

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Análisis hidráulico e hidrológico para identificar zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa**

Alex Florez Calachua  
Alan Patrik Linares Checca

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**ASESOR**

Ma. Ing. EDINSON JOSE PORRAS ARROYO

## AGRADECIMIENTOS

*Queremos enaltecer ante todo a nuestro creador, por encaminarnos en el camino correcto y espiritual para llevar a cabo nuestra Tesis de Grado.*

*Asimismo, deseamos mostrar nuestro agradecimiento especial a todas aquellas personas (familias y amigos), que estuvieron presentes en la realización de este proyecto de investigación, de este sueño tan importante para nosotros, enaltecer sus palabras de entusiasmo, sus conocimientos, sus consejos y su dedicación mostrada hacia nosotros.*

*Nuestros más sinceros calurosos agradecimientos a nuestro asesor de proyecto Ma. Ing. Edinson José Porras Arroyo, quien con su sabiduría y guía fue pieza clave para que pudiéramos llevar a cabo el desarrollo del proyecto, al igual que a la Universidad Continental S.A.C. por habernos permitido formar parte de esta gran familia.*

*Por último, queremos reconocer, a nuestras familias, en particular a nuestros queridos padres, amigos, quienes con sus palabras fueron posibles la culminación de este camino lleno de éxitos, muchas gracias por su tolerancia y comprensión, y sobre todo por su amor incondicional.*

*¡Muchas gracias por todo!*

## DEDICATORIA

*Este proyecto de investigación, está dedicado al esfuerzo y dedicación por nuestra parte, a nuestras familias, a nuestro asesor y a nuestros queridos jurados, quienes hicieron posible su finalización en todos los procesos de formulación del proyecto de investigación.*

*Así mismo al apoyo desinteresado de todas aquellas personas que nos acompañaron en el recorrido trabajoso de esta investigación, como fuente de soporte en momentos de angustia y desesperación, primero y antes que todo, dar gracias a nuestro todo poderoso, por haber estado con nosotros en cada etapa de nuestro proyecto, por fortalecer nuestro camino al éxito y por habernos puesto en nuestro camino a aquellas seres que han sido nuestro pilar y compañía durante todo el proceso de desarrollo de la tesis, a nuestro asesor Ma. Ing. Edinson José Porras Arroyo y nuestros estimados jurados, quienes con su vasta experiencia y conocimientos científicos nos guiaron al correcto desarrollo y culminación con éxito este proyecto de investigación para la obtención del grado de Ingeniero Civil, a través de ellos a la Universidad Continental S.A.C. : autoridades y docentes.*

## Índice de Contenidos

PORTADA .....	I
ASESOR .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
DEDICATORIA .....	IV
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	V
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	<u>XIII</u>
RESUMEN .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	XVI
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	1
1.1.1. Problema general.....	1
1.1.2. Problemas específicos .....	2
1.2. Objetivos .....	2
1.2.1. Objetivo general .....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificación e importancia.....	2
1.3.1. Justificación teórica.....	2
1.3.2. Justificación metodológica.....	3
1.3.4. Justificación de viabilidad.....	3
1.4. Hipótesis y descripción de variables .....	3
1.4.1. Hipótesis general .....	3
1.4.2. Hipótesis específicas .....	3
1.4.3. Descripción de variables .....	4
1.4.3.1. Variable independiente.....	4

1.4.3.1.1. Definición conceptual .....	4
1.4.3.1.2. Definición Teórica.....	4
1.4.3.2. Variable dependiente.....	5
1.4.3.2.1. Definición conceptual .....	5
1.4.3.2.2. Definición Teórica.....	5
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	7
2.1.1. Antecedente a nivel internacional .....	7
2.1.2. Antecedente a nivel nacional.....	8
2.1.3. Antecedentes a nivel local.....	10
2.2. Bases teóricas .....	12
2.2.1. Análisis hidrológico .....	12
2.2.1.1. Hidrología .....	12
2.2.1.2. La cuenca hidrográfica .....	13
2.2.1.3. Geomorfología de la cuenca.....	13
2.2.1.4. Modelación hidrológica.....	13
2.2.1.4.1. Clasificación de los modelos hidrológicos .....	13
2.2.1.5. Comportamiento hidrológico .....	14
2.2.2. Análisis hidráulico.....	14
2.2.2.1. Comportamiento hidráulico.....	14
2.2.2.2. El fenómeno de las inundaciones .....	14
2.2.2.3. Según su duración .....	15
2.2.2.3.1. Inundaciones rápidas o dinámicas .....	15
2.2.2.3.2. Inundaciones lentas o estáticas.....	15
2.2.2.4. Según el mecanismo de generación.....	15
2.2.2.4.1. Inundaciones pluviales .....	15

2.2.2.4.2. Inundaciones fluviales.....	15
2.2.2.4.3. Inundaciones por rotura.....	15
2.2.3. Zonas de riesgo .....	16
2.2.3.1. Criterios para la determinación del nivel de peligrosidad .....	16
2.2.3.1.1. Criterios recomendados para determinar el grado de peligrosidad .....	16
2.2.3.1.2. Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad o magnitud de la intensidad .....	16
2.2.3.1.3. Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia, recurrencia o período de retorno de la inundación.....	17
2.2.3.1.4 Determinación del nivel de peligrosidad.....	18
2.3. Definición de términos básicos .....	20
2.3.1. Sistemas de información geográfica.....	20
2.3.2. Softwares aplicados en el estudio.....	20
2.3.2.1. Global mapper .....	20
2.3.2.2. HidroEsta.....	20
2.3.2.3. AutoCAD Civil 3D 2021.....	20
2.3.2.4. Google earth pro.....	20
2.3.2.5. Hec-Ras .....	20
2.3.3. Resultados del procesamiento de softwares .....	21
2.3.3.1. Dem.....	21
2.3.3.2. Simulación hidráulica unidimensional .....	21
2.3.3.3. Perfil hidráulico.....	21
2.3.3.4. Cartografía.....	21
2.3.4. Datos climáticos .....	21
2.3.4.1. Precipitación.....	21
2.3.4.2. Escorrentía.....	22
2.3.4.3. Evapotranspiración.....	22



2.3.4.4. Infiltración.....	22
2.3.5. Período de retorno .....	22
2.3.6. Factores de riesgo.....	22
2.3.6.1. Inundación.....	22
2.3.6.2. Socavación .....	22
2.3.6.3. Defensa ribereña.....	22
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA .....</b>	<b>24</b>
3.1. Método, tipo y nivel de la investigación .....	24
3.1.1. Método de la investigación .....	24
3.1.2. Tipo de investigación .....	24
3.1.3. Nivel de la investigación .....	25
3.2. Diseño de la investigación.....	25
3.3. Población y muestra .....	25
3.3.1. Población.....	25
3.3.2. Muestra.....	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.4.1. Materiales de recolección de datos.....	25
3.4.2. Métodos de recolección de datos .....	26
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. Desarrollo del proyecto .....	28
4.1.1. Descripción de la sub-cuenca .....	28
4.1.1.1. Ubicación .....	28
4.1.1.2. Ubicación de la zona del proyecto .....	29
4.1.1.3. Identificación del área de estudio.....	29
4.1.1.3.1. Diagnóstico de la situación actual .....	29
4.1.1.3.2. Características de la subcuenca del río Capillamayo .....	30

4.1.2. Análisis estadístico.....	30
4.1.2.1. Datos recopilados .....	31
4.1.2.2. Análisis de consistencia .....	31
4.1.2.3. Análisis visual gráfico.....	31
4.1.3. Procedimiento para la delimitación hidrográfica de la subcuenca en estudio.....	31
4.1.3.1. Delimitación de la subcuenca hidrográfica con google earth pro y global mapper. ....	31
4.1.4. Resultado del tratamiento y análisis de la información.....	35
4.1.4.1. Información meteorológica .....	35
4.1.4.2. Cálculo hidráulico de la subcuenca Capillamayo.....	35
4.2. Discusión.....	37
4.2.1. Procedimiento para la determinación de caudales máximos.....	37
4.2.1.1. Distribución de frecuencia (frecuencia vs frecuencia acumulado).....	37
4.2.1.1.1. Análisis de frecuencia: normal.....	37
4.2.1.1.2. Análisis de frecuencia: log normal 2 parámetros .....	42
4.2.1.1.3. Ajuste serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III.....	48
4.2.1.1.4. Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel.....	53
4.2.1.1.5. Ajuste de una serie de datos a la distribución log Gumbel o distribución de Fréchet.....	59
4.3. Resultado.....	64
4.3.1. Distribución de las precipitaciones .....	64
4.3.2. Según el criterio de Dyck y Peschke .....	70
4.3.3. Cálculo de caudales máximos .....	72
4.3.4. Datos de control para realizar la simulación .....	79
4.3.4.1. Insertar datos del flujo.....	79
4.3.4.2. Desarrollo del mapa de zonas de riesgo del río Capillamayo .....	81
CONCLUSIONES .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93

