río

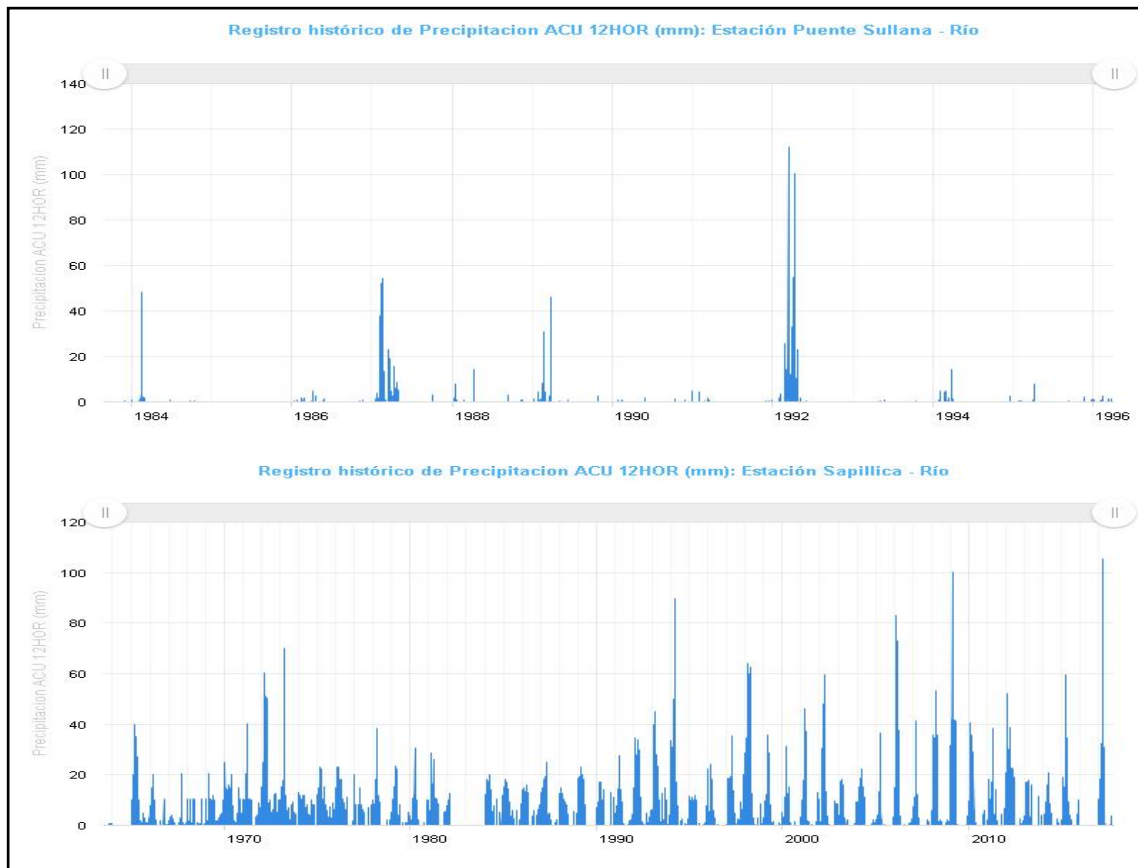


Registro histórico de Precipitación ACU 12HOR (mm): Estación Partidor - Río



Registro histórico de Precipitación ACU 12HOR (mm): Estación Puente Internacional - Río





Nota. Información bruta de las estaciones meteorológicas.

La información se completó mediante interpolación IDW, bajo el lenguaje de programación Python. Se detalla el código.

```
pkgs = c("tidyverse", "data.table", "openxlsx", "mice")
```

```
#install.packages(pkgs)
```

```
lapply(pkgs, library, character.only = TRUE)
```

```
df <- read.table(file="clipboard",header=TRUE,sep="\t")
```

```
df$FECHA <- as.Date(df$FECHA, format = "%m/%d/%Y")
```

```
df2 <- df %>%
```

```
Complete(FECHA = seq(min(FECHA), max(FECHA), by = "1 day"),
```

```
df3 <- df2$VALOR
```

**Figura 19.- Estaciones meteorológicas - Máximos anuales**

Año	Arendam.	Chilaco	Alamor	El Ciruelo	Frías	Lancones	Sapillica	Mallares	Partidor	Pte Int.	Pte Sull.
1980	29.9	20.9	48.8	70	16.5	10.5	30.7	18.8	139	83.6	11.5
1981	33.3	25.2	78.6	97.4	60.4	43	28.7	9.6	35.8	88.9	2.5
1982	47.8	34.3	107.8	97.9	15.1	20	61.6	11.5	111.5	95	15.8
1983	59.2	136.2	216.8	215.6	13.4	143.8	111.8	150.1	172.9	84.7	112.3
1984	27.5	60.7	125.6	82.5	20.5	107.5	21.3	47.3	99.7	78.7	48.2
1985	19	41.7	66.7	49.7	56.2	24.2	18.4	12.4	134.7	31.8	3
1986	21.5	11.4	45.2	95.4	22.1	15.3	23.1	4.7	69.2	46	5.2
1987	31.9	103.9	175.1	152.1	69	114.3	25.1	64	139	78	54.2
1988	40	24.6	39.6	15.9	66.5	17.9	18	15.7	45.5	33.9	14.3
1989	37.5	54	121.5	80.7	77.8	21.2	29	37.4	167.5	84.7	79.5
1990	18.1	7.8	70.8	18.1	39	8.5	31	4.3	51.3	69.8	7.7
1991	27.4	36.8	52.2	107.6	54.4	20.6	27.4	16	80.4	61.4	4.2
1992	36.4	49.4	123.4	247	65.2	67.3	58	90.7	172.9	83.6	112.3
1993	29.1	116.6	91.2	106.5	83	45.2	60	70	113.1	83.6	112.3
1994	56.2	98.6	102.1	116.5	37	47.2	122	11.7	167.5	100.4	14.3
1995	20.5	68.2	47.8	83.4	71.1	103.6	24.5	1.8	139	97.7	7.8
1996	31.9	36.8	81.9	76.5	68.9	6.3	24.3	2	25.2	84.4	14.2
1997	18.8	103.7	107.8	106.5	66.7	156.9	55	85.8	91.8	61.4	54.2
1998	31.6	136.2	175.1	134.1	48.1	162.8	67.7	201	160	100.4	112.3
1999	56.2	49.1	85.3	97.9	120.6	77.3	35.6	64.8	167.5	100.4	14.6
2000	27.5	54	60.4	76.5	52.3	97	31.2	19.7	71.2	49.7	13.1
2001	25.8	103.9	103	152.1	66.6	82.8	64.7	62.5	135.4	84.7	52.2
2002	47.8	130.5	73.3	215.6	40.8	92.7	91.8	47.1	113.1	97.7	30
2003	26.5	98.6	55	63.6	78.4	44.8	28.3	12.9	19.9	88.9	19
2004	22.3	54	35.4	97.4	37.9	5.3	22.2	7	13.9	83.6	9
2005	29.1	54	48.9	97.9	66.8	55.5	48.5	9.7	20.9	66.1	54.2
2006	47.8	116.6	105.6	152.1	41.4	40.9	85.3	24.3	80.1	66.1	55
2007	32.7	55.2	48.2	97.4	172.5	35.9	44.3	6.9	45.6	78.7	54.2
2008	31.9	136.2	114.3	134.1	54	110.5	84.6	79	139	88.9	112.3
2009	25.1	76.5	86.4	83.4	38	62.7	111.8	22.1	92.8	63.4	55
2010	47.8	49.7	94.6	106.5	90	110.5	51	70.4	84	68.2	100.4
2011	25.1	62.3	18.3	61.9	34.5	24.8	38.9	14.4	18.6	100.4	55
2012	59.2	65.4	123.4	82.8	45.7	82.8	79.1	56	59.5	82.2	52.2
2013	22	111.4	50.3	79.1	90	151.4	23	59	44.8	95	52.2
2014	16.5	41.7	9.2	79.1	24.3	6.5	40	5.6	12.4	42.2	15.8
2015	33.7	64.2	146.8	97.9	55.7	103.6	76.2	31.9	112.8	48.3	11.1
2016	33.7	64.2	123.4	107.6	78.4	120	85.3	66	111.5	95	100.4
2017	40	136.2	216.8	107.6	58.9	140	120.4	129.3	172.9	84.7	48.2

Fuente propia



### 3.5.2. Analisis de frecuencia

La finalidad de este capítulo, es entender el proceso de un análisis de frecuencia, sabemos bien, que la precipitación y caudales son variables aleatorias que se desarrollan bajo probabilidades para predecir eventos extremos.

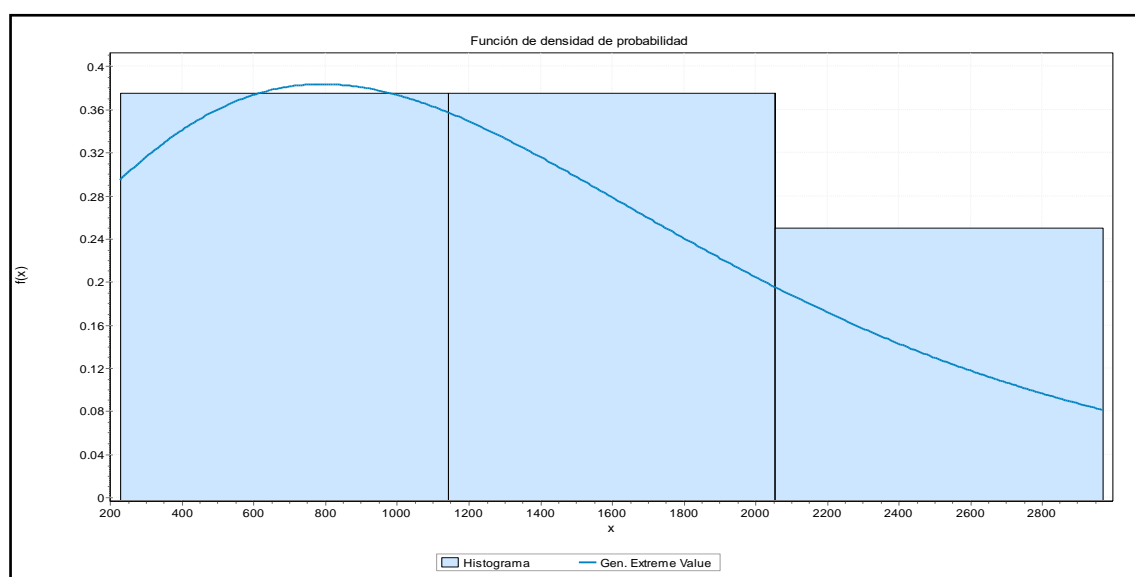
En nuestro caso, usaremos el software easyfit ( donde puede descargarse en el siguiente link: <https://easyfit.informer.com/5.6/>).

Easyfit, permite ajustar automática o manualmente una gran cantidad de distribuciones a sus datos y seleccionar el mejor modelo en segundos. Puede usarse como una aplicación independiente o con Microsoft Excel, lo que le permite resolver una amplia gama de problemas comerciales con solo un conocimiento básico de estadísticas.

Donde podemos visualizar las distribuciones probabilísticas que se acoplan a nuestra información pluviométrica (lluvia) e hidrométrica (caudal).

Los gráficos de distribuciones, gráficos de probabilidad de precipitación y su resumen estadístico de las estaciones pluviométricas se encuentran adjuntado en los anexos y a su vez se muestra el gráfico de la información hidrométrica (Puente Sullana).

**Figura 20.-** Distribución probabilística de la Estación Puente Sullana



Fuente Propia

Donde resumiendo los valores de las estaciones de lluvia y de caudal, para una precipitación con una probabilidad de un tiempo de retorno de 140 años, se describe a continuación.

**Tabla 4.-** Resumen de Precipitación y caudal para un Tr 140 años

Est_Climatica_Alamor	
Tiempo retorno	Probabilidad
140	0.992857143
Estacion	Pmax
Alamor	254.38
Arrendamientos	77.239
Chilaco	174.15
El Ciruelo	270.84
Frías	149.97
Lancones	299.64
Mallares	221.08
Partidor	254.38
Puente Internacional	103.27
Puente Sullana	219.73
Sapillica	189.11
<b>Pte Sullana_Hidrometria</b>	<b>5234.8</b>

Fuente propia

Luego se desarrolla una tormenta de diseño, donde se obtuvo información de la duración de lluvia de la cuenca. Con la finalidad de tener nuestro yetograma de diseño para incorporar al modelo. A continuación, se muestra el yetograma de diseño y de las subcuencas.

**Figura 21.-** Yetogramas de diseño



Fuente propia.

Tabla 5.- Yetogramas de subcuencas 1-8

HRS	C-1			C-2				C-3			
	Chilaco	Pte. Int.	El Ciruelo	Partidor	Pte. Int.	Sapillica	Arreendam	El Ciruelo	Frías	Partidor	Sapillica
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.11664434	0.06916946	0.18140656	0.17038178	0.06916946	0.12666443	0.17038178	0.18140656	0.10044876	0.17038178	0.12666443
2	0.11664434	0.06916946	0.18140656	0.17038178	0.06916946	0.12666443	0.17038178	0.18140656	0.10044876	0.17038178	0.12666443
3	7.46523778	4.42684528	11.6100201	10.904434	4.42684528	8.10652378	10.904434	11.6100201	6.4287207	10.904434	8.10652378
4	5.48228399	3.2509645	8.52610851	8.00794374	3.2509645	5.9532284	8.00794374	8.52610851	4.72109176	8.00794374	5.9532284
5	5.01570663	2.97428667	7.80048225	7.32641661	2.97428667	5.44657066	7.32641661	7.80048225	4.31929672	7.32641661	5.44657066
6	2.91610851	1.72923644	4.5351641	4.25954454	1.72923644	3.16661085	4.25954454	4.5351641	2.51121902	4.25954454	3.16661085
7	1.86630944	1.10671132	2.90250502	2.72610851	1.10671132	2.02663094	2.72610851	2.90250502	1.60718017	2.72610851	2.02663094
8	0.93315472	0.55335566	1.45125251	1.36305425	0.55335566	1.01331547	1.36305425	1.45125251	0.80359009	1.36305425	1.01331547
9	3.38268587	2.00591427	5.26079035	4.94107167	2.00591427	3.67326859	4.94107167	5.26079035	2.91301407	4.94107167	3.67326859
10	2.91610851	1.72923644	4.5351641	4.25954454	1.72923644	3.16661085	4.25954454	4.5351641	2.51121902	4.25954454	3.16661085
11	1.86630944	1.10671132	2.90250502	2.72610851	1.10671132	2.02663094	2.72610851	2.90250502	1.60718017	2.72610851	2.02663094
12	19.2463161	11.4129605	29.9320831	28.112994	11.4129605	20.8996316	28.112994	29.9320831	16.5740455	28.112994	20.8996316
13	16.3302076	9.68372405	25.396919	23.8534494	9.68372405	17.7330208	23.8534494	25.396919	14.0628265	23.8534494	17.7330208
14	11.664434	6.91694575	18.1406564	17.0381782	6.91694575	12.6664434	17.0381782	18.1406564	10.0448761	17.0381782	12.6664434
15	11.4311453	6.77860683	17.7778433	16.6974146	6.77860683	12.4131145	16.6974146	17.7778433	9.84397857	16.6974146	12.4131145
16	12.7142331	7.53947086	19.7733155	18.5716142	7.53947086	13.8064233	18.5716142	19.7733155	10.9489149	18.5716142	13.8064233
17	10.614635	6.29442063	16.5079973	15.5047421	6.29442063	11.5264635	15.5047421	16.5079973	9.14083724	15.5047421	11.5264635
18	10.7312793	6.36359009	16.6894039	15.6751239	6.36359009	11.6531279	15.6751239	16.6894039	9.241286	15.6751239	11.6531279
19	10.7312793	6.36359009	16.6894039	15.6751239	6.36359009	11.6531279	15.6751239	16.6894039	9.241286	15.6751239	11.6531279
20	37.3261889	22.1342264	58.0501005	54.5221701	22.1342264	40.5326189	54.5221701	58.0501005	32.1436035	54.5221701	40.5326189
21	0.46657736	0.27667783	0.72562626	0.68152713	0.27667783	0.50665774	0.68152713	0.72562626	0.40179504	0.68152713	0.50665774
22	0.34993302	0.20750837	0.54421969	0.51114534	0.20750837	0.3799933	0.51114534	0.54421969	0.30134628	0.51114534	0.3799933
23	0.46657736	0.27667783	0.72562626	0.68152713	0.27667783	0.50665774	0.68152713	0.72562626	0.40179504	0.68152713	0.50665774
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

HRS	C-4		C-5		C-6		C-7		C-8	
	Partidor	Alamor	Alamor	Chilaco	Lancones	Partidor	Chilaco	Pte Sullana	Alamor	Lancones
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.17038178	0.05173409	0.05173409	0.11664434	0.20069658	0.17038178	0.11664434	0.14717348	0.05173409	0.20069658
2	0.17038178	0.05173409	0.05173409	0.11664434	0.20069658	0.17038178	0.11664434	0.14717348	0.05173409	0.20069658
3	10.904434	3.31098192	3.31098192	7.46523778	12.8445814	10.904434	7.46523778	9.41910248	3.31098192	12.8445814
4	8.00794374	2.43150234	2.43150234	5.48228399	9.43273945	8.00794374	5.48228399	6.91715338	2.43150234	9.43273945
5	7.32641661	2.22456597	2.22456597	5.01570663	8.62995311	7.32641661	5.01570663	6.32845948	2.22456597	8.62995311
6	4.25954454	1.29335231	1.29335231	2.91610851	5.0174146	4.25954454	2.91610851	3.67933691	1.29335231	5.0174146
7	2.72610851	0.82774548	0.82774548	1.86630944	3.21114534	2.72610851	1.86630944	2.35477562	0.82774548	3.21114534
8	1.36305425	0.41387274	0.41387274	0.93315472	1.60557267	1.36305425	0.93315472	1.17738781	0.41387274	1.60557267
9	4.94107167	1.50028868	1.50028868	3.38268587	5.82020094	4.94107167	3.38268587	4.26803081	1.50028868	5.82020094
10	4.25954454	1.29335231	1.29335231	2.91610851	5.0174146	4.25954454	2.91610851	3.67933691	1.29335231	5.0174146
11	2.72610851	0.82774548	0.82774548	1.86630944	3.21114534	2.72610851	1.86630944	2.35477562	0.82774548	3.21114534
12	28.112994	8.53612525	8.53612525	19.2463161	33.1149364	28.112994	19.2463161	24.2836236	8.53612525	33.1149364
13	23.8534494	7.24277294	7.24277294	16.3302076	28.0975218	23.8534494	16.3302076	20.6042867	7.24277294	28.0975218
14	17.0381782	5.17340924	5.17340924	11.664434	20.0696584	17.0381782	11.664434	14.7173476	5.17340924	20.0696584
15	16.6974146	5.06994106	5.06994106	11.4311453	19.6682652	16.6974146	11.4311453	14.4230007	5.06994106	19.6682652
16	18.5716142	5.63901608	5.63901608	12.7142331	21.8759277	18.5716142	12.7142331	16.0419089	5.63901608	21.8759277
17	15.5047421	4.70780241	4.70780241	10.614635	18.2633891	15.5047421	10.614635	13.3927863	4.70780241	18.2633891
18	15.6751239	4.7595365	4.7595365	10.7312793	18.4640857	15.6751239	10.7312793	13.5399598	4.7595365	18.4640857
19	15.6751239	4.7595365	4.7595365	10.7312793	18.4640857	15.6751239	10.7312793	13.5399598	4.7595365	18.4640857
20	54.5221701	16.5549096	16.5549096	37.3261889	64.2229069	54.5221701	37.3261889	47.0955124	16.5549096	64.2229069
21	0.68152713	0.20693637	0.20693637	0.46657736	0.80278634	0.68152713	0.46657736	0.5886939	0.20693637	0.80278634
22	0.51114534	0.15520228	0.15520228	0.34993302	0.60208975	0.51114534	0.34993302	0.44152043	0.15520228	0.60208975
23	0.68152713	0.20693637	0.20693637	0.46657736	0.80278634	0.68152713	0.46657736	0.5886939	0.20693637	0.80278634
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

HRS	C-9		C-10		C-11		C-12		C-13
	Alamor	Lancones	Alamor	Lancones	Alamor	Lancones	Alamor	Lancones	Alamor
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.05173409	0.20069658	0.05173409	0.20069658	0.05173409	0.20069658	0.05173409	0.20069658	0.05173409
2	0.05173409	0.20069658	0.05173409	0.20069658	0.05173409	0.20069658	0.05173409	0.20069658	0.05173409
3	3.31098192	12.8445814	3.31098192	12.8445814	3.31098192	12.8445814	3.31098192	12.8445814	3.31098192
4	2.43150234	9.43273945	2.43150234	9.43273945	2.43150234	9.43273945	2.43150234	9.43273945	2.43150234
5	2.22456597	8.62995311	2.22456597	8.62995311	2.22456597	8.62995311	2.22456597	8.62995311	2.22456597
6	1.29335231	5.0174146	1.29335231	5.0174146	1.29335231	5.0174146	1.29335231	5.0174146	1.29335231
7	0.82774548	3.21114534	0.82774548	3.21114534	0.82774548	3.21114534	0.82774548	3.21114534	0.82774548
8	0.41387274	1.60557267	0.41387274	1.60557267	0.41387274	1.60557267	0.41387274	1.60557267	0.41387274
9	1.50028868	5.82020094	1.50028868	5.82020094	1.50028868	5.82020094	1.50028868	5.82020094	1.50028868
10	1.29335231	5.0174146	1.29335231	5.0174146	1.29335231	5.0174146	1.29335231	5.0174146	1.29335231
11	0.82774548	3.21114534	0.82774548	3.21114534	0.82774548	3.21114534	0.82774548	3.21114534	0.82774548
12	8.53612525	33.1149364	8.53612525	33.1149364	8.53612525	33.1149364	8.53612525	33.1149364	8.53612525
13	7.24277294	28.0975218	7.24277294	28.0975218	7.24277294	28.0975218	7.24277294	28.0975218	7.24277294
14	5.17340924	20.0696584	5.17340924	20.0696584	5.17340924	20.0696584	5.17340924	20.0696584	5.17340924
15	5.06994106	19.6682652	5.06994106	19.6682652	5.06994106	19.6682652	5.06994106	19.6682652	5.06994106
16	5.63901608	21.8759277	5.63901608	21.8759277	5.63901608	21.8759277	5.63901608	21.8759277	5.63901608
17	4.70780241	18.2633891	4.70780241	18.2633891	4.70780241	18.2633891	4.70780241	18.2633891	4.70780241
18	4.7595365	18.4640857	4.7595365	18.4640857	4.7595365	18.4640857	4.7595365	18.4640857	4.7595365
19	4.7595365	18.4640857	4.7595365	18.4640857	4.7595365	18.4640857	4.7595365	18.4640857	4.7595365
20	16.5549096	64.2229069	16.5549096	64.2229069	16.5549096	64.2229069	16.5549096	64.2229069	16.5549096
21	0.20693637	0.80278634	0.20693637	0.80278634	0.20693637	0.80278634	0.20693637	0.80278634	0.20693637
22	0.15520228	0.60208975	0.15520228	0.60208975	0.15520228	0.60208975	0.15520228	0.60208975	0.15520228
23	0.20693637	0.80278634	0.20693637	0.80278634	0.20693637	0.80278634	0.20693637	0.80278634	0.20693637
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0

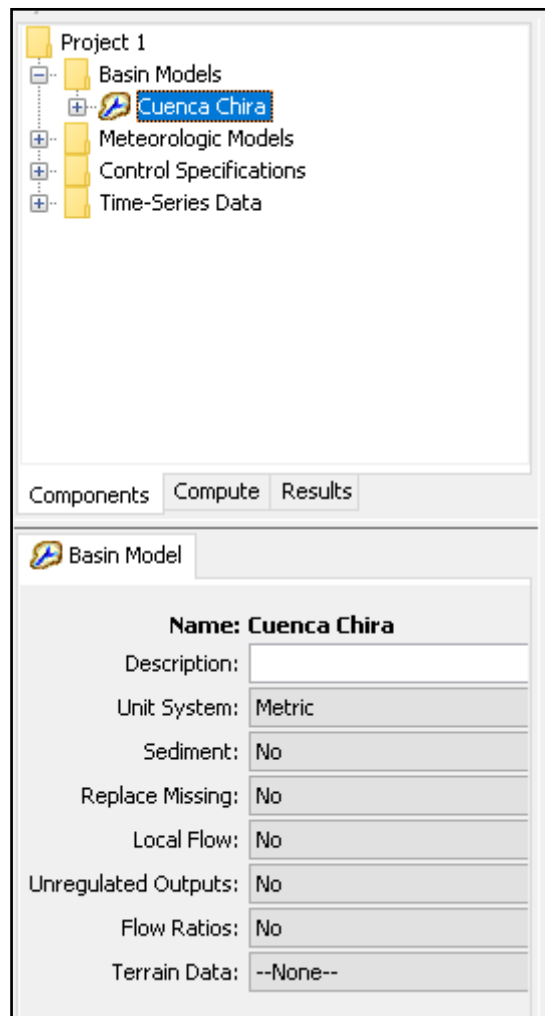
### 3.5.3. Modelación hidrológica para avenidas máximas con Hec-Hms

El modelo Hec-Hms, es un modelo hidrológico que transforma lluvia a escorrentía bajo diferentes metodologías. Se detalla a continuación.

#### 3.5.3.1. Definición del modelo

En primer lugar, creamos la cuenca denominada “Cuenca Chira”:

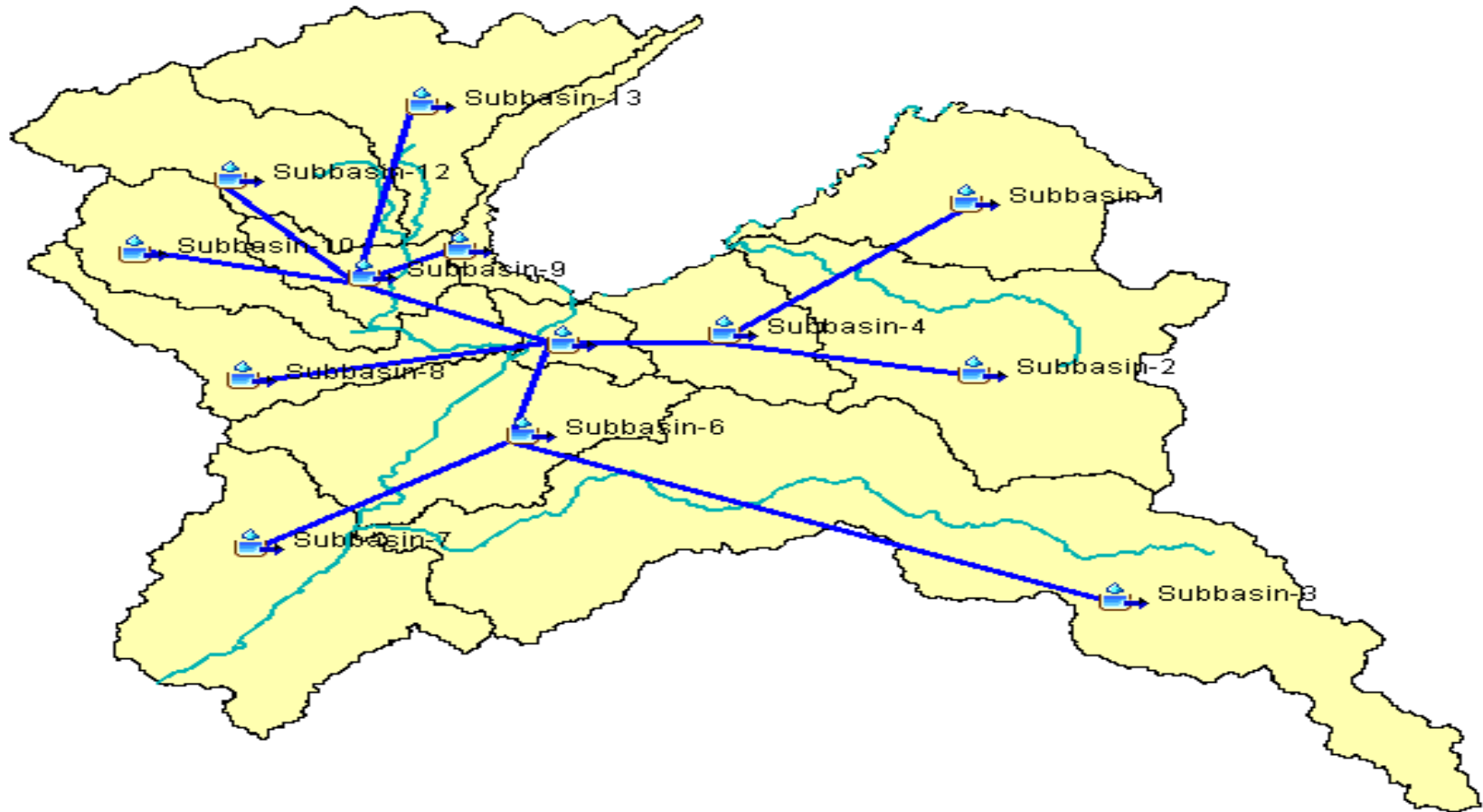
**Figura 22.-** Creación del Modelo de la Cuenca Chira



Nota. Modelo Hec-Hms V.4.8

Continuando con el modelamiento se crearon los elementos hidrológicos descritos en la tabla 1, donde se detalla los diferentes elementos y su descripción de cada una de ella.

Figura 23.- Modelo Chira



Fuente propia

### 3.5.3.2. Definición del modelo

Se empieza a seleccionar en el panel Editor de componentes de la cuenca modelo. En este caso, se muestra la subcuenca numero1.

**Figura 24.-** Definición del modelo subcuenca1

Transform	Baseflow	Options
Subbasin		Loss
*Area (KM2)	330.56	
Latitude Degrees:		
Latitude Minutes:		
Latitude Seconds:		
Longitude Degrees:		
Longitude Minutes:		
Longitude Seconds:		
Discretization Method:	--None---	
Canopy Method:	--None--	
Surface Method:	--None--	
Loss Method:	SCS Curve Number	
Transform Method:	SCS Unit Hydrograph	
Baseflow Method:	Recession	

Fuente propia.

Se puede ver que en el campo de Downstream el río número 2, debido que como ya se ha realizado la conexión de elementos, se encuentra conectadas aguas abajo a la subcuenca Numero1.

En el campo de área colocamos el área en Kilómetros cuadrado.

En Loss Method, se selecciona el método de SCS Curve Number (Curva Numero SCS), donde es un tipo de método que separa la precipitación neta.

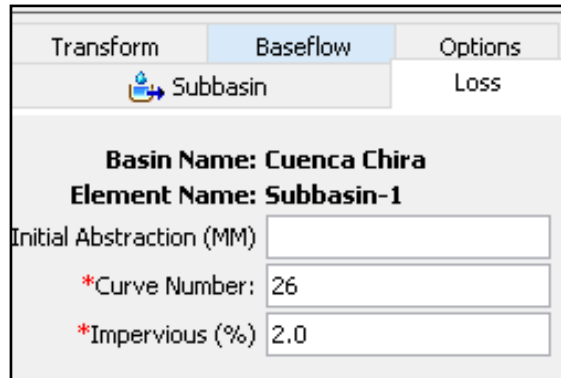
En Transform Method (Método de transformación), se selecciona SCS Unit Hydrograph, donde es un tipo de método para transformar la precipitación neta a escorrentía directa.

Finalmente, en Baseflow Method (Método de flujo de base), se selecciona Recesión.



Después de ingresar estos datos, se selecciona la pestaña Loss. En la figura siguiente se detalla los valores que se deben ingresar.

**Figura 25.-** Parámetros del Modelo Subcuenca



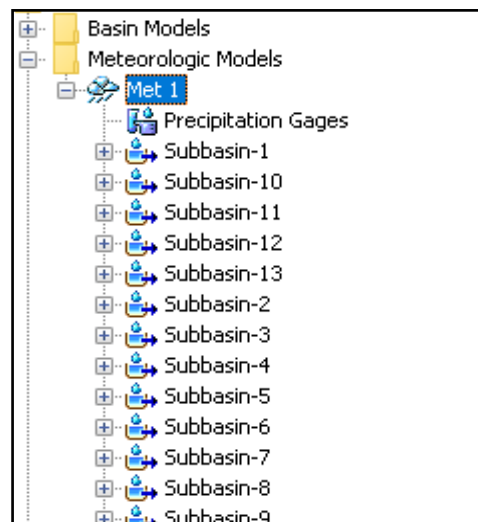
Fuente propia

Los datos que se ingresaron es el número de Curva (CN): 26; y la Impermeabilidad un 2%

### 3.5.3.3. Modelo meteorología.

En esta parte se ingresa la información hidrometeorológica, considerando en cada uno de las subcuencas (en el estudio son 13 subcuencas) debe colocarse cada estación y la ratio de la influencia que tiene cada una de ellas; cabe mencionar que la ratio se obtiene mediante los polígonos de thissen.

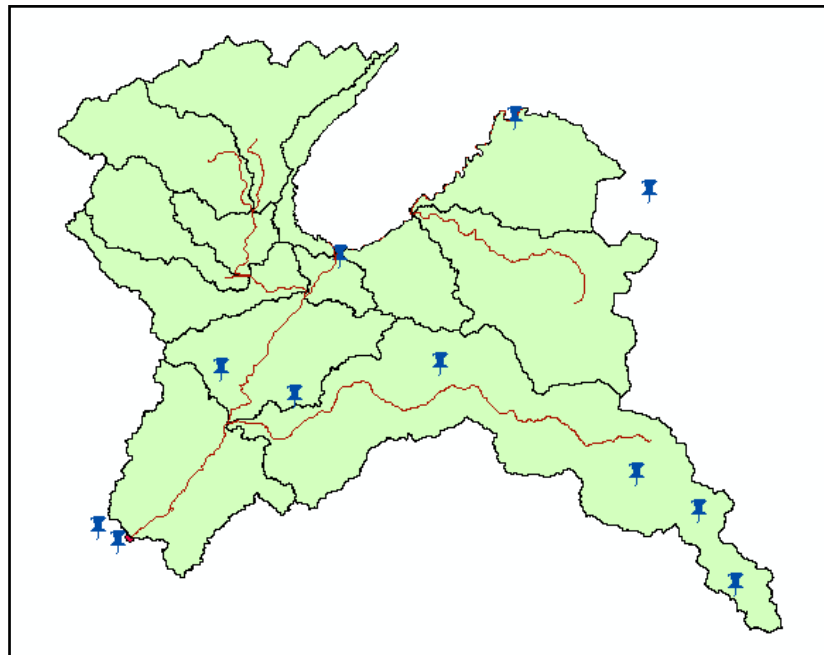
**Figura 26.-** Modelo meteorológico



Fuente propia

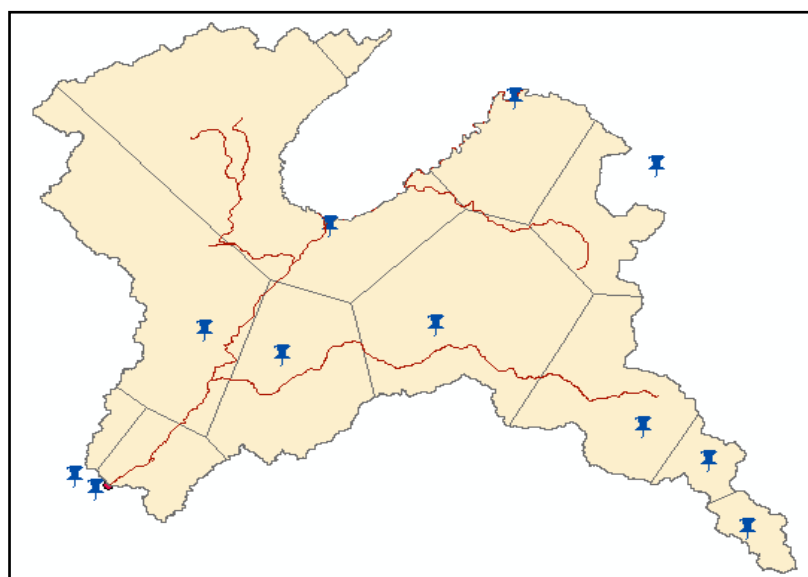
Para obtener la ratio de influencia de las estaciones respecto a las subcuencas, se debe comenzar cuantificando las estaciones meteorológicas (precipitación – lluvia) y representarla en la cartografía de las subcuencas.