ANEXO..... 94

## Índice De Tablas

Tabla 1. Registro de magnitud de inundaciones. ....	17
Tabla 2. Registro de magnitud de inundaciones.....	18
Tabla 3. Estratigrafía de grado de peligrosidad.....	19
Tabla 4. Cuadro de datos de la subcuenca.....	28
Tabla 5. Precipitaciones máximas 24 horas, 1964-2021. ....	36
Tabla 6. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov. ....	37
Tabla 7. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov. ....	42
Tabla 8. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov. ....	48
Tabla 9. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov. ....	53
Tabla 10. Resultado del Delta Teórico.....	64
Tabla 11. Según Distribución Normal.....	65
Tabla 12. Interpolación De Cálculo De Intensidades.....	69
Tabla 13. Según Distribución Normal.....	70
Tabla 14. Intensidades – Tiempo de Duración.....	71
Tabla 15. Hidrograma Intensidades – Tiempo de Duración.....	72
Tabla 16. Valores de curvas numero para áreas urbanas ....	73
Tabla 17. Tiempos de Concentración.....	74
Tabla 18. Distribución normal .....	76
Tabla 19. Tabla de Prevert (1986).....	77
Tabla 20. Reporte De Intensidades Con Referencia A Los Periodos De Retorno. ....	83

## Índice De Figuras

Figura 1. Ciclo Hidrológico. ....	12
Figura 2. Esquema gráfica de modelos hidrológicos. ....	14
Figura 3. Ubicación de la zona del proyecto. ....	29
Figura 4. Distrito de Coporaque. ....	30
Figura 5. Cuadrante 32S con formato 32S-curvas.shp y 32S-rios.shp. ....	32
Figura 6. Formato Shapefile 32S-rios.shp. ....	33
Figura 7. Generando la Subcuenca en Global Mapper. ....	33
Figura 8. Delimitación de la Subcuenca Sector Huayra – Humajala. ....	34
Figura 9. Ubicación de la Subcuenca del río Capillamayo. ....	34
Figura 10. Perímetro y Área en km <sup>2</sup> de la Subcuenca del Río Capillamayo. ....	35
Figura 11. Registro de Precipitaciones máximas en 24 Horas. ....	37
Figura 12. Datos Hidrometereológicos Normal. ....	41
Figura 13. Análisis de Frecuencia Normal. ....	41
Figura 14. Hidrograma Normal. ....	42
Figura 15. Datos Hidrometereológicos LogNormal. ....	46
Figura 16. Análisis de Frecuencia Log Normal 2 Parámetros. ....	47
Figura 17. Hidrograma Log Normal 2. ....	47
Figura 18. Datos Hidrometereológicos Log Pearson Tipo III. ....	52
Figura 19. Análisis de Frecuencia Log Pearson Tipo III. ....	52
Figura 20. Hidrograma Log Pearson Tipo III. ....	53
Figura 21. Datos Hidrometereológicos Distribución Gumbel. ....	57
Figura 22. Ajuste de una Serie de Datos a la Distribución Gumbel. ....	58
Figura 23. Hidrograma Distribución Gumbel. ....	58
Figura 24. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov. ....	59
Figura 25. Datos Hidrometereológicos Distribución Log Gumbel o Distribución de Fréchet. ....	63

Figura 26. Ajuste de una Serie de Datos a la Distribución Log Gumbel o Distribución de Fréchet. .....	63
Figura 27. Hidrograma Distribución Gumbel. ....	64
Figura 28. Insertando al software hec-hms CN, la, Lag Time y Tc y las 58 precipitaciones máximas .....	78
Figura 29. Ventana para ingresar los caudales máximos determinados por el método Normal.....	80
Figura 30. Generación de áreas de inundación y la simulación de flujo en el software HEC-RAS. .....	81
Figura 31. Hidrograma Río Capillamayo. ....	82
Figura 32. Sentido y Muestreo de eje del Río Capillamayo. ....	87

## **RESUMEN**

La presente investigación planteo como objetivo principal el de realizar un análisis hidráulico e hidrológico la que nos facilitó la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

Durante este proceso pudimos obtener una serie de resultados como un plano de inundaciones, caudales máximos con diferentes periodos de retorno (50, 100, 200 y 500 años), puntos críticos de deslizamiento, factores que nos favoreció en la identificación de zonas de riesgo en el cauce del río Capillamayo, mediante el uso de datos topográficos, datos hidrometereológicos facilitados por Senamhi, aplicación de métodos como Distribución Normal, verificación de resultados con HidroEsta 2, modelamiento en software y simuladores gráficos hidráulicos.

En conclusión podemos decir que el análisis hidráulico e hidrológico nos sirvió de manera significativa en la identificación de zonas de riesgo, investigación que dimos como un alcance técnico a la Municipalidad Distrital de Coporaque zona de influencia directa, para su consideración en proyectos que vea la entidad conveniente en realizar en dicho sector.

Palabras clave: Caudal Máximo, Delimitación, Periodo de Retorno, Zonas de Riesgo, Software.

## **ABSTRACT**

The main objective of this research was to carry out a hydraulic and hydrological analysis that facilitated the identification of risk areas of the Capillamayo River sub-basin in the Coporaque district, Caylloma province, Arequipa region.

During this process we were able to obtain a series of results such as a flood map, maximum flows with different return periods (50, 100, 200 and 500 years), critical landslide points, factors that favored us in the identification of risk zones in the bed of the Capillamayo river, through the use of topographic data, hydrometeorological data provided by senamhi, application of methods such as Distribution Normal, verification of results with HidroEsta 2, software modeling and hydraulic graphic simulators.

In conclusion, we can say that the hydraulic and hydrological analysis served us significantly in the identification of risk areas, an investigation that we gave as a technical scope to the District Municipality of Coporaque, direct area of influence, for its consideration in projects that the entity sees convenient to carry out in this sector.

Keywords: Maximum Flow, Delimitation, Return Period, Risk Zones, Software.



## INTRODUCCIÓN

Los recursos hídricos en nuestro país son elementos primordiales para el desenvolvimiento de las diferentes acciones económicas y de desarrollo social, pero lamentablemente por la falta de atención por nuestras autoridades y campesinos muchas veces estos recursos en vez de beneficiar ocasionan serios daños no solo a la infraestructura local sino también llevan consigo muerte de animales y a veces de seres humanos.

La atención temprana de estos fenómenos irregulares deberá de realizarse mediante un sustento técnico – académico, es ahí donde nuestro proyecto de investigación contribuye en la solución de este fenómeno controlable, por eso la importancia toma de datos y análisis hidráulico e hidrológico para la identificación de zonas de riesgo en el cauce del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

En este sentido, el presente trabajo de investigación considera los siguientes criterios para su desarrollo.

En el Capítulo I, podemos encontrar el planteamiento del estudio, los objetivos, las hipótesis y finalmente la descripción de variables que vendría ser el aspecto en el que está basado nuestro proyecto.

En el Capítulo II, se presenta los antecedentes del problema, bases teóricas y la definición de términos básicos, la que a su vez es el sustento académico y científico de la investigación realizada.

En el Capítulo III, está incluido el método, tipo y el alcance de la investigación, el diseño del proyecto, la población al igual que la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos y básicamente el desarrollo de la investigación con relación a la zona de influencia directa.

En el Capítulo IV, Se muestran los resultados del tratamiento, el análisis de la información y la discusión de resultados. Capítulo donde también se indica y se resalta los resultados obtenidos del proyecto en favor de nosotros y de la población del sector.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

#### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

El río Capillamayo se inicia en la desembocadura del sector de Huayra – Humajala, este río es producto de la unión de las diferentes ramificaciones las que a su vez son alimentadas por ojos de agua, deshielos y aguas subterráneas.

El problema se origina debido a la carencia de parámetros actualizados del fluido hídrico que circula por dicha zona, debido a esto no se ha podido establecer zonas de riesgo a inundación y deslizamientos, lo que ha originado daños a la población aledaña.

En ese sentido las inundaciones son fenómenos naturales ligados a las precipitaciones fluviales, que se presentan de manera indistinta en casi todas las regiones de nuestro país y que en la actualidad generan desastres terribles que da como resultado daños a propiedad ajena, pérdidas económicas, perjuicios a la infraestructura de los puentes y lo que es peor pérdida de vidas humanas.

Por lo tanto, el actual proyecto de investigación, busco realzar el desarrollo un análisis hidráulico e hidrológico, el cual nos permitió identificar las zonas de riesgo a inundación y zonas inhabitables.

##### **1.1.1. Problema general**

¿De qué forma el análisis hidráulico e hidrológico permite identificar zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿De qué manera la cuenca hidrológica influye en la identificación de las zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa?