**Figura 27.-** Ubicación de estaciones en la cuenca



Fuente propia

**Figura 28.-** Polígonos de thissen de la cuenca



Fuente propia

**Tabla 6.-** Áreas de influencia de las estaciones (Km2)

	Arreendam	Alamor	Chilaco	El Ciruelo	Frías	Lancones	Mallares	Partidor	Pte. Int.	Pte Sullana	Sapillica
SubCuenca1	0	0	260	0	0	0	0	0	75	0	0
SubCuenca2	0	33	0	47	0	0	0	258	173	0	68
SubCuenca3	90	0	0	258	85	3	0	386	0	0	347
SubCuenca4	0	0	0	0	0	0	0	71	0	0	0
SubCuenca5	0	72	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SubCuenca6	0	57	98	0	0	166	0	15	0	0	0
SubCuenca7	0	0	105	0	0	0	50	0	0	175	0
SubCuenca8	0	50	0	0	0	184	0	0	0	0	0
SubCuenca9	0	91	0	0	0	20	0	0	0	0	0
SubCuenca10	0	10	0	0	0	192	0	0	0	0	0
SubCuenca11	0	207	0	30	0	161	0	0	0	0	0
SubCuenca12	0	249	0	0	0	45	0	0	0	0	0
SubCuenca13	0	340	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente propia

En la tabla, se muestra el área de influencia de las 11 estaciones meteorológicas (precipitación de lluvia) con las 13 subcuencas que se formó durante la delimitación de un sistema de información geográfica (GIS). Las unidades se encuentran en Km2 y se obtuvo mediante el polígono de thissen. A continuación, se muestra en porcentaje (%).

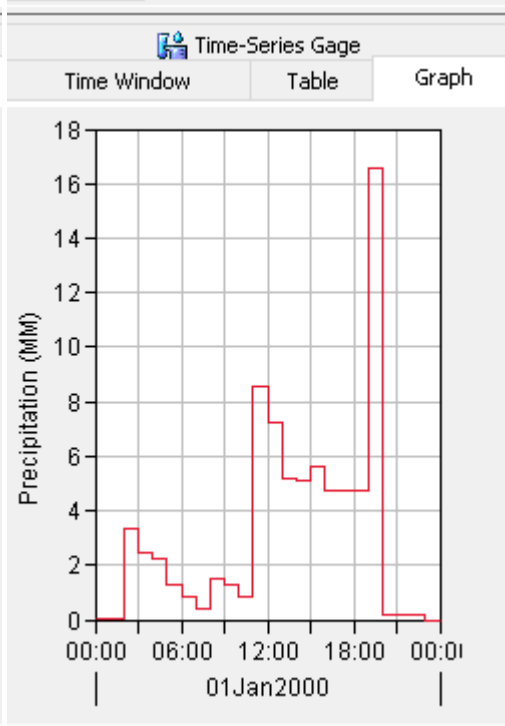
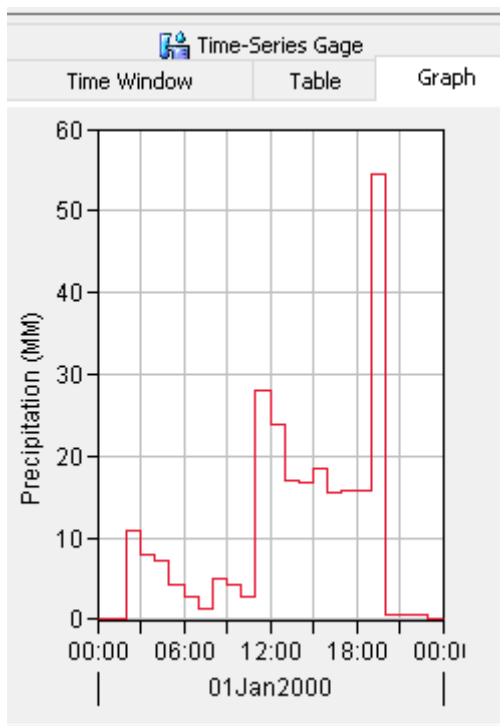
	Arreendam	Alamor	Chilaco	El.Ciruelo	Frías	Lancones	Mallares	Partidor	Pte. Int.	Pte Sullana	Sapillica
SubCuenca1	0.00%	0.00%	77.61%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	22.39%	0.00%	0.00%
SubCuenca2	0.00%	5.70%	0.00%	8.12%	0.00%	0.00%	0.00%	44.56%	29.88%	0.00%	11.74%
SubCuenca3	7.70%	0.00%	0.00%	22.07%	7.27%	0.26%	0.00%	33.02%	0.00%	0.00%	29.68%
SubCuenca4	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca5	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca6	0.00%	16.96%	29.17%	0.00%	0.00%	49.40%	0.00%	4.46%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca7	0.00%	0.00%	31.82%	0.00%	0.00%	0.00%	15.15%	0.00%	0.00%	53.03%	0.00%
SubCuenca8	0.00%	21.37%	0.00%	0.00%	0.00%	78.63%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca9	0.00%	81.98%	0.00%	0.00%	0.00%	18.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca10	0.00%	4.95%	0.00%	0.00%	0.00%	95.05%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca11	0.00%	52.01%	0.00%	7.54%	0.00%	40.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca12	0.00%	84.69%	0.00%	0.00%	0.00%	15.31%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
SubCuenca13	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Fuente propia

**Figura 29.- Yetogramas Hechms Parte1**

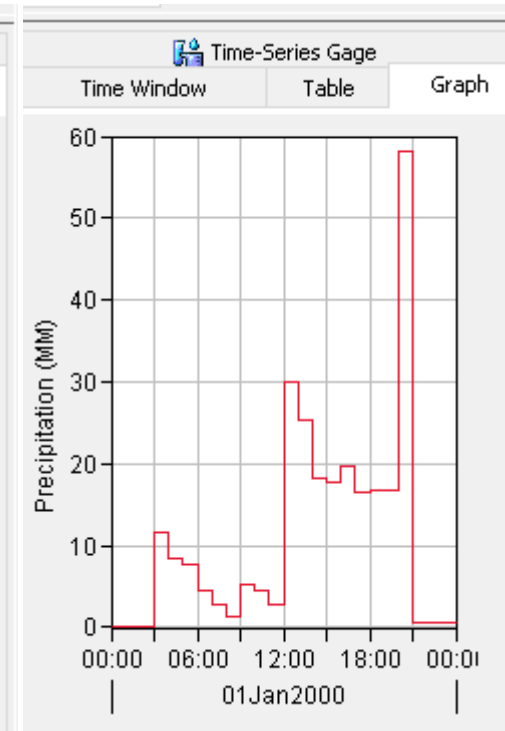
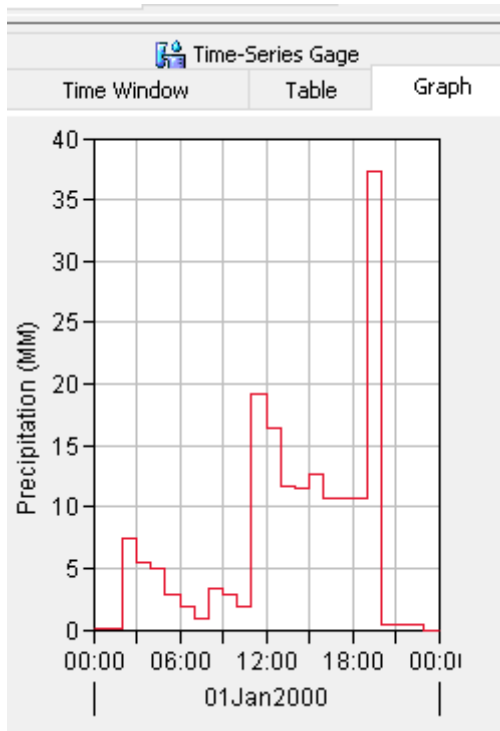
*Arrendamiento*

*Alamor*



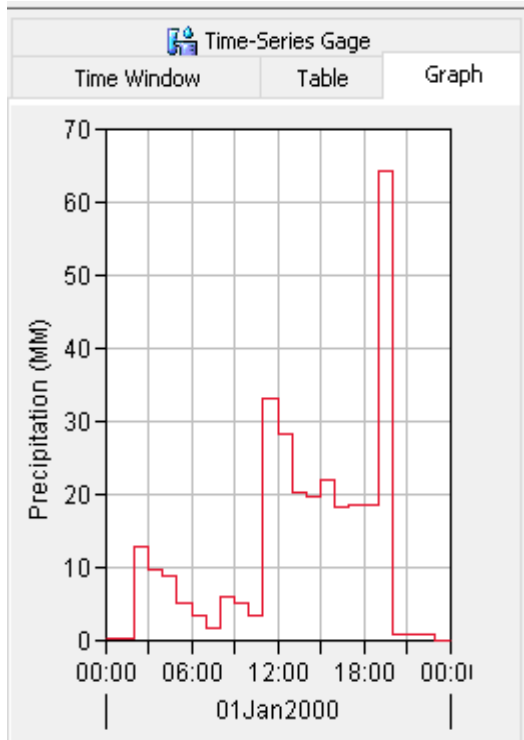
*Chilaco*

*El Ciruelo*

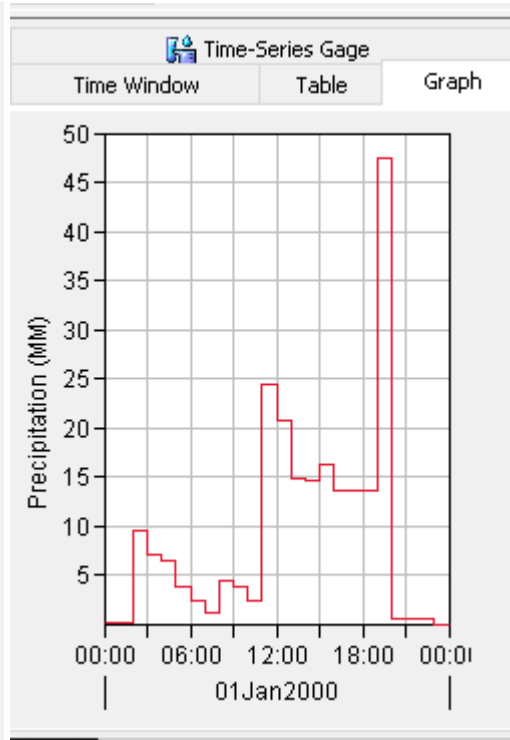


Fuente propia

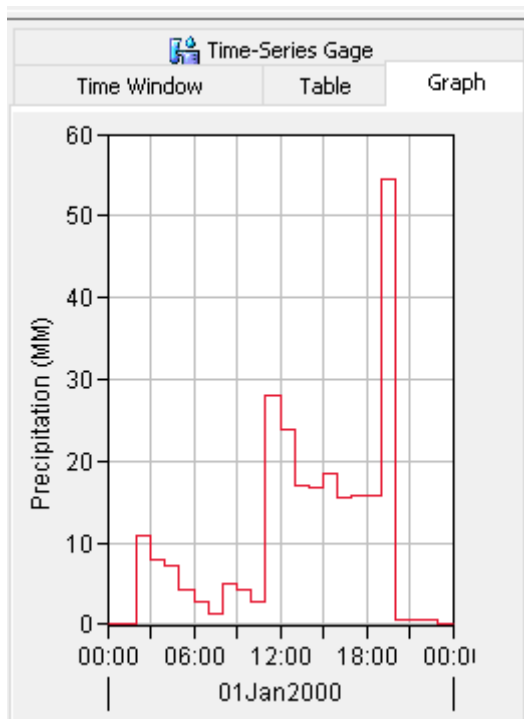
*Frias*



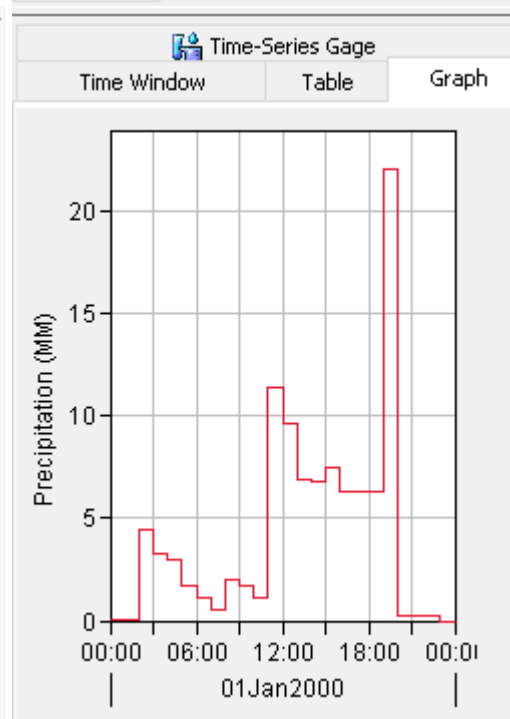
*Mallares*



*Lancones*



*Partidor*



Fuente propia

Los resultados del Hec-hms, sera una serie caudales a un paso de tiempo por segundos, para trabajar el modelo hidraulic, bajo un enfoque de flujo no permanente.

**Figura 30.-** Serie de caudales simulados en Hechms

Project: TR100v4 Simulation Run: Run 1 Sink: Embalse Poechos							
Start of Run: 01ene2000, 00:00		Basin Model: Cuenca Binacional					
End of Run: 08ene2000, 00:00		Meteorologic Model: Met 1					
Compute Time:03oct2021, 06:14:36		Control Specifications:Monitoreo					
Date	Time	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Inflow from... (M3/S)	Total Inflow (M3/S)	Obs Flc (M3/S)
01ene2000	00:00	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:01	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:02	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:03	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:04	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:05	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:06	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:07	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:08	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:09	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:10	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:11	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:12	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:13	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:14	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:15	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:16	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:17	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:18	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:19	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:20	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:21	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:22	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:23	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:24	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:25	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:26	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:27	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:28	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:29	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:30	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:31	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:32	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:33	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	
01ene2000	00:34	7.0	0.2	0.2	0.2	7.7	

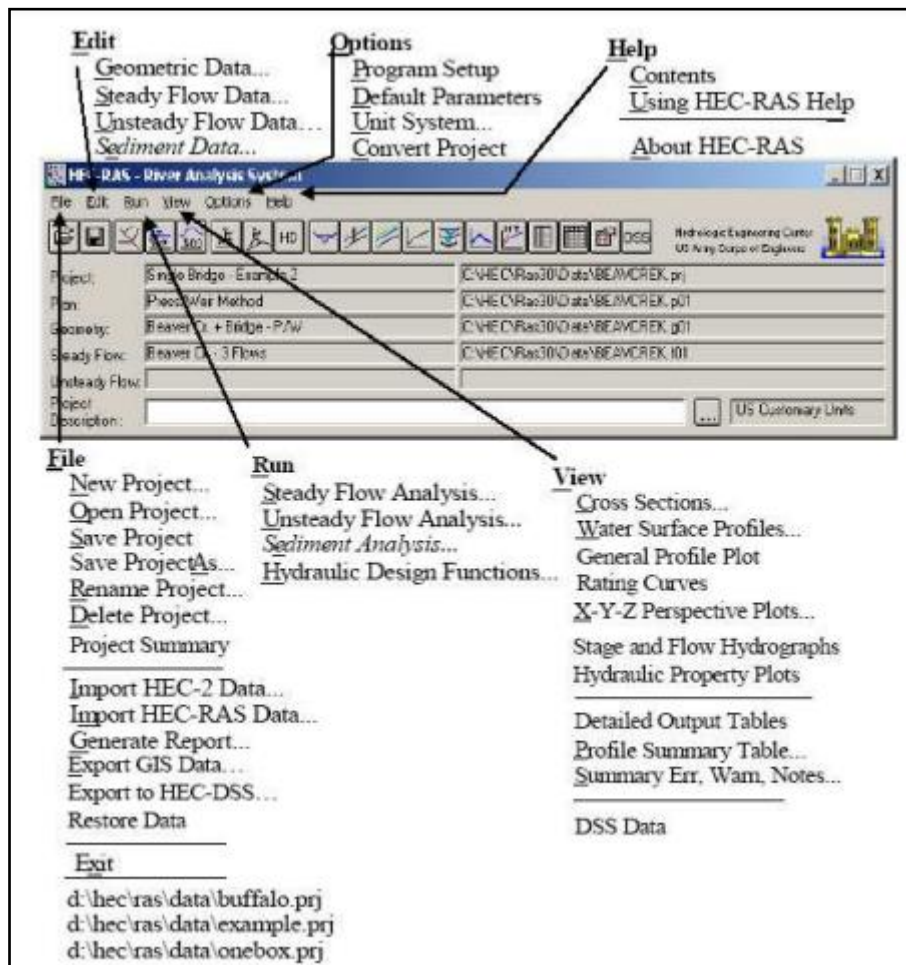
Fuente propia

### 3.5.4. Modelamiento hidraulico con Hec-Ras

El modelo hidraulico, nos va ayudar a visualizar el comportamiento hidrodinamico de la corriente de rio, para proponer estructuras de proteccion en las riberas debido a desbordamiento fluvial.