¿Cómo influye el caudal máximo en el análisis hidráulico e hidrológico para la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Evaluar el análisis hidráulico e hidrológico para identificar zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Evaluar la delimitación de la cuenca hidrológica para determinar la influencia en las zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

Determinar la influencia del caudal máximo en la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

## **1.3. Justificación e importancia**

El desarrollo de nuestro trabajo de investigación estableció un sustento técnico y económico ante la necesidad de contar y conocer las zonas de riesgo de las riberas del río Capillamayo en el distrito de coporaque, mediante el uso de Software (Google Heart Pro, Global Mapper, Hec – Ras y AutoCAD Civil 3D), las que justificamos a continuación:

### **1.3.1. Justificación teórica**

En el aspecto teórico, se realizó la aplicación de diferentes métodos de cálculo para determinar los caudales máximos para diferentes periodos de retorno del río Capillamayo. Factor determinante para la evaluación e identificación de zonas de riesgo, las que fueron

plasmados en planos de riesgo y catastrales. Con el fin de ser considerados como documento técnico y científico en la elaboración de expedientes técnicos llevados a cabo por la municipalidad de Coporaque, zona donde se presenta este fenómeno natural en épocas de máximas avenidas.

### **1.3.2. Justificación metodológica**

En el aspecto metodológico, el estudio se enfatizó en analizar, discutir y evaluar los métodos de obtención de datos sometidos a procesos de validez y confiabilidad, ya que estos factores antes mencionados serán determinantes para el cálculo de caudales máximos para diferentes periodos de retorno y esencialmente en la identificación de zonas de riesgo del río Capillamayo, como es el caso de elaboración de planos de riesgo finales, ya que de estos estudios la entidad municipal local hará uso para toma de acciones preventivas respecto a la ejecución de futuros proyecto.

### **1.3.3. Justificación práctica**

En el aspecto práctico, el estudio proporciona información relevante y confiable sobre el análisis hidráulico e hidrológico, basándose en los métodos como por ejemplo el SCS, método fundamental para establecer los caudales máximos, las que sirvieron como base en la identificación de zonas de riesgo.

### **1.3.4. Justificación de viabilidad**

En el aspecto de viabilidad, el estudio conto el uso de software de última generación, así como con datos hidrometereológicos emitidos por SENAMHI, levantamientos topográficos a detalle, el apoyo de nuestro asesor y jurados revisores. De manera que podemos decir que contamos con resultados comprobados y de realce las que servirán no solo en el éxito de este proyecto de investigación, sino en la consideración en futuros proyectos por la entidad municipal local las que agradecieron emitiendo una resolución de reconocimiento a los tesisistas del proyecto.

## **1.4. Hipótesis y descripción de variables**

### **1.4.1. Hipótesis general**

El análisis hidráulico e hidrológico permite identificar significativamente las zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

### **1.4.2. Hipótesis específicas**

La delimitación de la cuenca hidrológica influye significativamente en la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

El caudal máximo influye significativamente en la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.

### **1.4.3. Descripción de variables**

#### **1.4.3.1. Variable independiente**

##### **1.4.3.1.1. Definición conceptual**

- **Análisis hidráulico**

Nos permite comprobar la idoneidad de una sección de cauce hídrico considerando aspectos como avenidas máximas y periodos de retorno, mediante el análisis del comportamiento hidráulico de una zona de estudio en específico.

- **Análisis hidrológico**

Los conocimientos del régimen de lluvias y su caracterización de un determinado sector se dan a través del estudio hidrológico de caudales máximos.

##### **1.4.3.1.2. Definición Teórica**

- **Análisis hidráulico**

Este proceso se realiza mediante el análisis del método racional, SCS, este método consiste en realizar estimaciones de gastos máximos en cuencas urbanas y rurales, representándolo gráficamente en hidrogramas, es un método desarrollado por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos, Metodo muy recomendable para determinar el volumen escurrido o lluvia efectiva, estimar el caudal máximo y la forma del hidrograma de la crecida de un afluente.

Para la realización de la modelización hidráulica de los cauces objeto de estudio, se recurre al programa informático HEC-RAS.

Por qué analiza aguas arriba y aguas abajo, además de esto evalúa los tramos de los cauces afectados de la zona en concreto de un dique. De esta manera se obtienen una serie de datos hídricos y tablas resultantes del cálculo realizado con Hec Ras.

- **Análisis hidrológico**

Nos permite establecer la superficie, forma, pendiente, longitud del cauce principal, materiales y usos del suelo, etc. mediante la evaluación de las características físicas y fisiográficas de una cuenca.

Por último, se elaboran los planos del estudio (situación, cuenca, perfil longitudinal con lámina de agua, perfil transversal con márgenes inundados y planta de llanura de inundación).

#### **1.4.3.2. Variable dependiente**

##### **1.4.3.2.1. Definición conceptual**

- **Zonas de riesgo**

Existen una serie de procedimientos científicos que nos permiten identificar y parametrizar las diferentes zonas de riesgo, partiendo de fenómenos estacionales sobre inundaciones, mediante la simulación hidráulica de cauces y/o afluentes.

##### **1.4.3.2.2. Definición Teórica**

- **Zonas de riesgo**

Software especializados como el Hec-Ras nos permiten evaluar fenómenos hidrológicos como las inundaciones ya que ayuda a conocer flujos inestables para diferentes periodos de retorno (50, 100, 200 y 500 años), estos datos sirven de mucho a la hora de identificar zonas de riesgo por inundación o deslizamientos.

Mediante el análisis de herramientas geospaciales como el HEC-RAS, RasMapper, datos geométricos de TIN obtenido de un modelo de elevación digital (DEM/SRTM), imágenes satelitales y Sistemas de Información Geográfica.

En ese sentido la simulación de inundaciones anuales del río brindan información sobre el efecto que generan las inundaciones para cuatro periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Antecedente a nivel internacional**

(Paredes, y otros, 2017) Desarrollo la tesis titulada “*Análisis hidráulico de un sistema de drenaje urbano para el control de inundaciones, aplicando medidas sostenibles. Subcuenca del colector Caicedo, ciudad de Quito*”, la presente investigación les permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Central del Ecuador. El resumen de la investigación fue: El acelerado crecimiento urbano de la ciudad de Quito influye directamente en el ciclo hidrológico del agua, las áreas verdes que permiten infiltración se reducen por la urbanización y el caudal de escorrentía aumenta, por ello, los sistemas de drenaje urbano cada vez deben transportar mayores caudales que en eventos de lluvia intensos sobrepasan su capacidad y producen inundaciones. Este proyecto de investigación evalúa el sistema de drenaje urbano en la subcuenca Caicedo que ya ha presentado varios problemas de inundaciones, para determinar el estado actual mediante simulaciones en software hidrológico-hidráulico (SWMM 5.1), y con los resultados se enfoca en aplicar medidas de drenaje sostenible como cubiertas verdes y cuencas de bioretención que están orientados en la recuperación de áreas verdes en el área del proyecto y con ello reducir el volumen de inundaciones; como complemento se realiza un análisis económico para determinar el presupuesto referencial de implementar medidas de drenaje sostenible.



(Dúran, y otros, 2020) Desarrollo la tesis titulada “*Modelo Hidráulico de Flujo Fluvial de las Encañadas de Puerto Baquerizo Moreno, en la Isla San Cristóbal, provincia de Galápagos*”, la presente investigación les permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Universidad San Francisco de Quito Diego de Robles y Vía Interoceánica. El resumen de la investigación fue: La Isla San Cristóbal cuenta con 17 encañadas que acumulan escorrentía especialmente durante la época lluviosa, comprendida entre los meses de enero y junio. Específicamente la ciudad de Puerto Baquerizo Moreno posee 3 encañadas principales denominadas: “Barrio Frío”, “Divino Niño” y “Escuela Alvear”. Estas encañadas presentan inundaciones en época de lluvia afectando a la población de esta ciudad. Por este motivo, este documento presenta una modelación computacional para simular las inundaciones en base a registros históricos de precipitaciones en la isla y así determinar las zonas inundables en Puerto Baquerizo Moreno. Para dar solución a estas inundaciones, se proponen las siguientes alternativas: canalización con hidrotornillos, canalización con micro reservorios, desvío de encañadas con hidrotornillos y desvío de encañadas con micro reservorios. En base a un análisis económico de valor presente, la alternativa más viable económicamente fue el desvío de encañadas con la implementación de hidrotornillos.