Se presenta la estructura del modelo hidraulico en Window 10.

Figura 31.- Estructura del Modelo Hec-ras

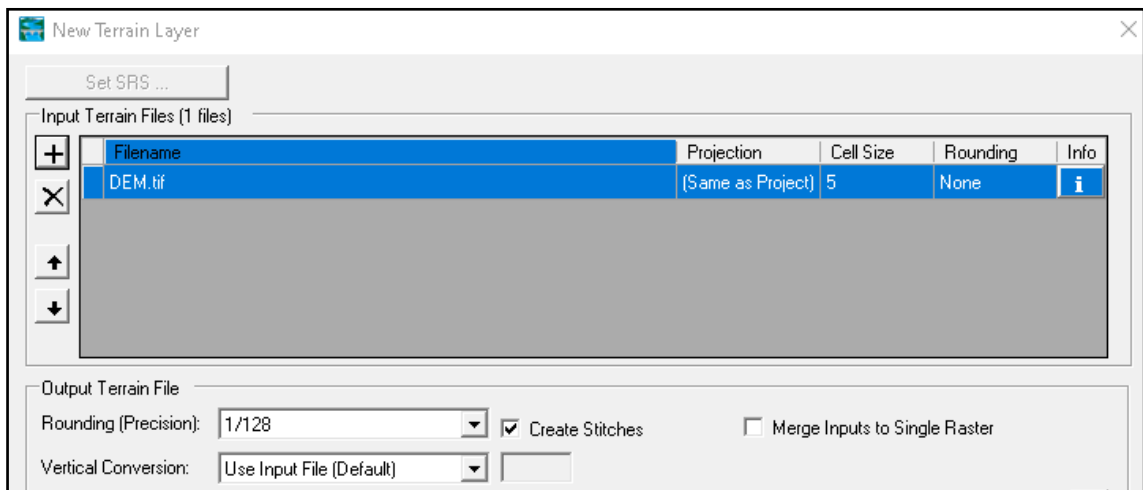


Fuente propia

Se ingresa la topografía en formato Raster (Modelo Digital de Elevacion) en el RasMapper, cabe mencionar que la resolucion es de 5 Kilometros y para mejor visualizacion se recomienda no bajar la precision.

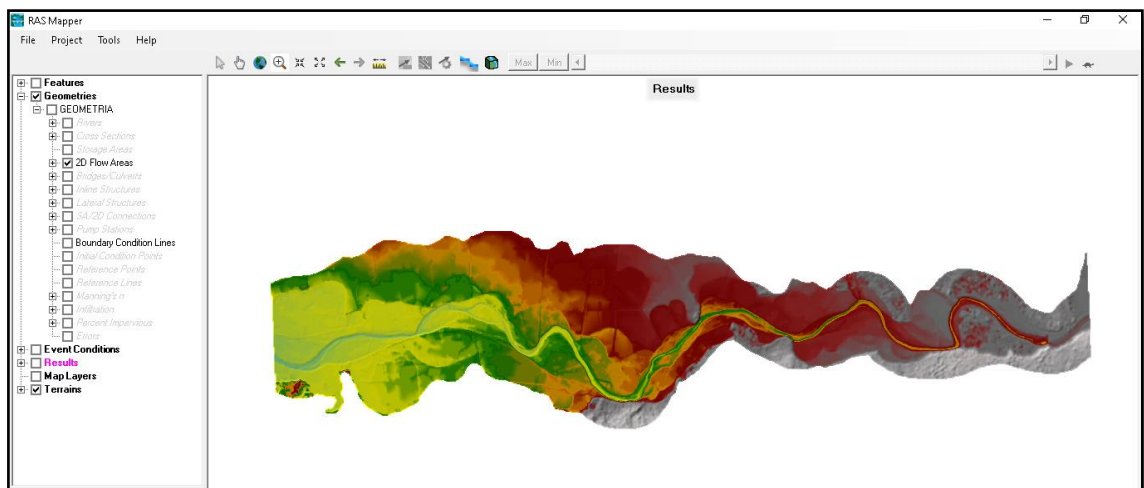


**Figura 32.- Ingreso de la información topográfica**



Fuente propia

**Figura 33.- Modelo digital de elevación en RasMapper**



Fuente propia

Cuando ya se tiene el modelo digital de elevación, se prosigue a delimitar mediante un enmallado el área de estudio y sus condiciones de bordes.

Aguas arriba. - donde ingresa el flujo del agua.

Aguas abajo. - donde desemboca el flujo del agua

Además, considerando un enmallado de 10x10 metros, por lo que su tamaño no puede ser menor a la resolución del raster (Modelo digital de elevación).

En la siguiente figura, nos representa las características del enmallado

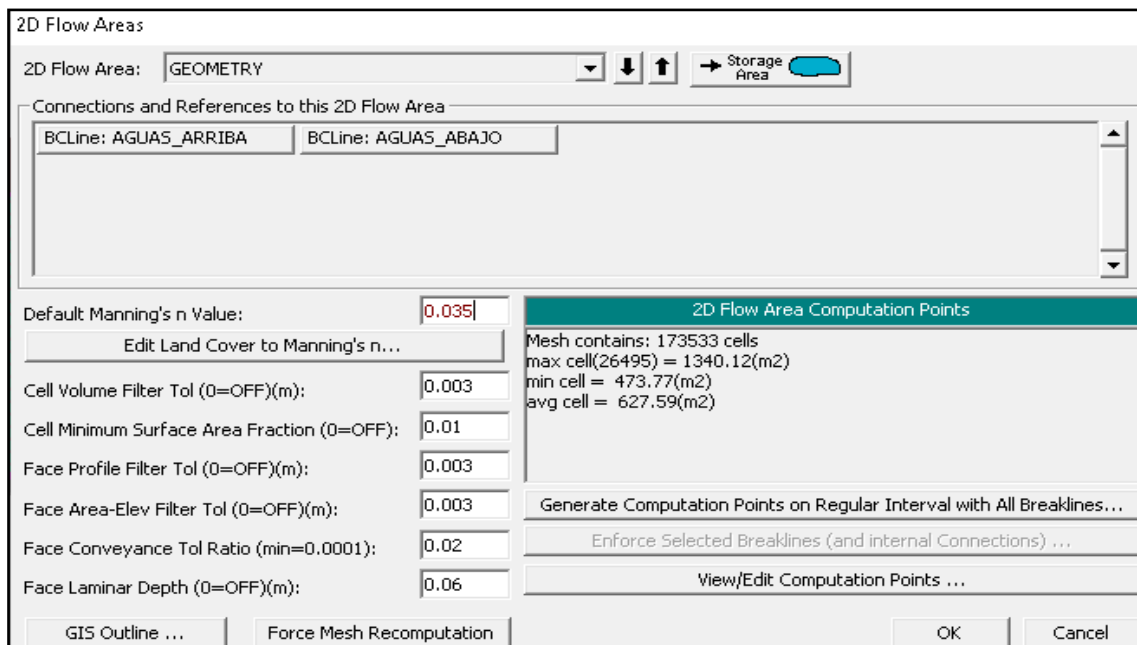
Mesh contains: Cantidad de celdas del modelo

Max cell: Area maxima de las celda del mallado

Min cell: Area minima de las celdas del mallado

Avr cell: Promedio areal de las celdas del mallado.

**Figura 34.-** Características del mallado



Fuente propia

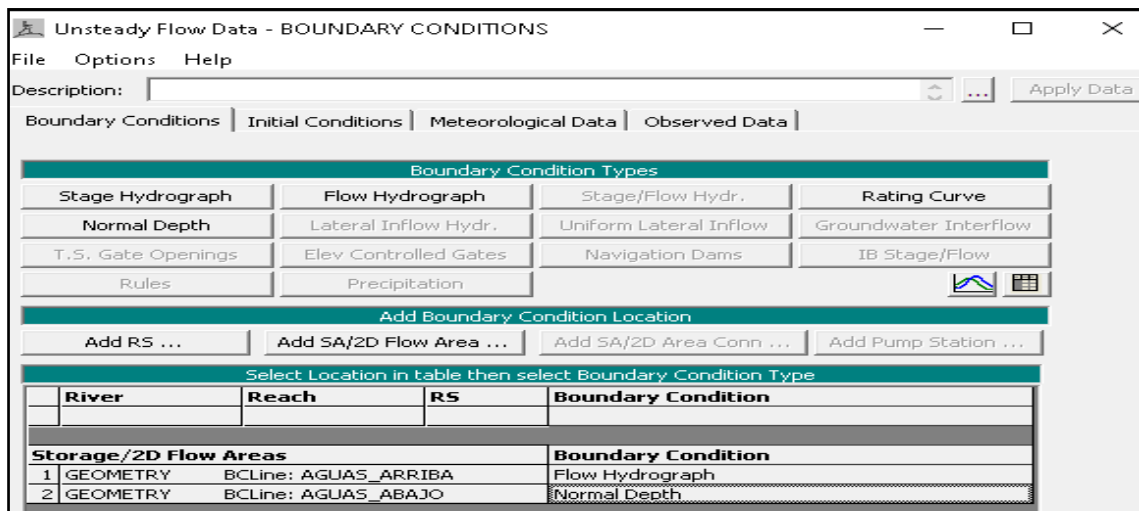
Donde se consideró un coeficiente de Manning de 0.035 en el cauce del río estudiado y un mallado de 10 metros, porque al reducirlo ocasiona mayor peso computacional y toma mayor tiempo en la simulación.

Luego de la obtención del hidrograma unitario del modelo hidrológico Hec – Hms, se podrá trabajar con un tipo de flujo no uniforme, debido que, en estudios de desbordamiento del flujo por inundaciones, es recomendable analizar y evaluar la modelación hidrodinámica en este tipo de Flujo.

Paras aguas abajo, se trabajará con flujo normal debido que la escorrentía se mueve debido a las pendientes del terreno.

Para aguas arriba, se trabajará con un hidrograma sintético.

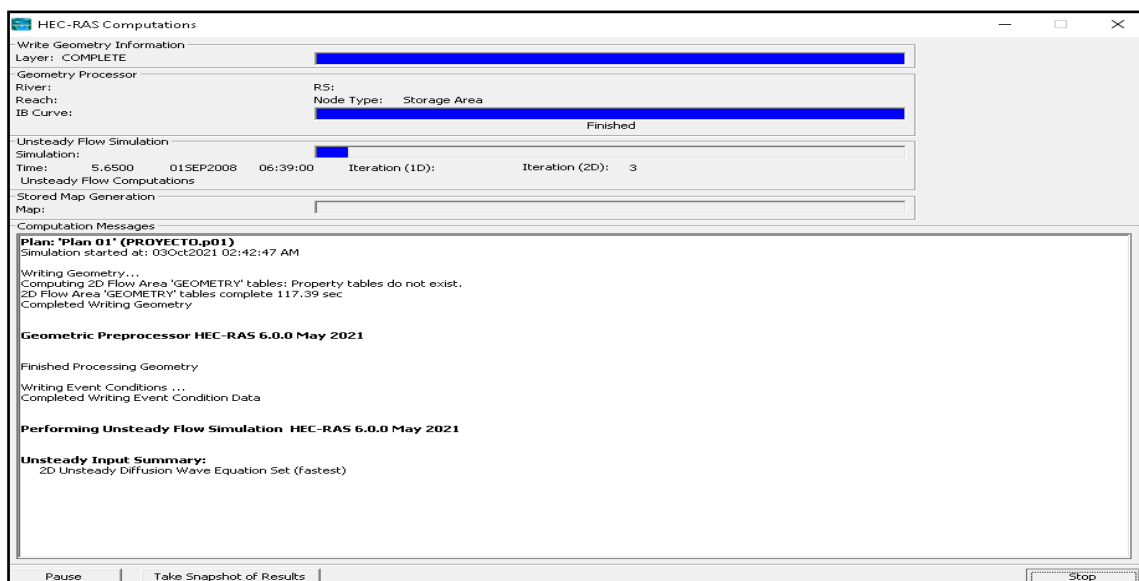
**Figura 35.- Flujo no permanente**



Fuente propia

Luego de completar la información de las condiciones de borde de nuestro modelo, se procede a simular.

**Figura 36.- Simulación computacional**

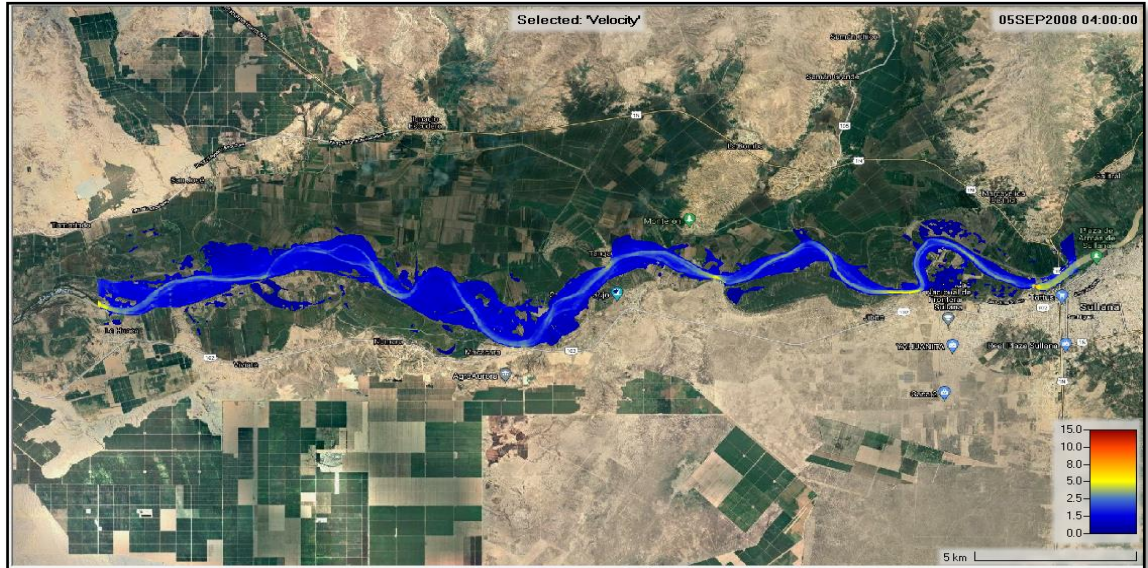


Fuente propia

### 3.5.5. Simulación del modelo hidráulico

- Resultados de velocidades

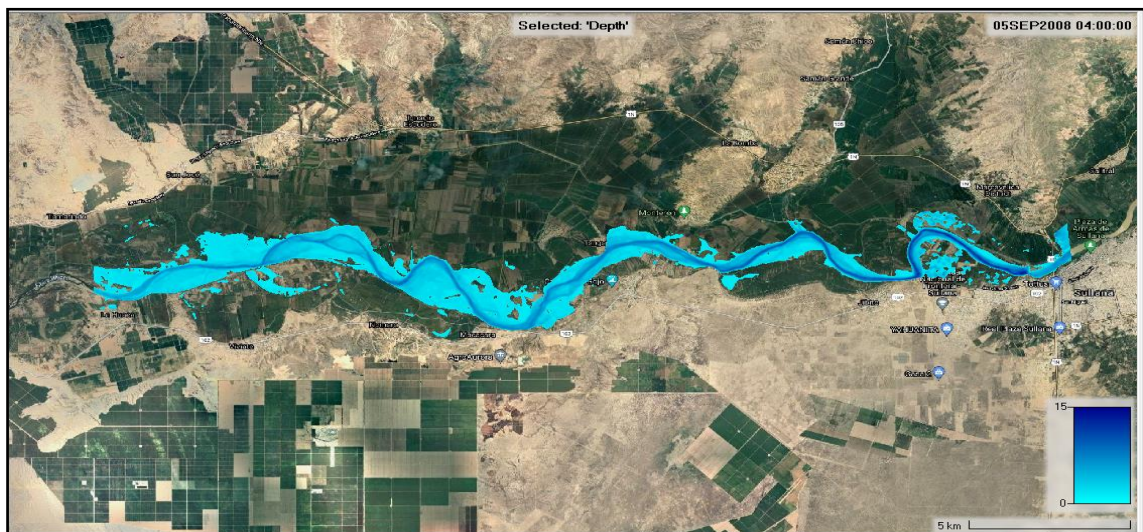
**Figura 37.-** Velocidades del modelo



Fuente propia

Los resultados de la modelación hidrodinámica del cauce del río de estudio, se muestra desbordamientos y un rango de velocidades 1.5 a 5, por lo que se puede visualizar curvas que se origina velocidades mayores a 3 m<sup>2</sup>/s.

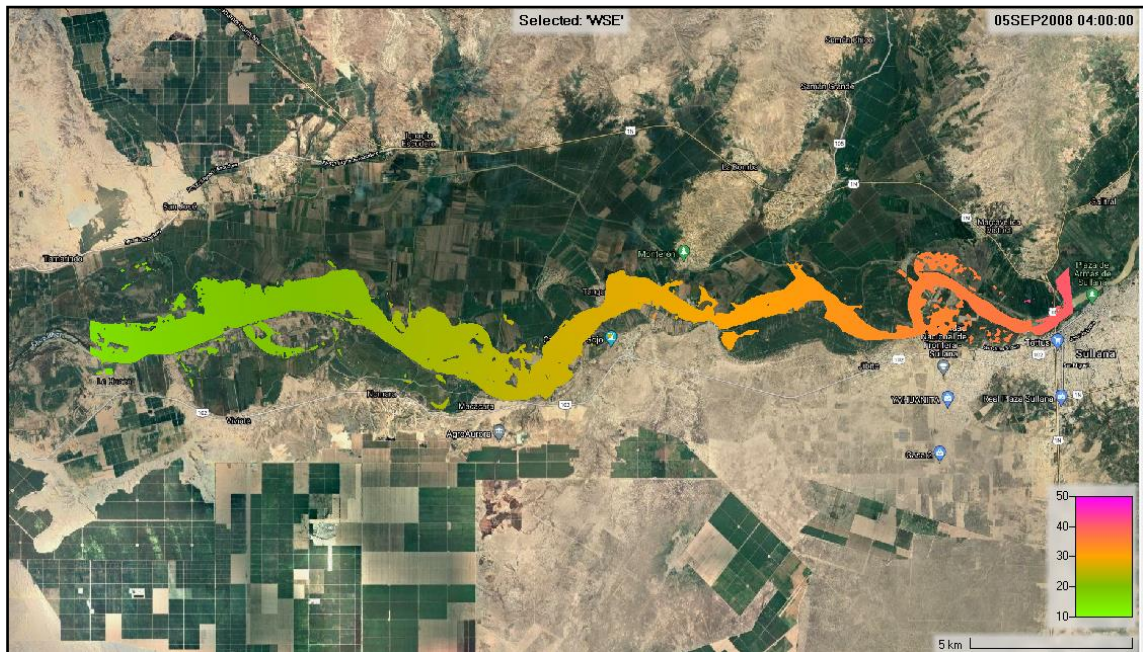
**Figura 38.-** Tirantes del modelo



Fuente propia

Los resultados de la modelación hidrodinámica del cauce del río de estudio, se muestra desbordamientos y un rango de tirantes 0 a 3 metros, donde el área de llanura de inundación tiene tirantes de hasta 2.00 metros.

**Figura 39.- Nivel de agua del modelo**



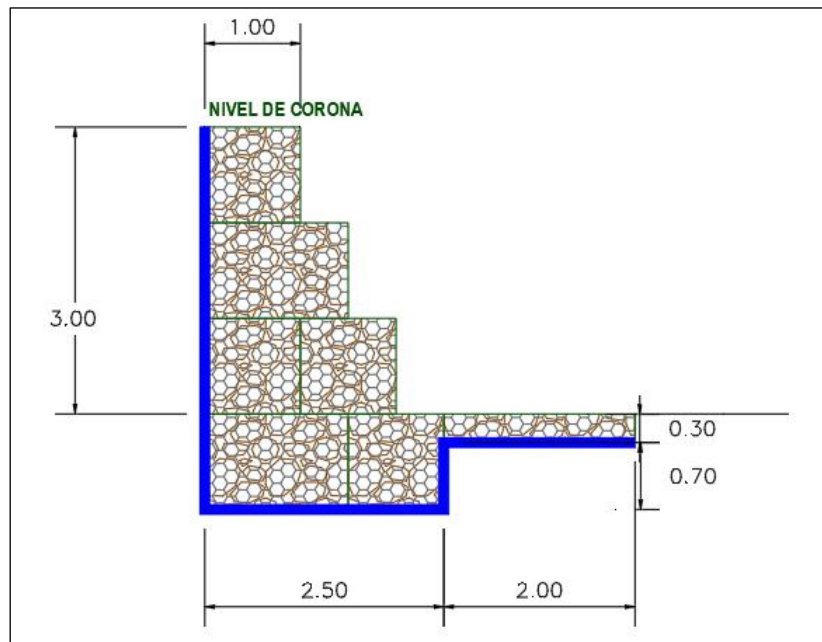
Fuente propia

Los resultados de la modelación hidrodinámica del cauce del río de estudio, se muestra desbordamientos y un rango de niveles de 10 a 40 msnm, por lo que se visualiza mayores niveles de agua en los tramos superiores, debido que inicia la descarga del caudal de entrada de aguas arriba.

La simulación hidrodinámica nos ayuda a entender la importancia de estructuras de protección contra desbordamiento fluvial; debido que en esta se proyecta escenarios futuros de avenidas extraordinarias para diferentes tiempos de retorno.

Según los tirantes se puede visualizar en la simulación, son menores a 3 metro, es por ello que se recomienda la estructura con una altura de 3 metros.

**Figura 40.-** Estructura de protección - dimensionamiento



Fuente propia

Se propone finalmente un gavión como la estructura de protección contra inundaciones, por lo que es una estructura segura y económica; además que las velocidades no sobrepasan los 5 m<sup>2</sup>/s para utilizar otro tipo de estructura.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Para un buen diseño hidrológico de alguna estructura, es necesario trabajar a nivel de cuenca y tener registros de información mayores a 30 años y reciente, con la finalidad de obtener una mejor aproximación al caudal de diseño.

Es necesario usar interpolación por IDW, para completación de información faltante, por lo que considera las altitudes y sus distanciamientos entre estaciones.

Para un diseño de tormenta, se recomienda una gran cantidad de estaciones para que sean representativas las tormentas de la zona de estudio.

La modelación agregada Hec-Hms sirve para eventos independientes y siempre que se cumplan las condiciones establecidas.

En flujo no permanente, se necesita un hidrograma sintético que represente los caudales en una determinada escala de tiempo.

La simulación hidrodinámica nos ayuda a entender la importancia de estructuras de protección contra desbordamiento fluvial; debido que en esta se proyecta escenarios futuros de avenidas extraordinarias para diferentes tiempos de retorno.

Según los tirantes se puede visualizar en la simulación, son menores a 3 metro, es por ello que se recomienda la estructura con una altura de 3 metros.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abbott, M. (1976). *Computational hydraulics: A short pathology* (Vol. 14). Journal of Hydraulic Research.
- ANA. (2020). *Tratamiento del cauce del río Piura para el control de inundaciones*.
- Barboza Quispe, J. C. (2018). *Influencia de las defensas ribereñas en el nivel de vulnerabilidad de las viviendas aledañas al Río Chillón, Callao 2018*. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Cesar Vallejo, Lima - Peru.
- Cadena Rivera, J. S., & Villegas Zuleta, A. F. (2017). *Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamoso, Boyacá*. Tesis para la obtención de Ingeniero Ambiental y Sanitario, Bogota - Peru.
- CENEPRED. (2018). *Escenarios de riesgos por lluvias intensas*. Lima - Peru.
- Chow, V. (1959). *Open-channel hydraulics*. McGraw-Hill.
- ENFEN. (2017). *Informe técnico extraordinario del Niño costero 2017*. Lima - Peru.
- FLUMEN. (2016). *Manual de utilización del programa HEC-HMS*. Barcelona - España.
- Mayhuire Uquichi, A. (2018). *Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna*. Monografía técnica para la obtención del título de Ingeniero de Mecánica de Fluidos, Universidad Mayor de San Marcos, Lima - Peru.
- Meza Verastegui, Y. S. (2019). *Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Tarma en el sector de Santo Domingo- Palca-Tarma*. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Católica Sedes Sapientiae, Tarma - Peru.
- MTC. (2015). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima - Peru.



- Otiniano Arribasplata, D. A., & Cielo Saldaña, J. V. (2016). *Diseño hidraulico y estructural de la defensa ribereña en el rio Nepeña, sector puente huambacho - distrito Nepeña - Santa - Ancash*. Tesis para optar el titulo de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Santa, Nuevo Chimbote - Peru.
- Ponce, M. (2021). *Flujo permanente vs flujo no permanente en Hec Ras*. Obtenido de [http://ponce.sdsu.edu/cuentos\\_flujo\\_permanente\\_flujo\\_nopermanente.html](http://ponce.sdsu.edu/cuentos_flujo_permanente_flujo_nopermanente.html)
- Quiroz Alarco, G. R., & Robles Rebaza, C. G. (2021). *Propuesta de diseño hidraulico del puente Santa Lucia y defensa ribereña del rio Moche, desde el puente Santa Lucia hasta la bocatoma Santa Lucia, de la provincia de Trujillo - La Libertad*. Tesis para la obtencion de titulo de Ingeniero Civil, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo - Peru.
- Rocha Felices, A. (2016). *Introduccion a la Hidraulica de obras viales*. Lima.
- Rocha Felices, A. (2017). *La morfologia fluvial y su incidencia en la estabilidad de obras viales*. Lima - Peru.
- Vide, M. (2009). *Ingenieria de Rios*. Cataluña - España.

## ANEXOS

### Anexo 1.- Data bruta de la estación Alamor

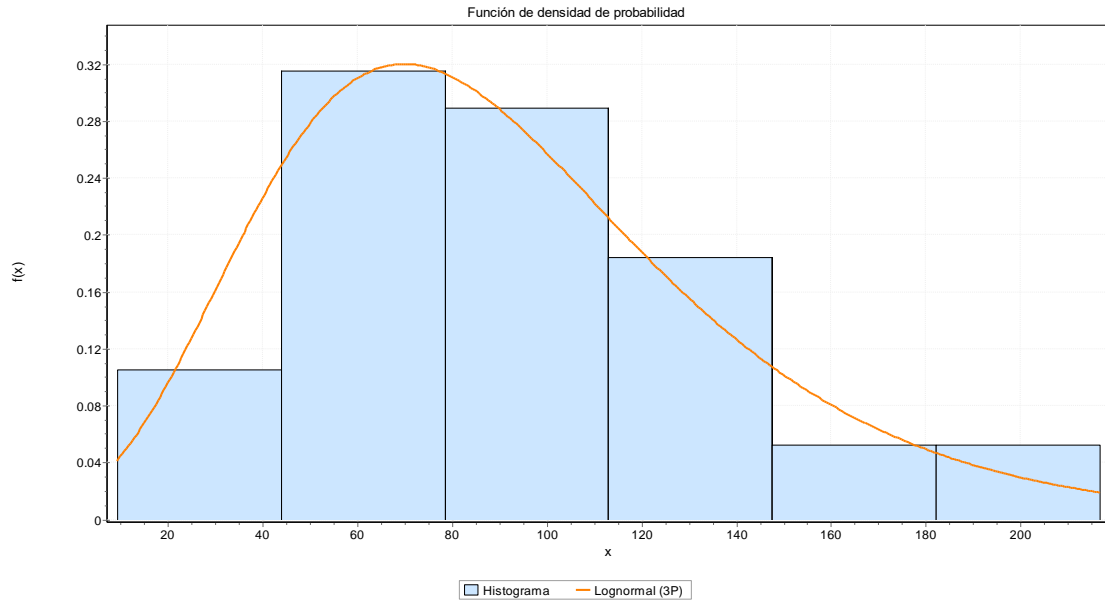
Alamor												
Año	Meses											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC
1997												85.5
1998	487.1	900.9	782.8	573.8	72.2							
1999		331.7	155	52	19	4.6	0	0	0.1	0.5	0	0
2000	22.7	119.8	130.8	176.6	13.1	3.6	0	0	0	0	0	32.7
2001	100.7	123.9	603.2	145.7	0.4	0	0	0	0	2	1	6.3
2002	0	62.6	591.5	252.4	0	0	0	0	0	1.6	0.4	6.6
2003	7.7	81.5	31.4	6.7	0	0	0	0	0	0	3.1	19.2
2004	23.6	44.1	42.8	16.8	1.3	0	2.3	0	0	6.7	0	2.9
2005	0	13.3	222.9	0	0	0.9	0	0	0	0	0	1.1
2006	43	342.6	260	27.7	0	0	0	0	0	0	0.9	2.9
2007	59.4	2	111	27.2	0	0	0	0	0	0	0.9	1.9
2008	68.5	376.4	491.5	42.6	0.7	0.7	0	0	0	3.7	6.6	0
2009		128.2	229.9	1.2	14.2	0	0	0	0	0	3.5	0.2
2010	7.2	96.2	232.5	38.7	31.6	0	0	0	0	3.2	2.1	0
2011	3.7	6.6	8.8	55.8	0	3.2	0	0	1.1	0	0.9	0
2012	34.4	590.5	273	163.7	0	0	0	0	0	1.8	11.3	5.4
2013	7.8	1.3	102.8	2.3	10.6	0	0	0	0	0.8	0	6
2014	0	11.3	14.4	2.4	17.6	0	0	0	0	2.8	0	3.4
2015	10	25.9	498.8	30.3	6.5	0	0	0	0	0	4.7	0
2017	158	426.8	970.4					0.1	0	3.8	0.9	0.9

### Anexo 2.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Alamor

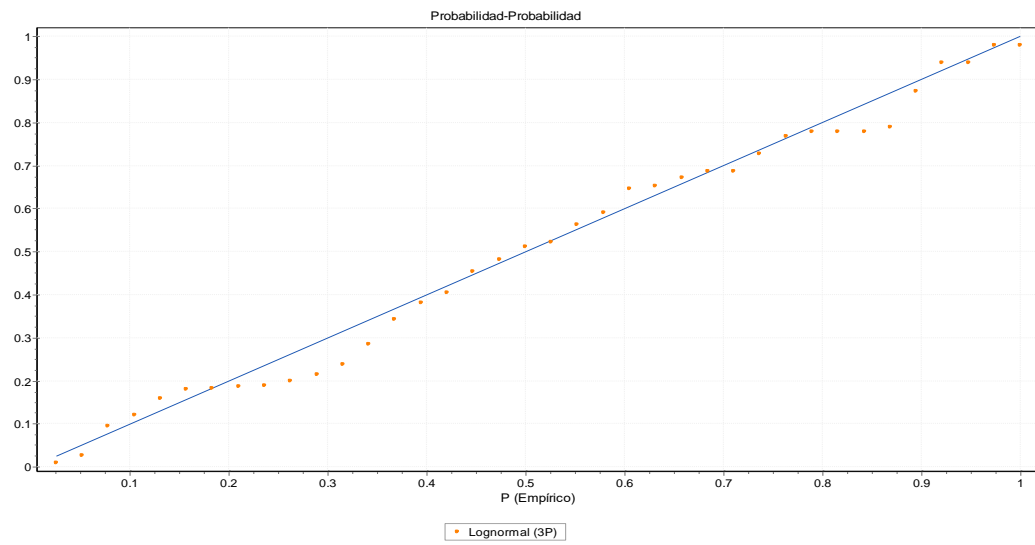
#### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
9	Lognormal (3P)	0.07969	1	0.26998	2	2.974	4
3	Gamma	0.08118	2	0.31304	5	4.1496	6
5	Gen. Extreme Value	0.0814	3	0.26436	1	3.0843	5
6	Gumbel Max	0.08156	4	0.28095	4	4.2852	7
4	Gamma (3P)	0.08475	5	0.27408	3	2.9067	3
8	Lognormal	0.09059	6	0.62505	7	5.5896	8
7	Log-Pearson 3	0.10922	7	0.49569	6	0.48851	1
10	Normal	0.11281	8	0.67345	8	1.3538	2
2	Exponential (2P)	0.24908	9	3.7273	9	13.056	9
1	Exponential	0.28458	10	3.9376	10	14.258	10

### Anexo 3.- Distribuciones probabilística e Histograma - Alamor



### Anexo 4.- Probabilidad de precipitación – Alamor



## Anexo 5.- Propiedades estadísticas - Alamor

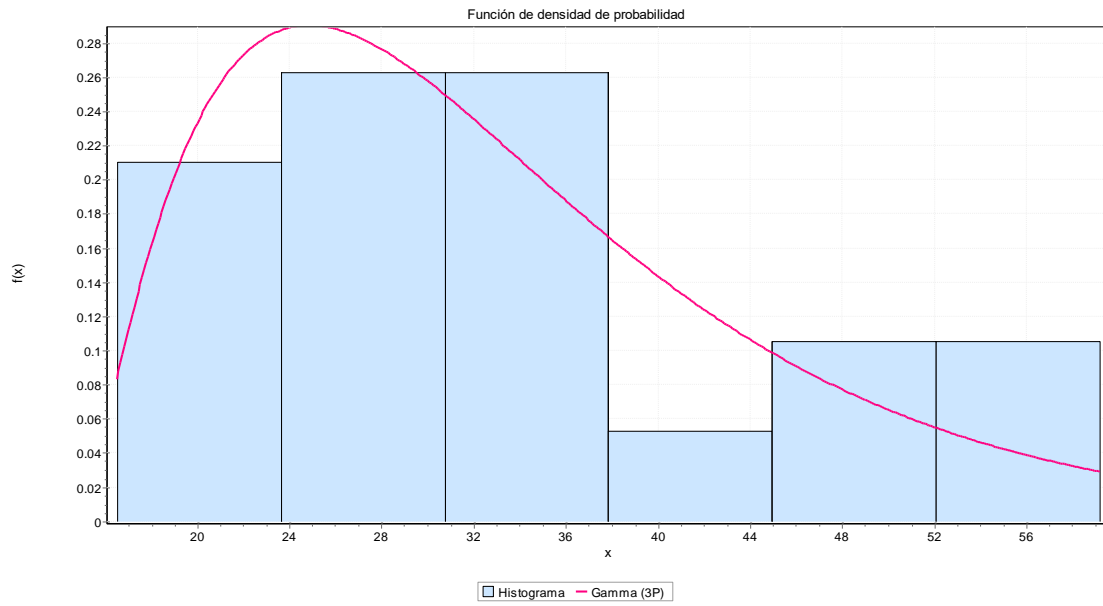
Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	-55.752	Densidad	4.1130E-4
Max	+INF	Densidad acum.	0.0024
Moda	69.875	Supervivencia	0.9976
Media	91.526	Riesgo	4.1229E-4
Varianza	2425.6	Riesgo acum.	0.0024
Desv. est.	49.25	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.5381	P	0.992857143
Asimetría	1.0406	x(P)	254.38
Curtosis	1.9853		