### **2.1.2. Antecedente a nivel nacional**

(Orellana, 2021) Desarrollo la tesis titulada “*Modelamiento Hidrológico e Hidráulico para el análisis de inundaciones en la ciudad de Piura utilizando Hec-Hms y Hec-Ras*”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú. El objetivo de la investigación fue: Desarrollar el modelamiento hidrológico e hidráulico en la cuenca del río Piura para el análisis de inundaciones en zonas urbanas y proponer medidas para reducir los daños. Llegando a las siguientes conclusiones: Objetivo específico: Desarrollar el análisis de precipitaciones máximas de 24 horas, examinando los datos recolectados en las estaciones y los provenientes de la data Pisco. Esta parte incluye, el análisis de frecuencias y la evaluación de los histogramas de diseño. Los fenómenos hidrológicos extremos que se producen en la cuenca del río Piura presentan un alto grado de variabilidad, principalmente en las precipitaciones y los aportes anuales del río. Por un lado, se ha observado que, en las series de precipitaciones de 24 horas tomadas para este estudio, la magnitud de este valor puede elevarse considerablemente en el Alto y Medio Piura, independientemente de la presencia de un FEN, e inclusive registrarse altas profundidades de precipitación en el Bajo Piura ante la presencia de un FEN. Por otro lado, es cierto que todos los años ocurren

periodos de estiaje y avenida, pero existen años en los que estos periodos se vuelven totalmente extremos. En 12 de los últimos 50 años, el caudal máximo del río no superó los 100 m<sup>3</sup> /s en los periodos de supuesta avenida. Sin embargo, en el mismo periodo de tiempo se han producido caudales mayores a 2,000 m<sup>3</sup> /s en 7 años diferentes. De este análisis se verifica que el río Piura es un río irregular de régimen muy intermitente y puede llegar a registrar caudales picos muy elevados en un corto periodo de tiempo. - Si bien en el pasado la cuenca del río Piura contaba con numerosas estaciones pluviométricas distribuidas mayoritariamente en la zona alta, varias de ellas, entre operativas y no operativas, presentan registros incompletos de precipitación debido a los daños provocados durante los Fenómenos de El Niño o por fallas técnicas en las mismas; así que, ante la necesidad de contar con series completas y constantes de precipitación, se optó por evaluar y emplear el producto Pisco en su versión diaria, elaborado por el Senamhi. De este modo, se logró completar los datos de precipitación de 24 horas faltantes de las dieciocho estaciones consideradas para este estudio. En tanto que para el análisis de precipitaciones se priorizó emplear la data observada y solo se empleó Pisco para completar los datos faltantes, se determinó que, para una fecha en específico, la precipitación observada guarda buena relación con la precipitación proporcionada por Pisco. Por consiguiente, luego de cumplir con las pruebas de datos dudosos y de bondad de ajuste en el análisis estadístico, se asume que las precipitaciones estimadas para diferentes periodos de retorno tienen un alto grado de confiabilidad. Objetivo específico: Desarrollar el modelamiento geo espacial de la cuenca utilizando HECGeoHMS y el modelamiento hidrológico en HEC-HMS. El modelamiento hidrológico de la cuenca del río Piura con salida en la ciudad de Piura no resulta sencillo, principalmente por la cantidad de subcuencas y todos sus parámetros que su gran extensión demanda a caracterizar. Se empleó el software HEC-HMS para desarrollar el modelo semi-distribuido que permita determinar la respuesta de precipitación-escorrentía en cada uno de los elementos que la componen (subcuencas, tramos de cauce, confluencias y salidas). Asimismo, se empleó el método de Kriging en ArcGIS con el fin de interpolar la precipitación de 24 horas y obtener la precipitación promedio correspondiente a cada subcuenca. Para los valores de precipitación analizados, el método de Kriging muestra resultados ligeramente superiores a los obtenidos por el método IDW; sin embargo, en términos generales, la diferencia de la precipitación promedio por subcuenca entre ambos métodos es casi nula. De esta manera, para el diseño de tormentas y posterior obtención de hidrogramas no existen variaciones considerables en los resultados finales entre un

método y otro. Pese a que podría considerarse imposible que las condiciones establecidas en el modelamiento hidrológico se presenten de manera simultánea; es decir, que llueva simultáneamente en todas las subcuencas, al tratarse de un estudio de máximas avenidas se han considerado las opciones más críticas que puedan suceder. Además, el presente estudio constituye una metodología válida, robusta y fiable ya que ha sido contrastada con metodologías elaboradas por otros autores para modelamientos hidrológicos.

(Muñoz, y otros, 2021) Desarrollo la tesis titulada “*Modelamiento hidrológico e hidráulico de la Quebrada San Idelfonso para localizar áreas de Inundación en Trujillo utilizando HEC-HMS y HEC-RAS*”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Ambiental en la Universidad César Vallejo. El objetivo de la investigación fue: Orientarse en los recurrentes eventos de inundación en la ciudad de Trujillo, que son efectos del ya conocido Fenómeno El Niño (FEN), trayendo consigo impactos tanto económico, social y ambiental. Se realizó un modelamiento hidrológico e hidráulico de la quebrada San Idelfonso para identificar sus áreas de inundación, utilizando HEC – HMS y HEC – RAS. Para realizar este proceso se determinó parámetros morfométricos de la microcuenca a la que pertenece la quebrada, teniendo un área de 10.94 km<sup>2</sup>, perímetro de 23,0, una cota máxima y mínima de 900 y 100 respectivamente. Para el cálculo del caudal se requirió de información como el coeficiente de escorrentía, tipo de suelo, cobertura y pendiente, a partir de la imagen satelital ALOS PALSAR, luego procesada en ArcGIS 10.5. de igual manera la intensidad fue determinada por las precipitaciones máximas en 24 horas, de 19 años. Ajustada por el análisis estadístico en Hidroesta 2. Se tuvo un caudal máximo de 99.7m<sup>3</sup> /s, para un TR=20, modelando en HEC – RAS, con la geometría del cauce, generada a partir de un levantamiento topográfico, en un flujo de régimen mixto, teniendo como resultado un desbordamiento del cauce, a un periodo de retorno de 20 años, con un caudal de 99.7 m<sup>3</sup> /s.

### **2.1.3. Antecedentes a nivel local**

(Arroyo, y otros, 2021) Desarrollo la tesis titulada “*Influencia del cambio climático y uso del suelo en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca medio bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020*”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Ambiental en la Universidad Continental. El objetivo de la investigación fue: determinar la influencia del cambio de uso de suelo y el cambio climático en la capacidad de regulación hídrica en la microcuenca Medio Bajo Mantaro del departamento de Huancavelica, periodo 2015 - 2020. El tipo de investigación

fue básica, ya que se buscó aumentar el conocimiento acerca de la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca y si ésta guarda alguna relación con el cambio de uso de suelo y el cambio climático. Se utilizó el método hipotético - deductivo, debido a que se pusieron a prueba las hipótesis planteadas con la finalidad de corroborar si el cambio de uso de suelo y el cambio climático influyen en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro. Los datos fueron procesados con el modelo estadístico Pearson para precisar si existe relación directa o inversa entre las variables independientes y dependiente. La precipitación y el caudal de la microcuenca presentan una relación directa con un coeficiente de correlación de 0.90 y coeficiente de determinación de  $R^2 = 81 \%$ , mientras que la temperatura y el caudal presentan una relación inversa con un coeficiente de correlación de  $-0.392$  y coeficiente de determinación de  $R^2 = 15 \%$ , así como la relación entre el caudal y la cobertura vegetal fue directa con un coeficiente de correlación de 0.83 y coeficiente de determinación de  $R^2 = 69 \%$  y finalmente la relación entre el caudal y el cambio de uso de suelo (CUS) fue inversa con un coeficiente de correlación de  $-0.65$  y coeficiente de determinación de  $R^2 = 43 \%$ . Se concluye que la precipitación, la cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo influyen en la capacidad de regulación hídrica de la microcuenca Medio Bajo Mantaro.

(Condori, 2020) Desarrollo la tesis titulada “*Influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuqui de la subcuenca del río Shullcas*”, la presente investigación le permitió obtener el grado de Ingeniero Ambiental en la Universidad Continental. El objetivo de la investigación fue: Determinar la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuqui de la subcuenca del río Shullcas. Métodos: La metodología aplicada fue CORINE basado en el análisis multicriterio el cual consiste en el desarrollo de índices numéricos que se deriva a partir de los valores absolutos de las variables físicas, los que, formalizados en una escala común, permiten clasificar el riesgo para cada proceso de degradación tales como erosión; este proceso está ligado a las variables: erosividad, erodabilidad y pendientes. Resultados: Los resultados muestran que la precipitación total anual para el período 2010 al 2018 varía entre los 850.80 mm y 1,017.20 mm y respecto a los índices de riesgo de erosión potencial del suelo para el período 2010 - 2015 y año 2018 las áreas con nivel bajo son de 0.50 km<sup>2</sup> con el 0.62 % del área total, en nivel medio 4.23 km<sup>2</sup> con el 5.30 %, para el nivel alto de 51.86 km<sup>2</sup> con el 65.01 % y de 23.19 km<sup>2</sup> con el 29.07 %, lo que representa las áreas no tomadas en cuenta, mientras que para el período

2016 - 2017 las áreas con nivel bajo son de 4.74 km<sup>2</sup> con el 5.94 % del área total, en nivel medio 38.38 km<sup>2</sup> con el 48.11 %, el nivel alto de 13.47 km<sup>2</sup> con el 16.88 % y de 23.19 km<sup>2</sup> con el 29.07 % de áreas no tomadas en cuenta como zonas urbanas, lagos, nevados y roca desnuda de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio. Conclusión: La precipitación total anual influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo, en las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio dentro la subcuenca del Río Shullcas.