## Anexo 6.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Arrendamiento

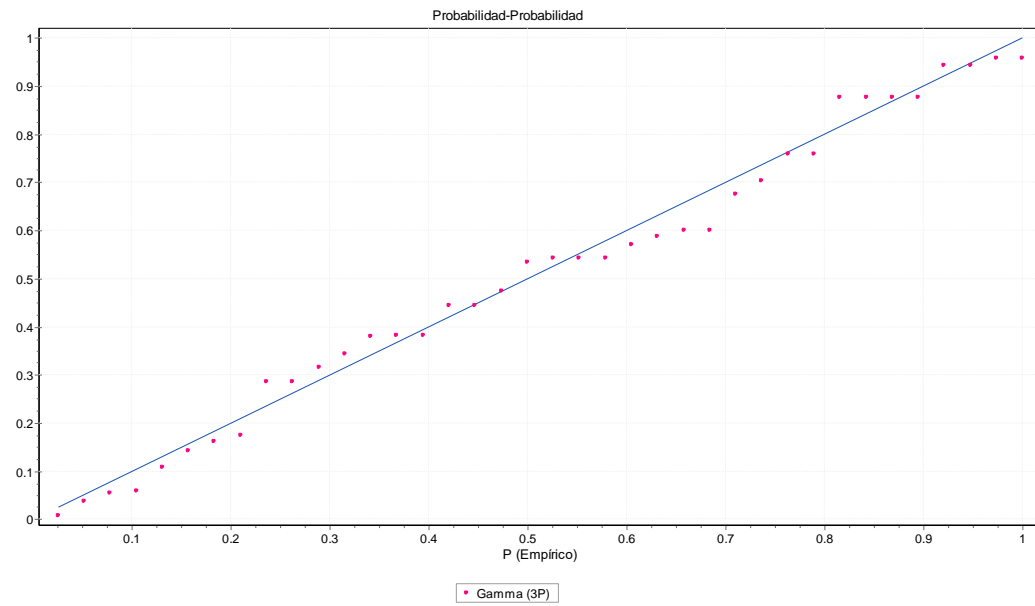
### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
4	Gamma (3P)	0.08791	1	0.29111	2	1.0156	2
9	Lognormal (3P)	0.09344	2	0.2875	1	1.4935	7
5	Gen. Extreme Value	0.09447	3	0.29288	3	1.2651	5
7	Log-Pearson 3	0.09524	4	0.29718	4	1.3231	6
6	Gumbel Max	0.10273	5	0.34327	5	1.2278	3
8	Lognormal	0.10468	6	0.35911	6	1.2312	4
3	Gamma	0.12615	7	0.46494	7	0.84274	1
10	Normal	0.17334	8	1.0688	8	5.6328	9
2	Exponential (2P)	0.18873	9	2.1339	9	2.5096	8
1	Exponential	0.39228	10	7.7958	10	39.519	10

## Anexo 7.- Distribuciones probabilística e Histograma - Arrendamiento



## Anexo 8.- Probabilidad de precipitación - Arrendamiento



## Anexo 9.- Propiedades estadísticas - Arrendamiento

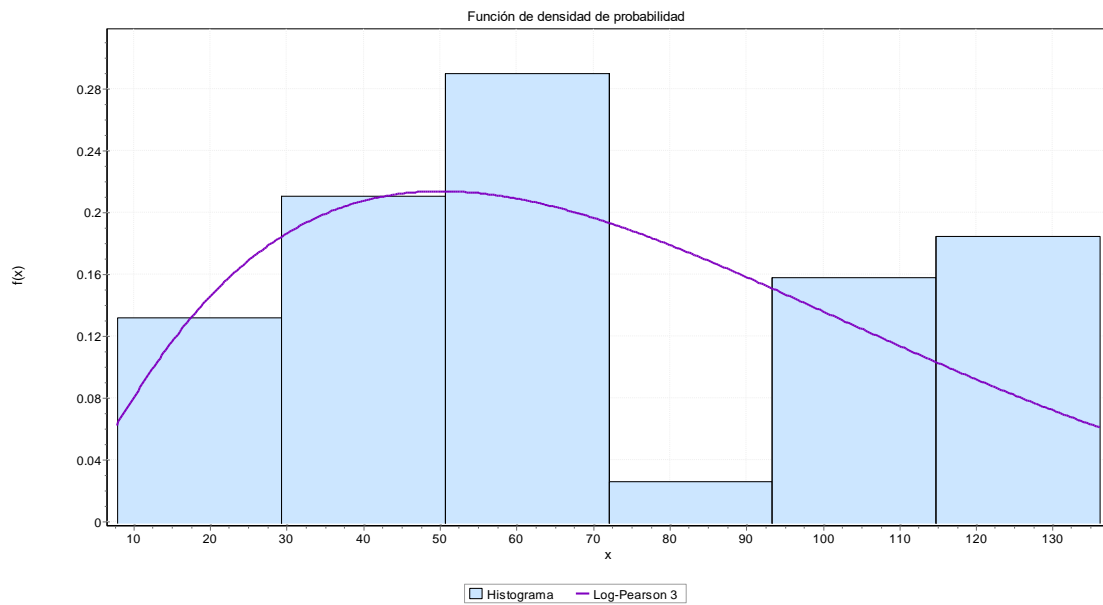
Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	15.12	Densidad	N/A
Max	+INF	Densidad acum.	N/A
Moda	24.863	Supervivencia	N/A
Media	33.376	Riesgo	N/A
Varianza	155.42	Riesgo acum.	N/A
Desv. est.	12.467	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.37352	P	0.992857143
Asimetría	1.3658	x(P)	77.239
Curtosis	2.7981		

## Anexo 10.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Chilaco

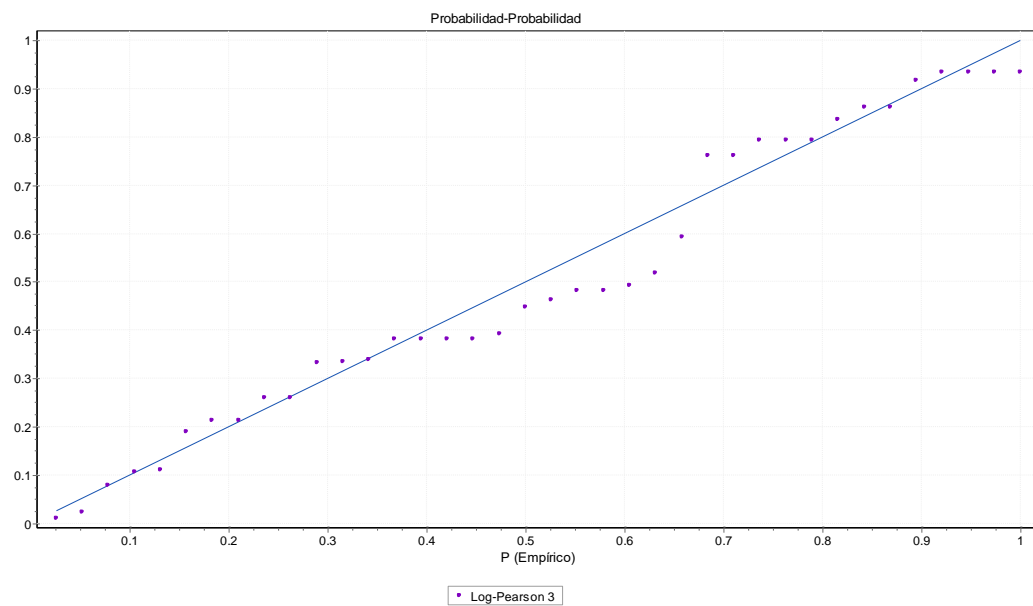
### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
7	Log-Pearson 3	0.11309	1	0.50383	1	3.5489	5
5	Gen. Extreme Value	0.12174	2	0.59751	3	6.8875	8
8	Lognormal	0.1273	3	0.81222	7	0.55567	2
4	Gamma (3P)	0.12877	4	0.56314	2	3.5769	6
9	Lognormal (3P)	0.13134	5	0.60256	4	0.70364	3
3	Gamma	0.13757	6	0.69226	5	0.26037	1
6	Gumbel Max	0.14401	7	0.70306	6	0.98524	4
10	Normal	0.16157	8	0.98545	8	4.4444	7
2	Exponential (2P)	0.21765	9	3.2321	9	7.6594	9
1	Exponential	0.25236	10	3.5184	10	19.675	10

## Anexo 11.- Distribuciones probabilística e Histograma - Chilaco



## Anexo 12.- Probabilidad de precipitación - Chilaco



### Anexo 13.- Propiedades estadísticas - Chilaco

Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	0	Densidad	0
Max	218.3	Densidad acum.	0
Moda	50.151	Supervivencia	1
Media	71.132	Riesgo	0
Varianza	1496.5	Riesgo acum.	0
Desv. est.	38.685	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.54385	P	0.992857143
Asimetría	0.53533	x(P)	174.15
Curtosis	-0.2859		

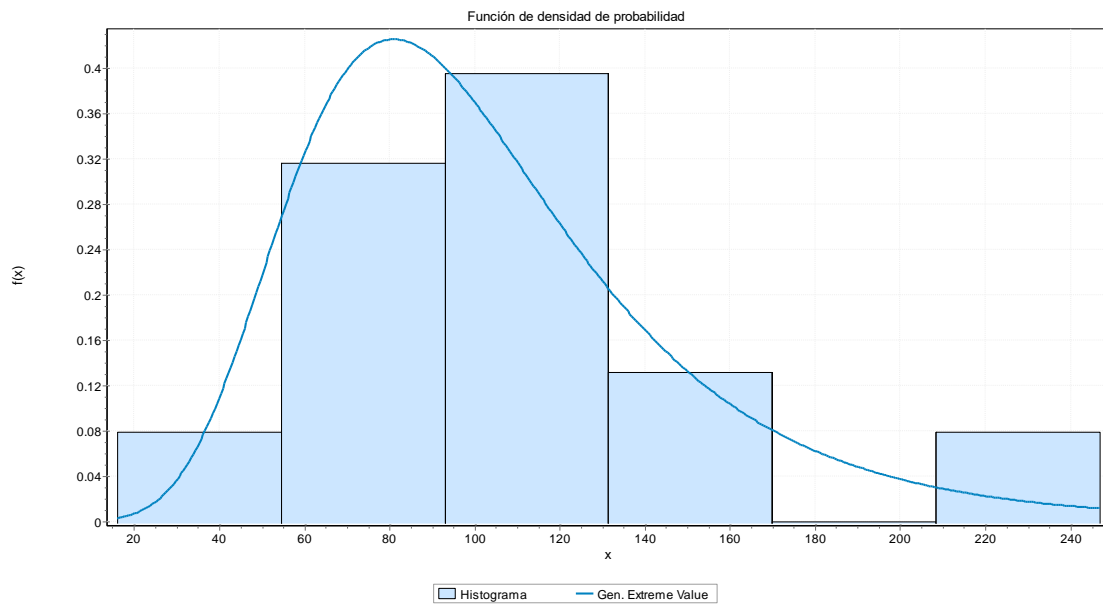
### Anexo 14.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - El Ciruelo

#### Bondad de ajuste - Resumen

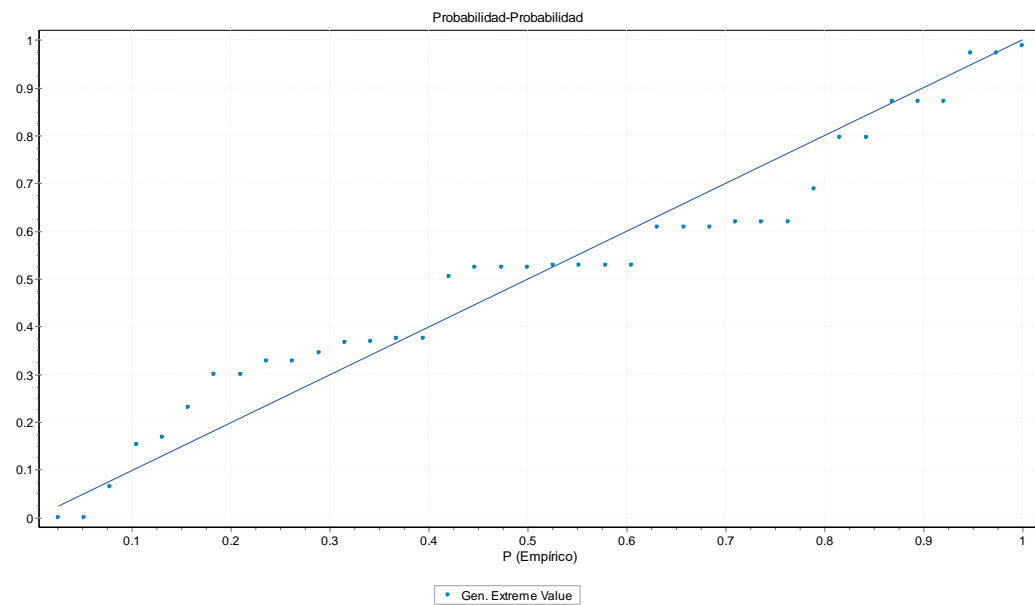
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
5	Gen. Extreme Value	0.14508	1	1.15	3	11.575	5
6	Gumbel Max	0.16037	2	1.1225	1	10.65	4
3	Gamma	0.17157	3	1.326	5	13.537	6
9	Lognormal (3P)	0.183	4	1.147	2	7.3593	3
4	Gamma (3P)	0.18923	5	1.2168	4	7.3377	2
8	Lognormal	0.19808	6	1.852	7	16.074	7
10	Normal	0.23095	7	1.7527	6	2.3804	1
7	Log-Pearson 3	0.24278	8	12.734	10	N/A	
2	Exponential (2P)	0.34029	9	5.9949	8	31.181	8
1	Exponential	0.37027	10	6.5612	9	62.315	9



## Anexo 15.- Distribuciones probabilística e Histograma - El Ciruelo



## Anexo 16.- Probabilidad de precipitación - El ciruelo



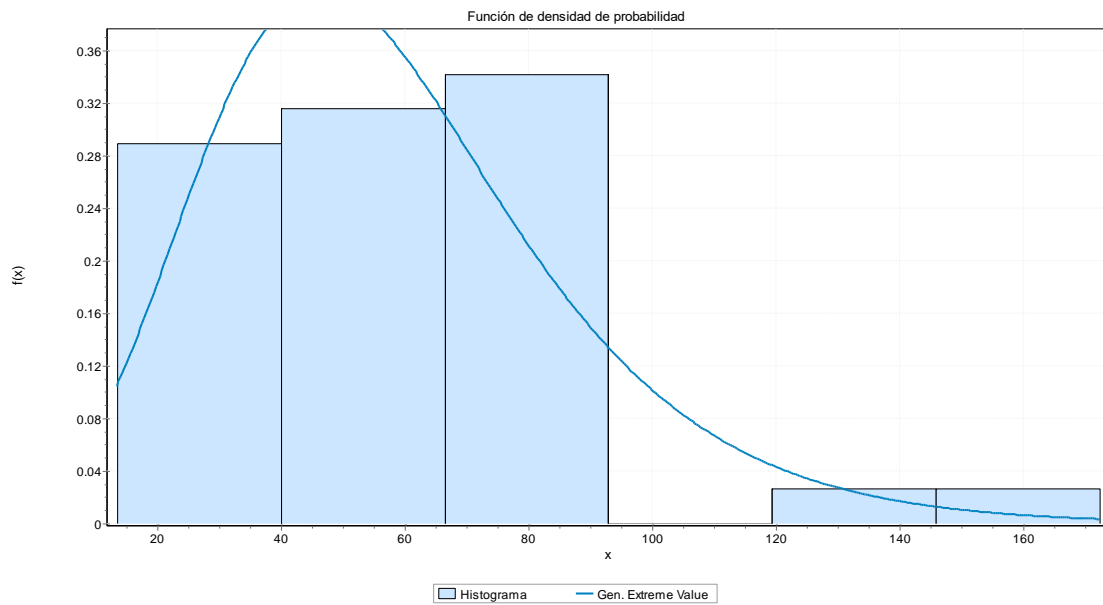
## Anexo 17.- Propiedades estadísticas - El Ciruelo

Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	-555.77	Densidad	3.3697E-7
Max	+INF	Densidad acum.	6.9045E-7
Moda	80.997	Supervivencia	1.0
Media	103.79	Riesgo	3.3697E-7
Varianza	2125.7	Riesgo acum.	6.9045E-7
Desv. est.	46.105	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.44423	P	0.992857143
Asimetría	-1.4913	x(P)	270.84
Curtosis	4.4528		

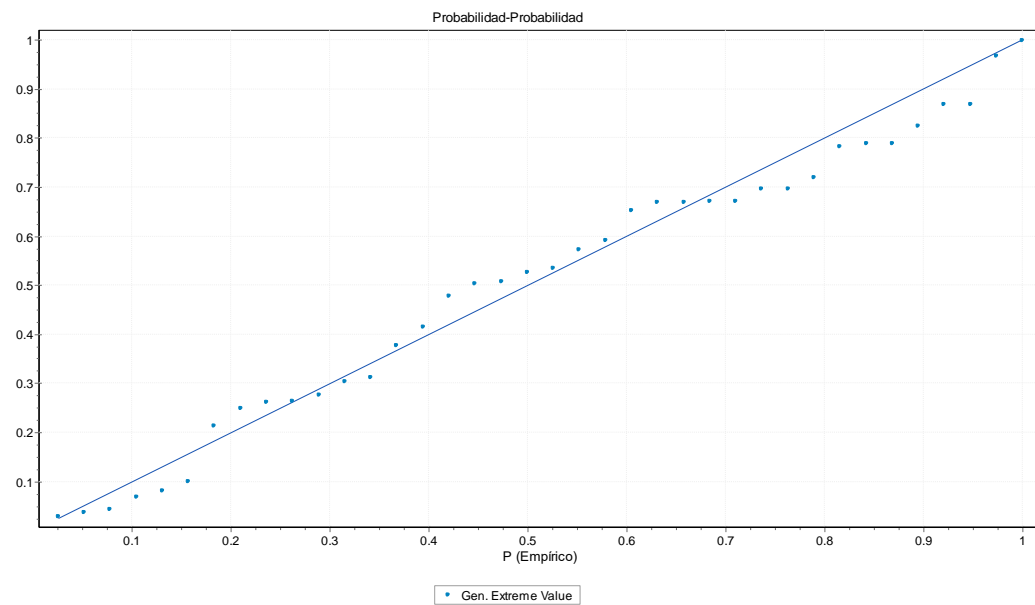
## Anexo 18.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Frías

Bondad de ajuste - Resumen							
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
5	Gen. Extreme Value	0.08203	1	0.4251	1	2.0221	7
7	Log-Pearson 3	0.09215	2	0.54557	5	0.61268	1
9	Lognormal (3P)	0.09221	3	0.46711	2	1.2112	5
6	Gumbel Max	0.09726	4	0.48047	3	1.2399	6
4	Gamma (3P)	0.09808	5	0.53649	4	1.1694	2
3	Gamma	0.10089	6	0.551	6	1.1894	4
10	Normal	0.1206	7	0.76366	7	3.2463	8
8	Lognormal	0.13218	8	0.8951	8	1.1803	3
2	Exponential (2P)	0.22784	9	3.1105	9	4.8886	9
1	Exponential	0.29139	10	4.8039	10	23.45	10

## Anexo 19.- Distribuciones probabilística e Histograma - Frías



## Anexo 20.- Probabilidad de precipitación - Frías



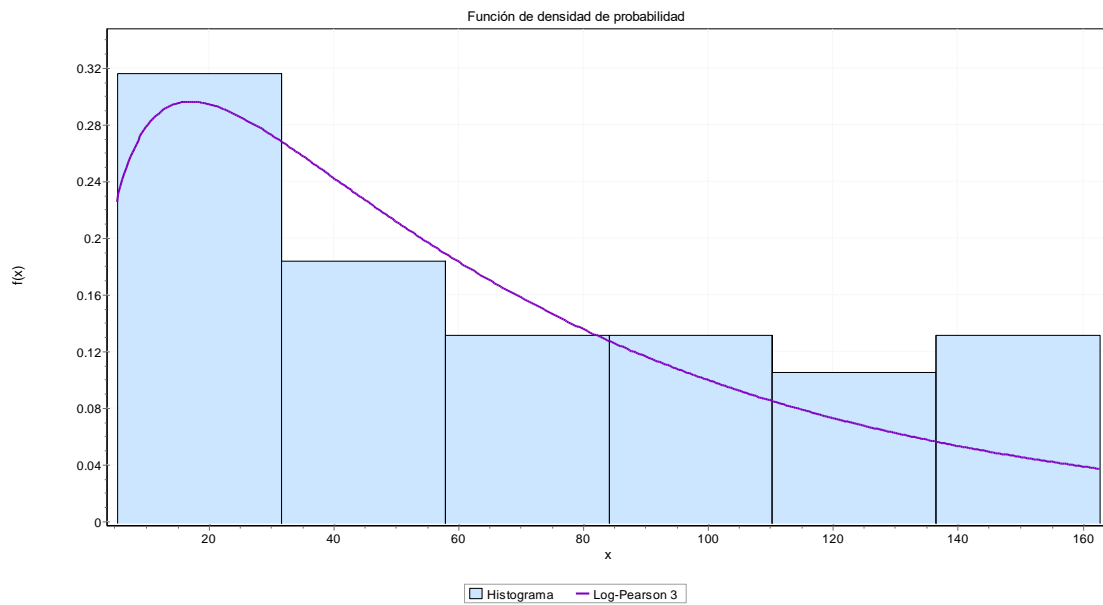
## Anexo 21.- Propiedades estadísticas - Frías

Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	-INF	Densidad	5.9569E-4
Max	496.75	Densidad acum.	0.00267
Moda	46.432	Supervivencia	0.99733
Media	57.834	Riesgo	5.9729E-4
Varianza	843.55	Riesgo acum.	0.00268
Desv. est.	29.044	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.50219	P	0.992857143
Asimetría	0.85067	x(P)	149.97
Curtosis	1.2069		

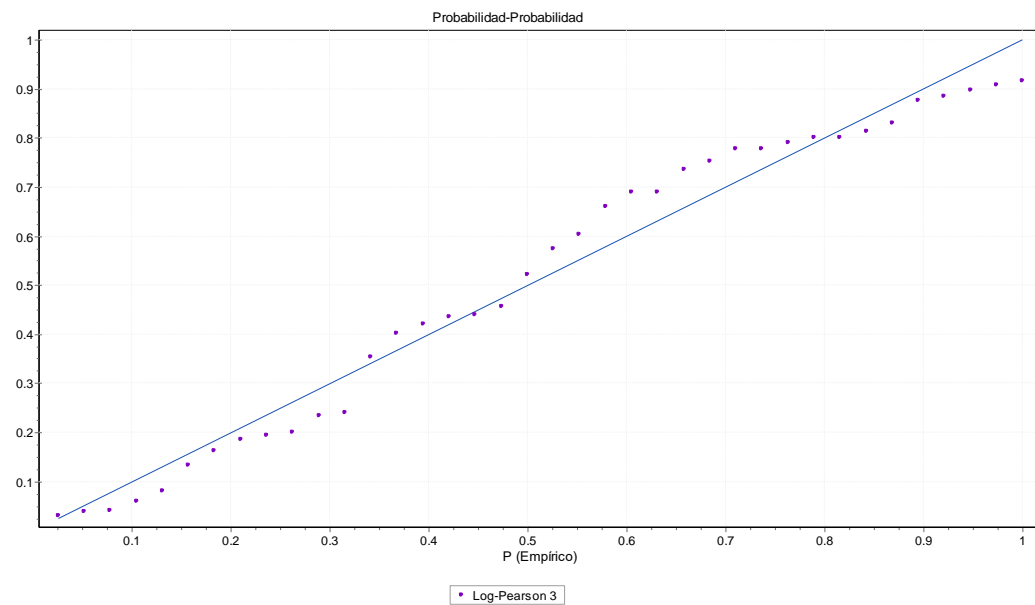
## Anexo 22.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Lancones

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
7	Log-Pearson 3	0.11046	1	0.60692	1	2.1875	3
5	Gen. Extreme Value	0.11787	2	0.66377	2	3.2148	5
1	Exponential	0.12692	3	0.97441	6	2.12	2
9	Lognormal (3P)	0.12707	4	0.82531	3	4.6999	8
2	Exponential (2P)	0.13096	5	1.6952	10	3.162	4
4	Gamma (3P)	0.13524	6	1.3713	9	1.492	1
10	Normal	0.13864	7	0.87077	4	3.571	6
6	Gumbel Max	0.14207	8	0.97028	5	5.4584	9
8	Lognormal	0.14211	9	1.0941	7	3.7759	7
3	Gamma	0.14471	10	1.3343	8	8.8098	10

## Anexo 23.- Distribuciones probabilística e Histograma - Lancones



## Anexo 24.- Probabilidad de precipitación - Lancones



## Anexo 25.- Propiedades estadísticas - Lancones

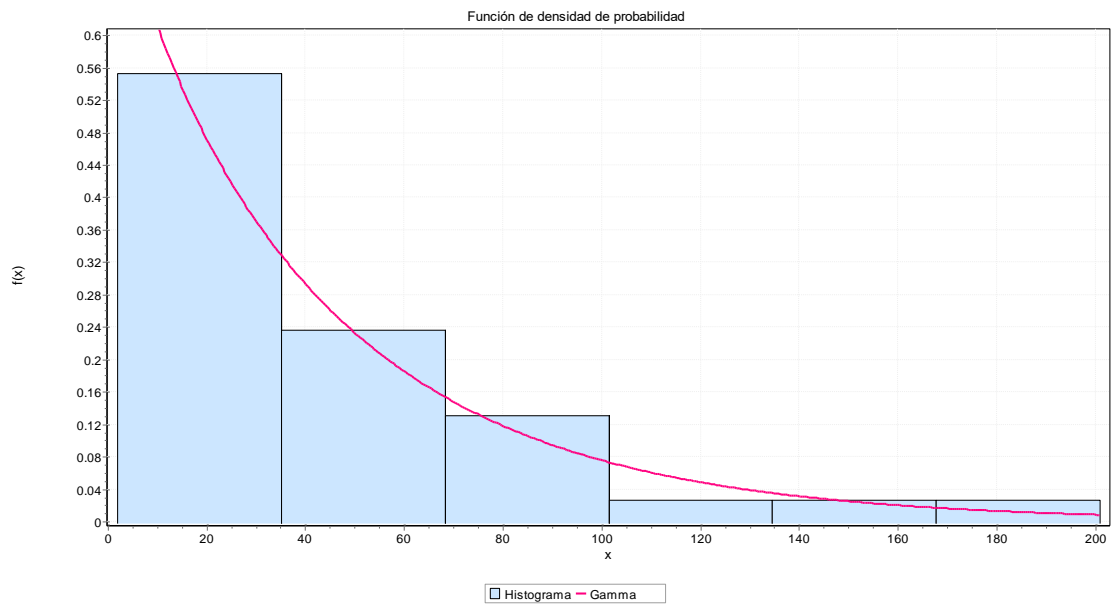
Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	0	Densidad	0
Max	775.14	Densidad acum.	0
Moda	17.154	Supervivencia	1
Media	70.194	Riesgo	0
Varianza	3732.6	Riesgo acum.	0
Desv. est.	61.095	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.87037	P	0.992857143
Asimetría	1.6769	x(P)	299.64
Curtosis	3.7266		

## Anexo 26.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Mallares

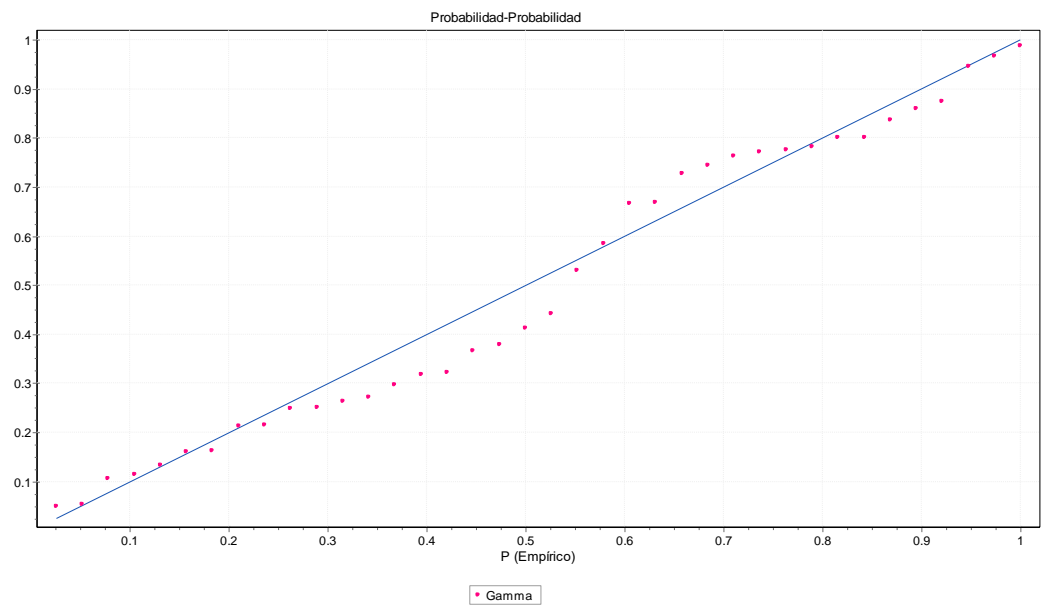
### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
3	Gamma	0.09819	1	0.44455	2	3.641	5
4	Gamma (3P)	0.11141	2	0.85253	6	0.93728	3
1	Exponential	0.11181	3	0.5	3	5.4635	7
7	Log-Pearson 3	0.11813	4	0.42774	1	0.98128	4
5	Gen. Extreme Value	0.1293	5	0.86748	7	5.8153	9
2	Exponential (2P)	0.13097	6	1.6083	9	6.9417	10
9	Lognormal (3P)	0.13373	7	0.50832	4	0.5069	1
8	Lognormal	0.13373	8	0.50832	5	0.5069	2
6	Gumbel Max	0.15784	9	1.2415	8	3.9526	6
10	Normal	0.19063	10	2.1045	10	5.6582	8

## Anexo 27.- Distribuciones probabilística e Histograma - Mallaes



## Anexo 28.- Probabilidad de precipitación - Mallaes



## Anexo 29.- Propiedades estadísticas - Mallares

Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	0	Densidad	+INF
Max	+INF	Densidad acum.	0
Moda	0	Supervivencia	1
Media	43.247	Riesgo	+INF
Varianza	1994.3	Riesgo acum.	0
Desv. est.	44.658	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	1.0326	P	0.992857143
Asimetría	2.0652	x(P)	221.08
Curtosis	6.3978		

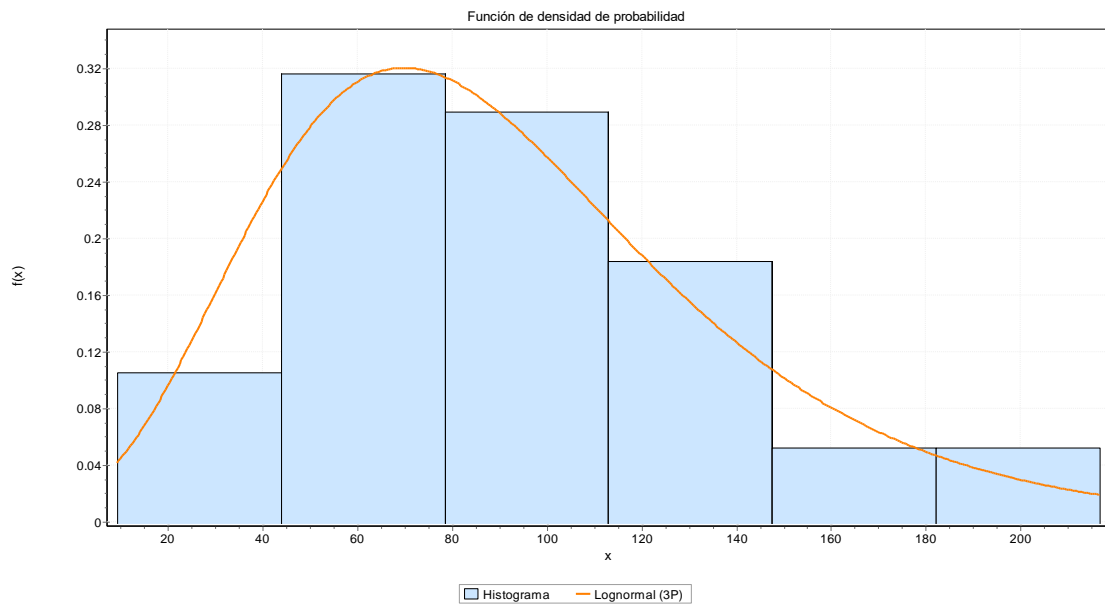
## Anexo 30.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Partidor

### Bondad de ajuste - Resumen

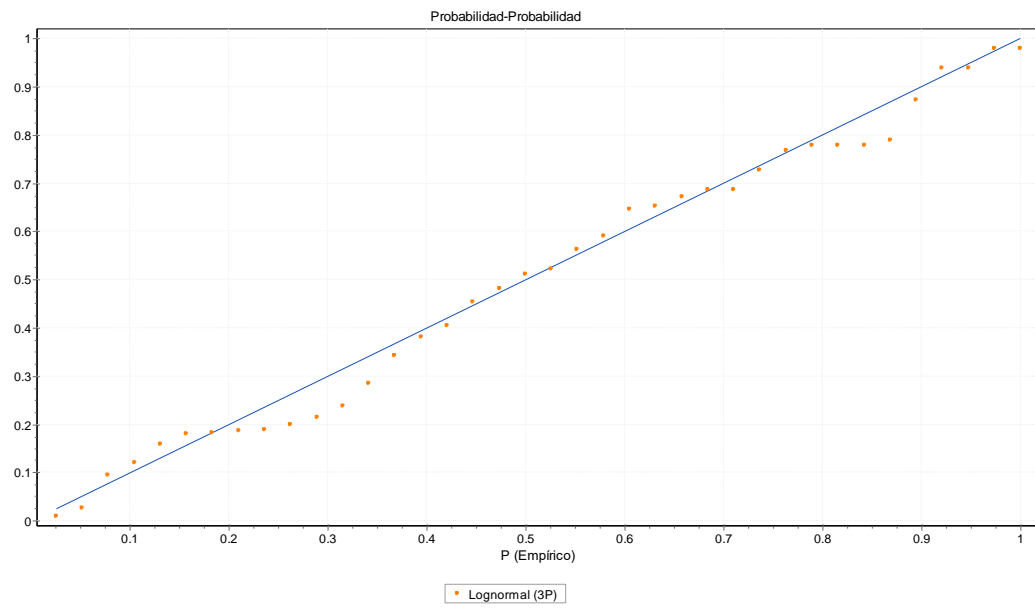
#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
9	Lognormal (3P)	0.07969	1	0.26998	2	2.974	4
3	Gamma	0.08118	2	0.31304	5	4.1496	6
5	Gen. Extreme Value	0.0814	3	0.26436	1	3.0843	5
6	Gumbel Max	0.08156	4	0.28095	4	4.2852	7
4	Gamma (3P)	0.08475	5	0.27408	3	2.9067	3
8	Lognormal	0.09059	6	0.62505	7	5.5896	8
7	Log-Pearson 3	0.10922	7	0.49569	6	0.48851	1
10	Normal	0.11281	8	0.67345	8	1.3538	2
2	Exponential (2P)	0.24908	9	3.7273	9	13.056	9
1	Exponential	0.28458	10	3.9376	10	14.258	10