## 2.2. Bases teóricas

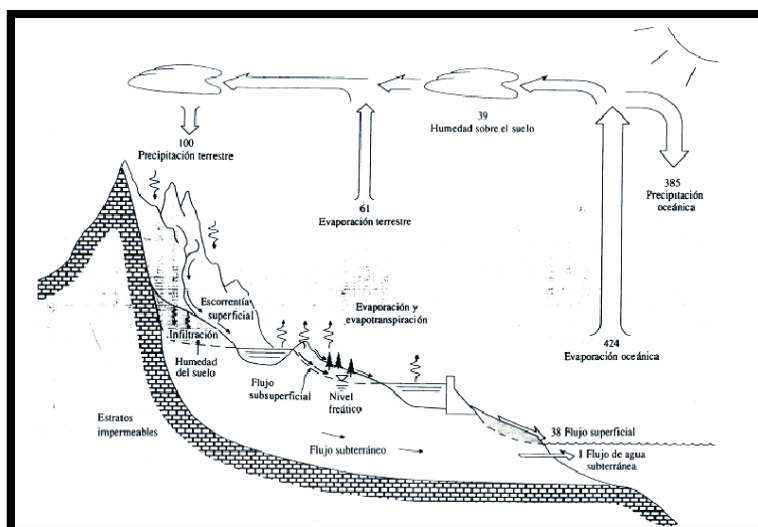
En esta parte del capítulo se definirán los temas básicos de nuestro proyecto de investigación, análisis del caudal máximo, tirante hidráulico y flujo hídrico, mediante el análisis e interpretación Hidráulico e Hidrológico y en el caso de zonas de riesgo la delimitación de zonas con riesgo a inundación y deslizamiento, las que se realizarán mediante el desarrollo de software de especialidad.

### 2.2.1. Análisis hidrológico

#### 2.2.1.1. Hidrología

“Considerado como una ciencia natural que estudia y analiza el agua, su ocurrencia, recorrido y distribución en la corteza terrestre, sus propiedades químicas físicas y su relación con el medio ambiente, considerando a los seres vivos” (Villón Béjar, 2002).

Figura 1. Ciclo Hidrológico.



Fuente: Chou et al., 1994.

#### **2.2.1.2. La cuenca hidrográfica**

“La cuenca hidrográfica de drenaje de una vertiente, se considera al área del terreno donde todas las aguas se juntan por precipitación pluvial, se juntan para formar un solo curso de agua” (Villón Béjar, 2002).

#### **2.2.1.3. Geomorfología de la cuenca**

“Estudia las formas de la corteza terrestre, y además estudia estos resultados mediante la dinámica geográfica en general, analiza por un lado fenómenos atmosféricos, climáticos e hidrográficos” (ATDR, 2007).

##### **A. Área de la cuenca**

“Es el área resultante una vez delimitado una cuenca o subcuenca, y es la superficie delimitada en perspectiva horizontal de forma irregular” (Villón Béjar, 2002).

##### **B. Topografía de la cuenca**

“Son las peculiaridades o características que representan la superficie irregular de una cuenca o subcuenca” (García, 1994).

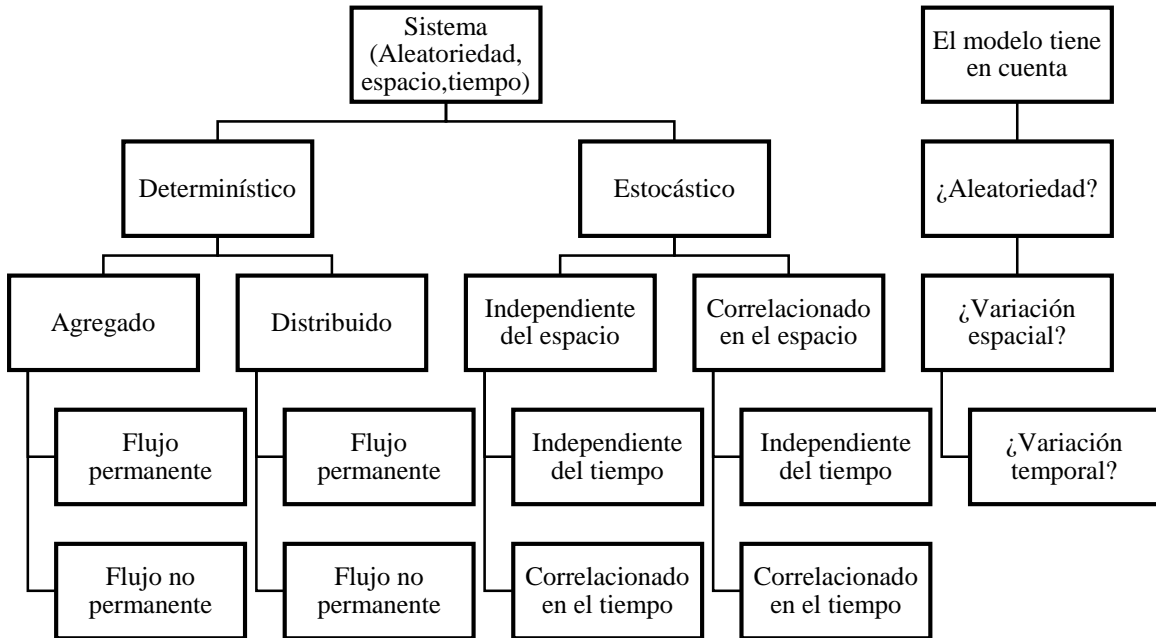
#### **2.2.1.4. Modelación hidrológica**

La modelación hidrológica se precisa como la interpretación matemática de la respuesta de una cuenca o subcuenca, ante la presencia de una secuencia de eventos de precipitación. Estos esquemas permiten la generación interpretativa de hidrogramas en lugares en que no hay estaciones limnigráficas. (Solis Bolaños, y otros, 1991).

##### **2.2.1.4.1. Clasificación de los modelos hidrológicos**

Los modelos hidrológicos pueden diferenciarse en dos clases: modelos físicos y modelos abstractos. Los primeros integran modelos a escala que representan el sistema en una escala diminuta, tal como un modelo hidráulico del real de una presa; y esquemas iguales, que usan otro sistema físico con participaciones casi iguales a las del modelo original. (Chow, 1994).

Figura 2. Esquema gráfico de modelos hidrológicos.



Fuente: Chou et al. 1994.

### 2.2.1.5. Comportamiento hidrológico

“Habla del comportamiento de los fluidos en la superficie terrestre desde su aparición, circulación y distribución en la superficie y su interrelación con el medio ambiente y los seres vivos” (CICESE, 1962).

## 2.2.2. Análisis hidráulico

### 2.2.2.1. Comportamiento hidráulico

“Trata del comportamiento del agua, básicamente en lo que se refiere al flujo hidráulico (agua) en lo referente a parámetros como caudales, velocidades o rapidez de flujo, resultado de las socavaciones y sedimentación” (Silva Medina, 2002).

### 2.2.2.2. El fenómeno de las inundaciones

“Una inundación es la infiltración por parte del agua de zonas o regiones que habitualmente se encuentran áridas o secas. Como consecuencia de la

contribución inusual y más o menos inesperado de una cantidad de agua mayor a la que puede desaguar el propio cauce del río” (INDECI, 2011).

“Las inundaciones se clasifican según su duración y según su mecanismo de generación” (INDECI, 2011).

### **2.2.2.3. Según su duración**

#### **2.2.2.3.1. Inundaciones rápidas o dinámicas**

“Suele presentarse en ríos de montaña o en ríos cuyas vertientes presentan fuertes pendientes, por consecuencia de lluvias intensas. Las crecidas son imprevisibles y de breve duración” (INDECI, 2011).

#### **2.2.2.3.2. Inundaciones lentas o estáticas**

“Se origina cuando hay lluvias persistentes y generalizadas, las que producen un incremento paulatino del caudal del río hasta exceder su capacidad máxima de transporte. Es decir, el río sale de su cauce natural, inundando zonas planas cercanas al mismo” (INDECI, 2011).

### **2.2.2.4. Según el mecanismo de generación**

#### **2.2.2.4.1. Inundaciones pluviales**

“Es la que se origina por la acumulación de agua de las precipitaciones pluviales en un determinado punto o zona geográfica sin que ese fenómeno sea igual necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial” (INDECI, 2011).

#### **2.2.2.4.2. Inundaciones fluviales**

“A causa del rebose de los ríos y los arroyos la que es atribuida al incremento excesivo de la cantidad del agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de trasladar sin desbordarse” (INDECI, 2011).

#### **2.2.2.4.3. Inundaciones por rotura**

Operación errónea de proyectos o obras de infraestructura hidráulica: la rotura de una presa, por diminuta o pequeña que ésta sea, puede llegar a originar una serie de daños generalizados no sólo a la comunidad sino también a sus bienes, a las infraestructuras y al medioambiente. (INDECI, 2011).



## **2.2.3. Zonas de riesgo**

### **2.2.3.1. Criterios para la determinación del nivel de peligrosidad**

#### **2.2.3.1.1. Criterios recomendados para determinar el grado de peligrosidad**

El peligro se da en función de la probabilidad de origen del fenómeno y de su intensidad. La intensidad a su vez se puede dar en función de la profundidad y la velocidad del agua, así como el tiempo de duración de las inundaciones. (INDECI, 2011).

#### **2.2.3.1.2. Criterios recomendados para determinar el nivel de la intensidad o magnitud de la intensidad**

La intensidad y las causas potenciales de las inundaciones dependen de varios factores, no sólo de aspectos climatológicos, sino también de las características peculiares propias del terreno, como son los usos del suelo, el tipo y la distribución de la vegetación, la litología, las características de la distribución de drenaje, magnitud de las pendientes de la cuenca o subcuenca, obras realizadas en los cauces, entre otros factores. (INDECI, 2011).

Tabla 1. Registro de magnitud de inundaciones.

Niveles De Intensidad	Profundidad Del Flujo (H) (M) (Inundaciones Estáticas)	Profundidad X Velocidad Del Flujo (M <sup>2</sup> /S) (Inundaciones Dinámicas)
Muy Alta	H>1.5m	H*V>1.5m
Alta	0.5m<H<1.5m	0.5m<H*V<1.5m
Media	0.25m<H<0.5m	0.25m<H*V<0.5m
Baja	<0.25m	H*V<0.25m
Niveles De Intensidad		Rangos
Muy Alta		0.75<Ni<1
Alta		0.50<Ni<0.75
Media		0.25<Ni<0.50
Baja		0<Ni<0.25

Fuente: INDECI-2011.

### 2.2.3.1.3. Criterios recomendados para la evaluación de la frecuencia, recurrencia o período de retorno de la inundación

“La frecuencia de inundación según el INDECI. Se mide de acuerdo al período de retorno que se toma para el presente estudio” (INDECI, 2011).

Tabla 2. Registro de magnitud de inundaciones.

Niveles De Intensidad	Periodo De Retorno En Años (Tr)	
Muy Alta	1<T<5 Años	
Alta	5<T<15 Años	
Media	15<T<50 Años	
Baja	50<T<200 Años Ó Mas	
Frecuencia		Rangos
Muy Alta		0.75<F<1
Alta		0.50<F<0.75
Media		0.25<F<0.50
Baja		0<F<0.25

Fuente: INDECI-2011.

#### 2.2.3.1.4 Determinación del nivel de peligrosidad

Los grados de peligro por inundación de una zona, resultan de la conexión entre la frecuencia de las inundaciones y su intensidad (es decir su profundidad, o el resultado de la profundidad por la velocidad). Representándose gráficamente en la siguiente matriz. (INDECI, 2011).

Tabla 3. Estratigrafía de grado de peligrosidad.

Intensidad	Muy Alta	Peligro Medio 0.25	Peligro Alto 0.5	Peligro Muy Alto 0.75	Peligro Muy Alto 1
	Alta	Peligro Bajo 0.19	Peligro Medio 0.38	Peligro Alto 0.56	Peligro Muy Alto 0.75
	Media	Peligro Bajo 0.13	Peligro Medio 0.25	Peligro Medio 0.38	Peligro Alto 0.5
	Baja	Peligro Bajo 0.06	Peligro Bajo 0.13	Peligro Bajo 0.19	Peligro Medio 0.25
		BAJA	MEDIO	ALTA	MUY ALTO
Frecuencia (Años)					
Niveles De Peligrosidad		Rangos			
Peligro Muy Alto		$0.75 < N_p < 1$			
Peligro Alto		$0.50 < N_p < 0.75$			
Peligro Medio		$0.25 < N_p < 0.50$			
Peligro Bajo		$0 < N_p < 0.25$			

Fuente: INDECI-2011.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Sistemas de información geográfica**

“Es una pesquisa profunda, organizada de hardware, software e información geográfica actuales creada para captar, analizar y extender en todas las formas, la indagación geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas de planificación y gestión” (Barbosa, 2011).

### **2.3.2. Softwares aplicados en el estudio**

#### **2.3.2.1. Global mapper**

Es un software muy potente, completo y accesible, ya que su aplicación mezcla una gama completa de instrumentos de tratamiento geo referenciados de datos espaciales con acceso a una variedad de datos.

#### **2.3.2.2. HidroEsta**

El programa evalúa si una serie de informaciones se ajustan a una secuencia de distribuciones; normal, log normal, log-Pearson tipo III, gumbel, log Gumbel y racional. Si la sucesión de informaciones se ajusta a una distribución, permite establecer o conocer por ejemplo caudales o precipitaciones pluviales, con un período de frecuencia esperado. (Villón Béjar, 2012).

#### **2.3.2.3. AutoCAD Civil 3D 2021**

Es un avanzado software compatible con BIM con él se puede realizar diseños civiles de alta calidad. Gracias a Civil 3D 2021, dispondrá de varias funciones para realizar diseños y documentarlos. Además, Civil 3D es un potente programa en el campo de la visualización y análisis de diseños de ingeniería civil. (Autodesk, 2021).

#### **2.3.2.4. Google earth pro**

Considerado como una aplicación completa, esto debido a los datos geoespaciales facilitados de manera publica la que incluye imágenes de alta resolución, representadas en 3D por ciudades, rutas de vías, imágenes panorámicas de avenidas, imágenes antiguas y puntos de interés social, etc.

#### **2.3.2.5. Hec-Ras**

El Hec-Ras es el dato compuesto de las siglas en inglés, HEC (Hydrologic Engineering Center o Centro de Ingeniería Hidrológica) y RAS (River Análisis System o Sistema de Análisis de Ríos), es una aplicación muy útil que facilita la modelación hidráulica y en régimen estable y no estable, traslado de sedimentos y estudio de calidad del agua en cauces abiertos y canales artificiales. (Villón Béjar, 2012).

### **2.3.3. Resultados del procesamiento de softwares**

#### **2.3.3.1. Dem**

Para empezar es importante establecer que los archivos DEM, siglas que provienen del nombre en inglés Digital Elevation Model, y que en el idioma español significa algo así como modelo de incremento digital, es decir es una representación digital de la superficie, por otro lado, un modelo digital de la superficie es representada mediante una serie de métodos tales como el volumen exacto de los pixeles y su resolución. (Kemp, 1954).

#### **2.3.3.2. Simulación hidráulica unidimensional**

“Es una herramienta eficaz para llevar a cabo proyectos de ingeniería en los que se necesita descubrir la red superficial de caudales y niveles en todo un sistema fluvial o de canales de riego” (Yzocupe, 2006).

#### **2.3.3.3. Perfil hidráulico**

“Es el plano o esquema vertical en perspectiva longitudinal que cruza por el eje hidráulico. En este plano o perfil longitudinal, suele presentarse las magnitudes que caracterizan o definen una corriente (cotas, presiones, velocidades, pérdidas de carga, etc.)” (Afif Khouri, 2004).

#### **2.3.3.4. Cartografía**

“Esta rama es entendida como la esquematización espacial de los fenómenos geográficos, porque forma parte del conjunto de ciencias que se integran dentro de los sistemas de información geográfica” (Pérez Navarro, 2011).

### **2.3.4. Datos climáticos**

#### **2.3.4.1. Precipitación**

“Es el resultado que se presenta de la siguiente forma, se inicia en la nubes mediante la evaporación y se desplaza hasta la superficie terrestre, este acción se presenta mediante lluvias, granizadas, etc.” (Chereque Moran, 1994).

#### **2.3.4.2. Escorrentía**

“La cantidad total de agua que se contabiliza para un tiempo establecido en un punto específico de una cuenca” (IGME, 2010).

#### **2.3.4.3. Evapotranspiración**

Es la transferencia por evaporación de agua de la tierra a la atmosfera, además del sistema de la evaporación, entra también aquí el rol el de la transpiración de las plantas. La consideración de ambos procesos nos facilita el entendimiento de la evapotranspiración. (Font Tullot, 2007).

#### **2.3.4.4. Infiltración**

“Es la circulación del agua de la superficie hacia el manto interno del suelo. Es el resultado de introducirse por los poros de una superficie” (Maderey Rascon, 2005).

### **2.3.5. Período de retorno**

“Se refiere a la recurrencia de lluvias de una magnitud específica. Esto significa, cada que tiempo puede volver una lluvia de una magnitud específica” (Morales Sosa, 2006).

### **2.3.6. Factores de riesgo**

#### **2.3.6.1. Inundación**

“Es el aumento del nivel de agua y posesión de la misma en areas donde habitualmente están libres de ella, por el cual se da origen a cuantiosas pérdidas” (Salas Salinas, y otros, 2004).

#### **2.3.6.2. Socavación**

“Se da a causa del embate de fuertes corrientes en los márgenes del lecho ocasionando con esto el arrastre de partículas sólidas, esta manifestación se da por diversos factores como la composición y características geológicas del material” (Badillo, y otros, 2004).

#### **2.3.6.3. Defensa ribereña**

“Llamado también como unas estructuras construidas para preservar o proteger áreas aledañas a los cauces naturales de los embates de crecidas y corrientes del flujo de los ríos” (Ochoa, 2011).



## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método, tipo y nivel de la investigación**

##### **3.1.1. Método de la investigación**

El presente proyecto de investigación está enmarcado dentro del método inductivo, porque estudia, conoce y observa las características comunes que se ven reflejadas en un conjunto de datos para establecer resultados comprobados, a partir de ellas, se generara un conocimiento general (1 pág. 27).