### Anexo 31.- Distribuciones probabilística e Histograma - Partidor



### Anexo 32.- Probabilidad de precipitación - Partidor



Propiedades	
Dominio	Continuo
Min	-55.752
Max	+INF
Moda	69.875
Media	91.526
Varianza	2425.6
Desv. est.	49.25
Coef. de var.	0.5381
Asimetría	1.0406
Curtosis	1.9853

Funciones	
x	0
Densidad	4.1130E-4
Densidad acum.	0.0024
Supervivencia	0.9976
Riesgo	4.1229E-4
Riesgo acum.	0.0024

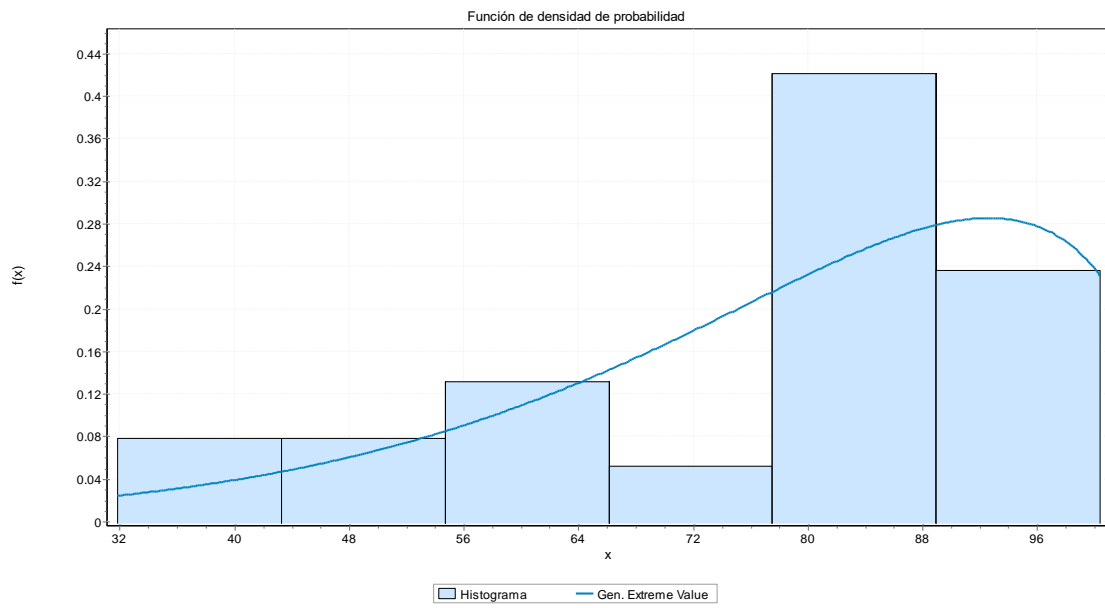
Función de distribución inversa	
P	0.992857143
x(P)	254.38

### Anexo 34.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Pte Internacional

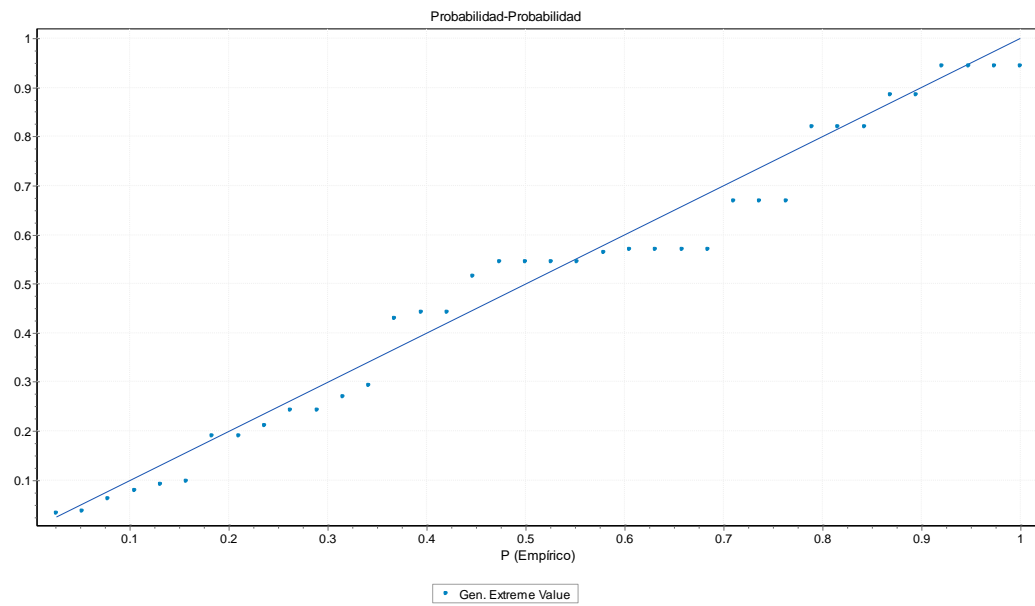
#### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
5	Gen. Extreme Value	0.1144	1	0.43992	1	0.78646	2
7	Log-Pearson 3	0.13134	2	0.75125	2	0.54106	1
9	Lognormal (3P)	0.18251	3	1.2779	4	13.599	9
10	Normal	0.18399	4	1.2359	3	13.454	8
4	Gamma (3P)	0.21177	5	1.6303	5	2.394	6
3	Gamma	0.21185	6	1.9998	6	2.2611	4
8	Lognormal	0.22383	7	2.1705	7	1.8927	3
6	Gumbel Max	0.24862	8	3.7552	8	2.357	5
2	Exponential (2P)	0.32137	9	6.655	9	10.912	7
1	Exponential	0.39085	10	10.035	10	24.823	10

### Anexo 35.- Distribuciones probabilística e Histograma - Pte Internacional



### Anexo 36.- Probabilidad de precipitación - Pte Internacional



### Anexo 37.- Propiedades estadísticas - Pte Internacional

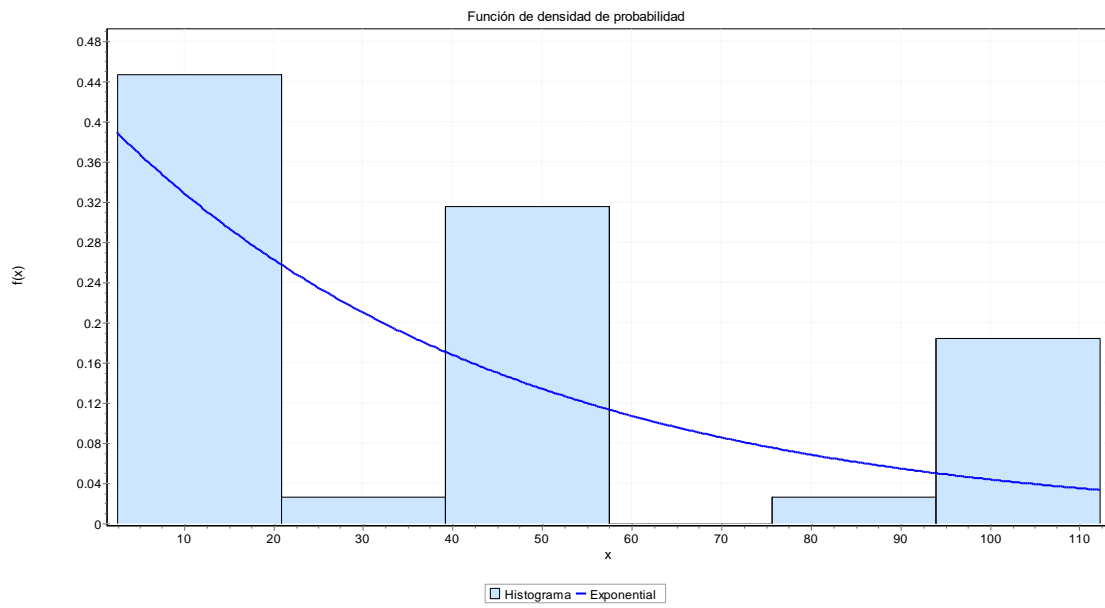
Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	-INF	Densidad	2.5682E-4
Max	104.09	Densidad acum.	0.00342
Moda	92.622	Supervivencia	0.99658
Media	77.163	Riesgo	2.5770E-4
Varianza	392.33	Riesgo acum.	0.00343
Desv. est.	19.807	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	0.25669	P	<b>0.992857143</b>
Asimetría	-1.2323	x(P)	103.27
Curtosis	1.9686		

### Anexo 38.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Pte Sullana

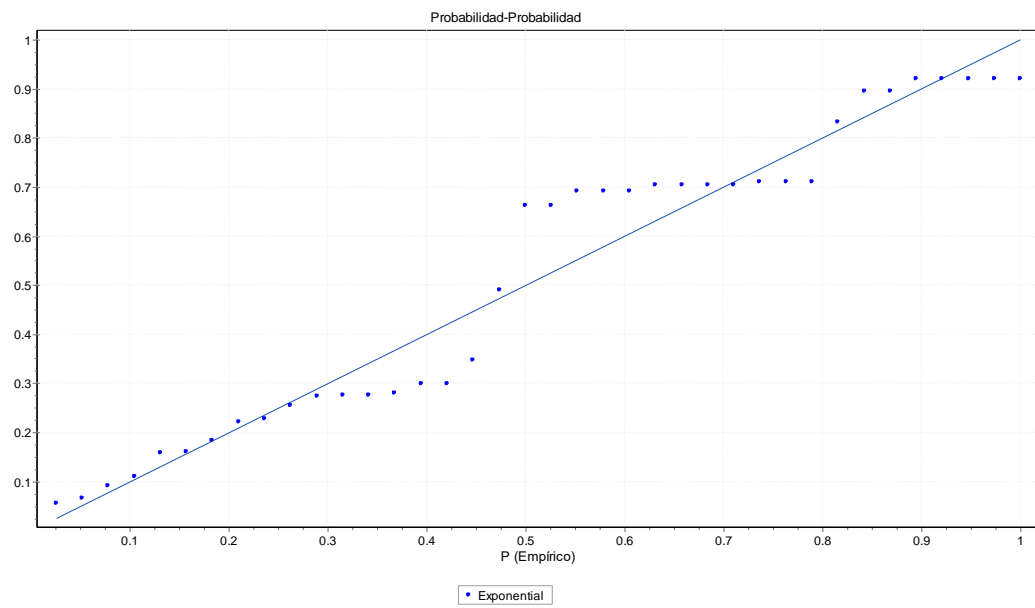
#### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
1	Exponential	0.18807	1	1.0076	1	2.6959	3
2	Exponential (2P)	0.18976	2	1.9923	8	2.6746	1
5	Gen. Extreme Value	0.19181	3	1.5128	5	8.4699	8
3	Gamma	0.19608	4	1.6406	7	2.8197	5
7	Log-Pearson 3	0.19736	5	1.0724	2	2.6833	2
6	Gumbel Max	0.19942	6	1.6015	6	11.38	9
10	Normal	0.20031	7	2.0305	9	6.2746	7
4	Gamma (3P)	0.21324	8	4.8925	10	N/A	
9	Lognormal (3P)	0.21918	9	1.2537	4	2.8019	4
8	Lognormal	0.22052	10	1.2485	3	2.8568	6

### Anexo 39.- Distribuciones probabilística e Histograma - Pte Sullana



### Anexo 40.- Probabilidad de precipitación - Pte Sullana



## Anexo 41.- Propiedades estadísticas - Puente Sullana

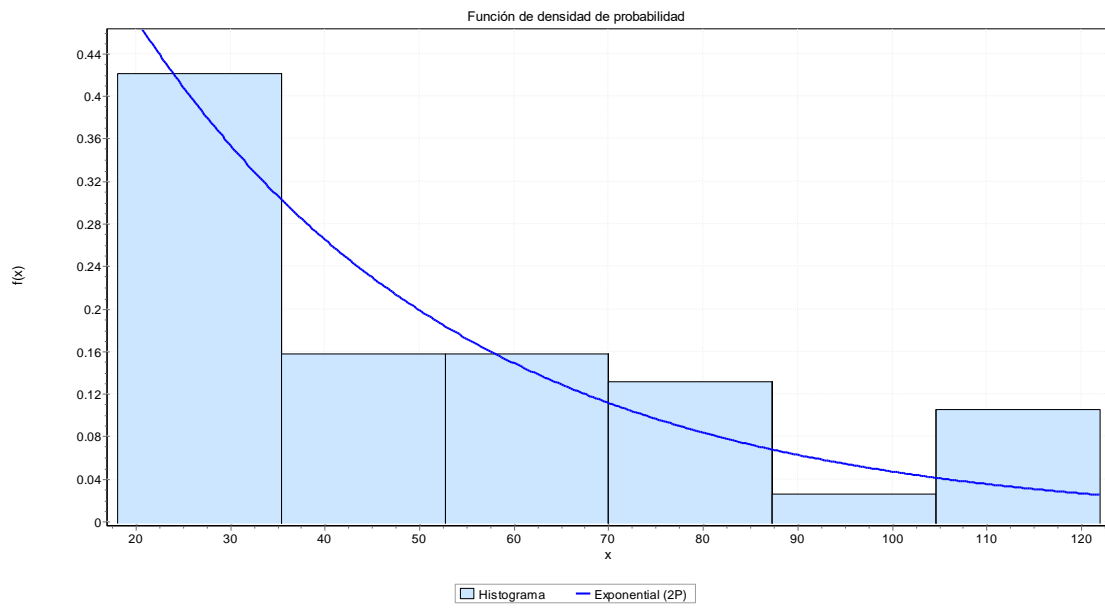
Propiedades		Funciones	
Dominio	Continuo	x	0
Min	0	Densidad	0.02249
Max	+INF	Densidad acum.	0
Moda	0	Supervivencia	1
Media	44.466	Riesgo	0.02249
Varianza	1977.2	Riesgo acum.	0
Desv. est.	44.466	Función de distribución inversa	
Coef. de var.	1.0	P	0.992857143
Asimetría	2	x(P)	219.73
Curtois	6		

## Anexo 42.- Distribuciones probabilística y prueba de ajuste - Sapillica

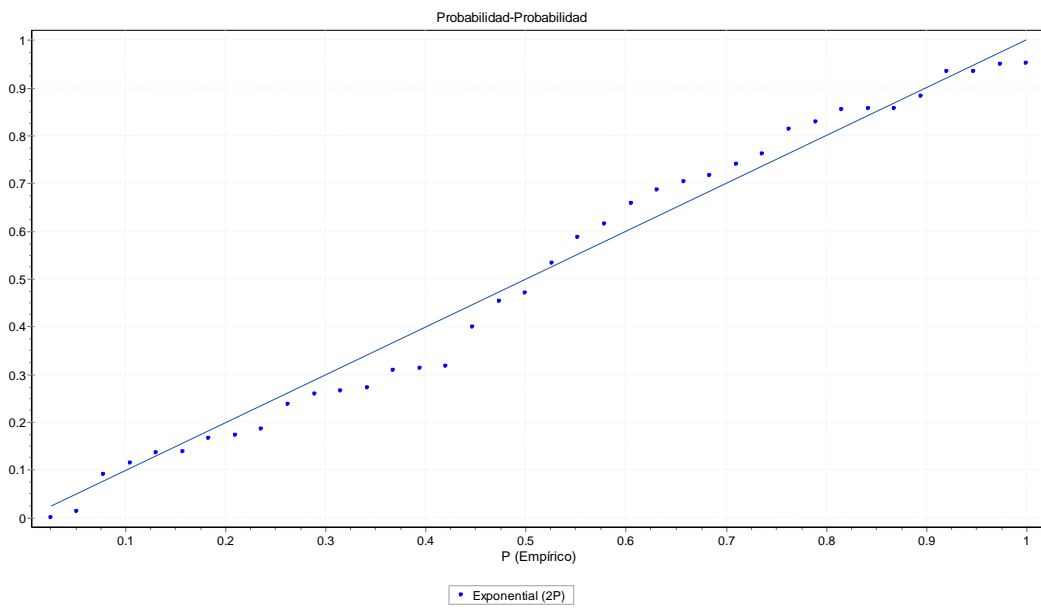
### Bondad de ajuste - Resumen

#	Distribución	Kolmogorov Smirnov		Anderson Darling		Chi-cuadrado	
		Estadística	Rango	Estadística	Rango	Estadística	Rango
2	Exponential (2P)	0.10409	1	1.217	7	4.1405	5
9	Lognormal (3P)	0.1053	2	0.5484	1	2.8176	2
4	Gamma (3P)	0.12349	3	4.6558	10	N/A	
7	Log-Pearson 3	0.14399	4	0.70046	2	3.1123	3
5	Gen. Extreme Value	0.14946	5	0.78764	5	4.2202	6
3	Gamma	0.14959	6	0.77182	3	1.9255	1
8	Lognormal	0.15348	7	0.78124	4	4.5659	8
6	Gumbel Max	0.16408	8	0.94071	6	3.172	4
10	Normal	0.17567	9	1.5237	8	4.4747	7
1	Exponential	0.28968	10	3.4714	9	6.9398	9

### Anexo 43.- Distribuciones probabilística e Histograma - Sapollica



### Anexo 44.- Probabilidad de precipitación - Sapollica



## Anexo 45.- Propiedades estadísticas - Sapollica

Propiedades	
Dominio	Continuo
Min	18.0
Max	+INF
Moda	18.0
Media	52.626
Varianza	1199.0
Desv. est.	34.626
Coef. de var.	0.65797
Asimetría	2
Curtosis	6

Funciones	
x	0
Densidad	N/A
Densidad acum.	N/A
Supervivencia	N/A
Riesgo	N/A
Riesgo acum.	N/A

Función de distribución inversa	
P	0.992857143
x(P)	189.11