El método inductivo consiste en reunir datos y observar suficientes hechos referidos a un problema particular, analizarlos para descubrir diferencias, compararlos y obtener sus características comunes y formular la regla que explica el comportamiento de esa clase de datos en forma general (2 pág. 22).

El proyecto se basa en una hipótesis explicativa debido a que analiza el cálculo hidráulico e hidrológico para ver su efecto en la identificación de zonas de riesgo de las riberas del río en periodos establecidos por los investigadores. Finalmente, se llega a conclusiones que nos explican el factor negativo y positivo del comportamiento de un río en épocas de máximas avenidas.

##### **3.1.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es aplicada debido a que se encarga de resolver problemas prácticos a través de la teoría, y con base en los descubrimientos, hallazgos y soluciones propuestos

en los objetivos de la investigación, este tipo de investigación es muy utilizada en el campo de la ingeniería (3 pág. 17).

En este proyecto aplicaremos conocimientos comprobados y sustentados en lo que se refiere al análisis hidráulico e hidrológico de la subcuenca, las que nos permitirán conocer de manera precisa y clara la ubicación de zonas de riesgo, ya que esto nos permitirá realizar acciones de prevención y control de desastres ocasionados por las precipitaciones pluviales.

### **3.1.3. Nivel de la investigación**

El nivel de investigación fue descriptivo porque describió fenómenos en una circunstancia temporal y geográfica determinada por la subcuenca del sector de Huayra-Humajala, el cual nos facilitó desarrollar un análisis hidrológico e hidráulico del río Capillamayo y que finalmente nos permitió conocer las zonas inundables del distrito de Coporaque.

## **3.2. Diseño de la investigación**

La presente investigación está establecida como **No Experimental**, es decir, “que la variable es independiente, suceden y no es posible manejarlas, dicho de otro modo, no se tiene control directo sobre dicha variable ni se puede influir en ellas. En otras palabras, la variable será analizada tal cual se encuentra en la realidad (Hernández Sampieri, y otros, 2014).

## **3.3. Población y muestra**

### **3.3.1. Población**

Está determinada por la subcuenca del río Capillamayo ubicado en el sector de Huayra - Humajala del distrito de Coporaque, debido a que el análisis hidráulico e hidrológico se realiza con datos hidrometeorológicos obtenidos de Senamhi pero de este sector.

### **3.3.2. Muestra**

Para nuestro proyecto hemos considerado tomar como muestra el cauce y la faja marginal del río Capillamayo, porque es la zona de influencia directa, donde se presenta las anomalías y desastres ocasionados por las precipitaciones pluviales.

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

### **3.4.1. Materiales de recolección de datos**

En la presente investigación, se tuvo la necesidad de usar materiales antes, durante y después del proyecto, las que detallo a continuación:

A. Material Recopilado

- ✓ Cartas nacionales a escala del instituto nacional geográfico.
- ✓ Plano de curvas de nivel a escala.
- ✓ Precipitaciones máximas de la estación meteorológica de Chivay, proporcionado por el SENAMHI.
- ✓ Ubicación de coordenadas vía GPS.

#### B. Material de Campo

- ✓ GPS Garmin.
- ✓ Estación Total.
- ✓ Prisma de 5m.
- ✓ Wincha de 100m.
- ✓ Cámara fotográfica digital.
- ✓ Spray, estaca, cordel y lapiceros.

#### C. Material de Gabinete

- ✓ Laptops.
- ✓ Impresora.
- ✓ Software (Google Heart Pro, Global Mapper, HEC-RAS y AutoCAD Civil 3D).
- ✓ Materiales de escritorio.

### 3.4.2. Métodos de recolección de datos

En la presente investigación, se tuvo la necesidad de usar métodos de recolección de datos visuales y físicos, para su posterior procesamiento hidrográfico antes, durante y después del proyecto, las que detallo a continuación:

#### A. Observación

En este proceso la técnica de observación, facilitó el análisis de las características morfológicas y de apreciación de los caudales máximos en la zona del proyecto en épocas de máximas precipitaciones, la que nos permitió realizar una simulación de aforo empírico la que posteriormente contrastamos con los caudales calculados por el software HEC-RAS.

**B. Medición**

Se realizará cálculos para la obtención de los máximos caudales para diferentes períodos de retorno y posterior a esto generar los tirantes hidráulicos en las secciones a lo largo del tramo en la zona del proyecto.

**C. Explicación**

Esta técnica explica todo el procesamiento realizado desde la recolección de datos hasta la obtención de resultados y brindar la información de peligros en el distrito de Coporaque frente a las crecidas del nivel del río.

**CAPÍTULO IV**  
**DESARROLLO, DISCUSIÓN Y RESULTADOS**

**4.1. Desarrollo del proyecto**

**4.1.1. Descripción de la sub-cuenca**

**4.1.1.1. Ubicación**

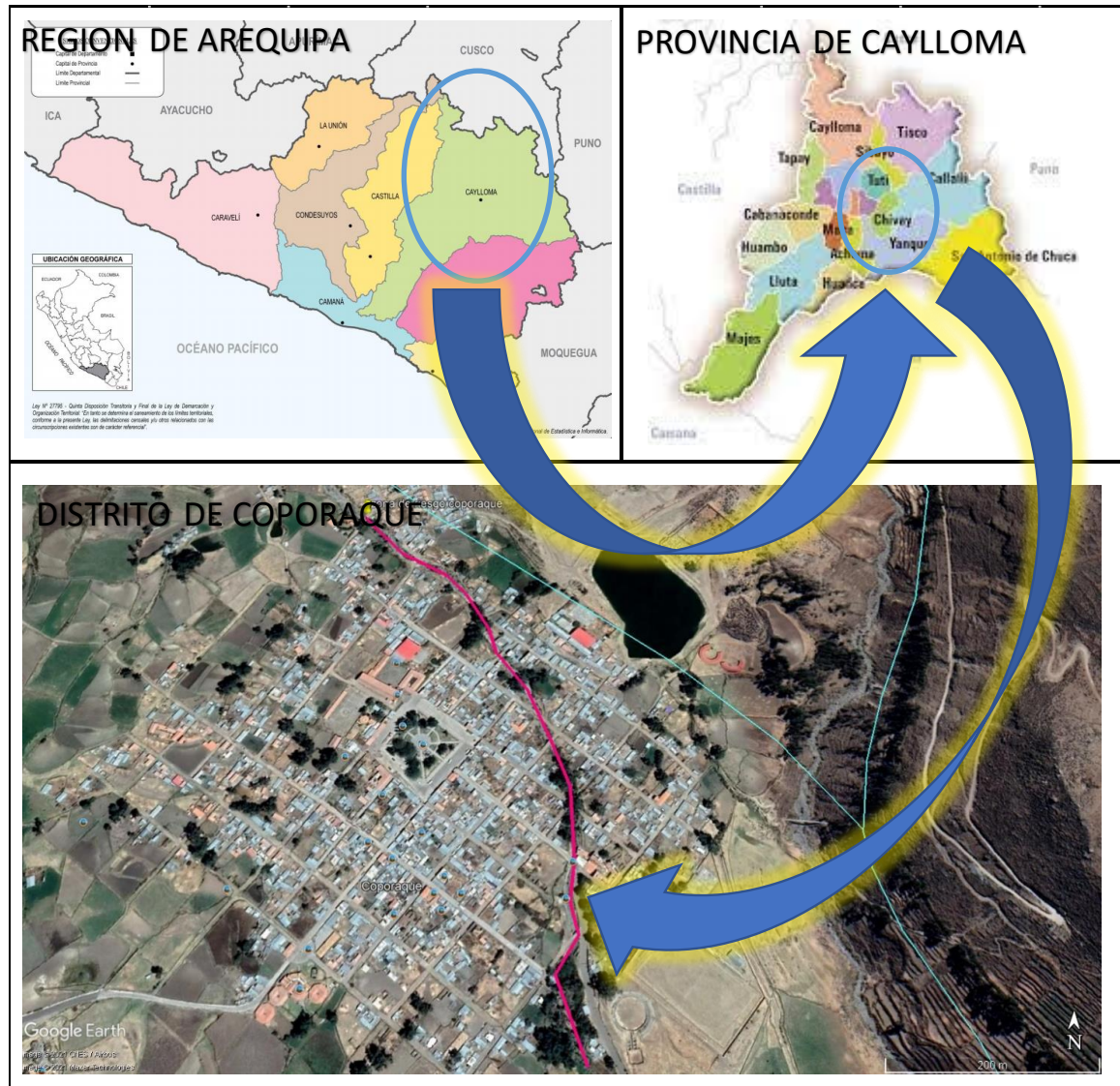
*Tabla 4. Cuadro de datos de la subcuenca.*

Departamento	<b>Arequipa</b>
Provincia	Caylloma
Distrito	Coporaque
Región Natural	Sierra

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

#### 4.1.1.2. Ubicación de la zona del proyecto

Figura 3. Ubicación de la zona del proyecto.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

#### 4.1.1.3. Identificación del área de estudio

##### 4.1.1.3.1. Diagnóstico de la situación actual

Se han identificado muchos peligros en el Distrito de Coporaque debido a causas naturales como tormentas, inundaciones y fuertes lluvias, que han resultado en desastres de baja y alta intensidad en la zona afectada.

La aparición de factores de riesgo de esta naturaleza suele ocurrir anualmente durante la temporada de diciembre a marzo, lo que representa

un gran peligro potencial para la región, la población, la infraestructura y los animales.

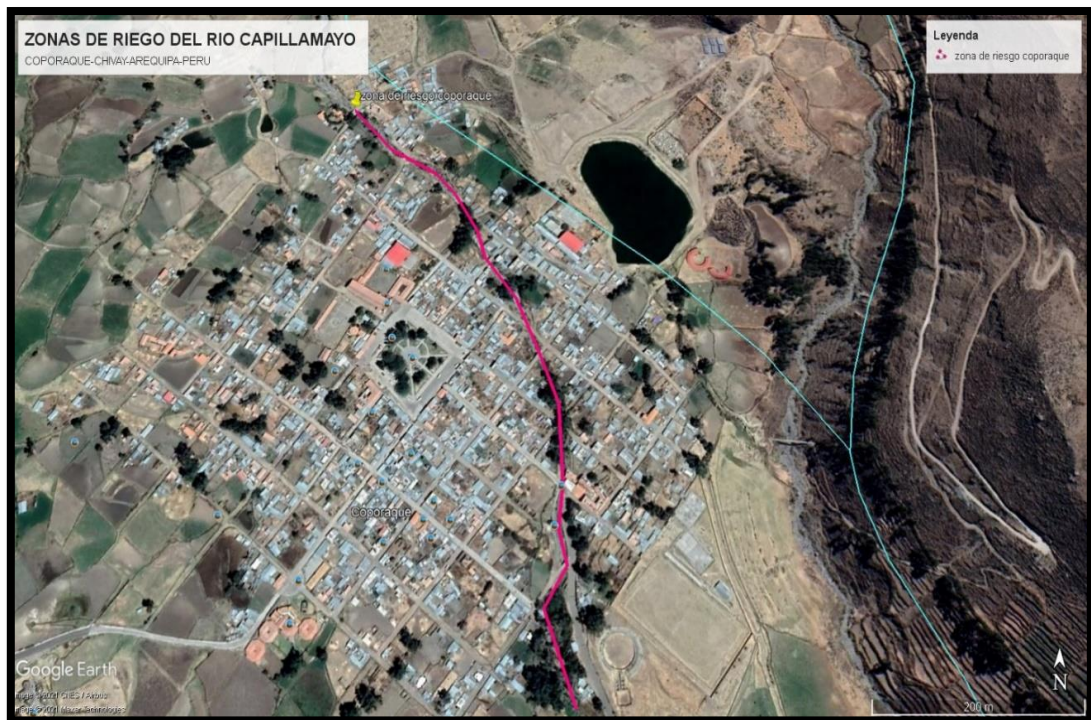
Esta postura no facilita que los habitantes de la zona afectada mantengan la calma ya que están temerosos por cualquier evento que pueda ocurrir producto de las lluvias.

#### 4.1.1.3.2. Características de la subcuenca del río Capillamayo

El río Capillamayo da comienzo a mediana quebrada del sector huayra – Humajala, específicamente va ríos abajo cruzando el distrito de Coporaque.

De otro lado en la subcuenca del río Capillamayo encontramos las Ccochas que son los nacientes por filtraciones subterráneas que afluyen al río Capillamayo.

Figura 4. Distrito de Coporaque.



Fuente: Google Earth Pro - Longitud: -15°35'52.62"- Latitud: -71°39'12.89".

#### 4.1.2. Análisis estadístico

En el análisis realizado se evaluó procesos estadísticos con el fin de poder establecer las máximas precipitaciones en función de los diferentes períodos de retorno planteados anteriormente.

#### **4.1.2.1. Datos recopilados**

Los datos recopilados se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, Dirección regional 6, que nos brindó la información histórica de las precipitaciones Total Mensual (mm) de la estación Chivay. Con los datos obtenidos realizamos una revisión, para luego seleccionar las máximas precipitaciones en 24 horas que se registraron en todo el año y con estos datos trabajamos en el presente estudio realizado.

#### **4.1.2.2. Análisis de consistencia**

Este es un análisis que le permite identificar y corregir errores dentro del rango de datos procesados.

En este análisis se realiza estadísticamente.

#### **4.1.2.3. Análisis visual gráfico**

El análisis visual y gráfico proporciona un histograma que le permite observar el comportamiento de la precipitación a lo largo del tiempo y ver las fluctuaciones que se producen. Cuando se crea, este gráfico se crea con un eje vertical que representa la precipitación y un eje horizontal que representa el año, que se puede utilizar para realizar un análisis gráfico visual.

### **4.1.3. Procedimiento para la delimitación hidrográfica de la subcuenca en estudio**

Para poder realizar la delimitación de la subcuenca hidrográfica se utilizó las herramientas de sistemas de Información Geográfica para luego utilizarlo en la plataforma de software Google Earth Pro en el cual se procesó los datos para lograr obtener la delimitación de la subcuenca en estudio, se trabajó con la subcuenca del río Capillamayo, para poder analizarlo independientemente y poder obtener datos más aproximados en cuanto a la Subcuenca delimitada aplicado en el software Global Mapper y delimitación de caudales por el método de Distribución Normal.

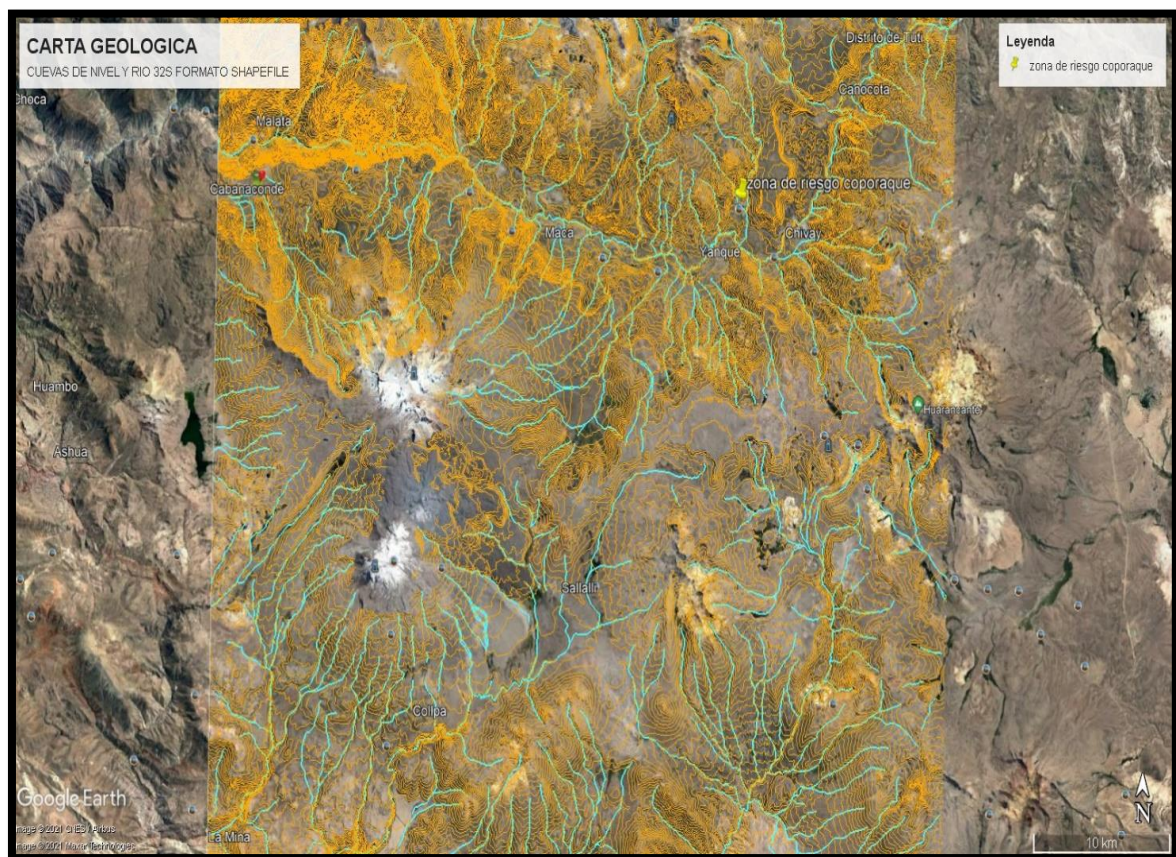
#### **4.1.3.1. Delimitación de la subcuenca hidrográfica con google earth pro y global mapper.**

Para la generación de la subcuenca Inicialmente se parte abriendo los archivos hidrográficos y cartográficos de GEO GPS PERÚ luego ubicar la zona según al sistema de coordenadas que estamos trabajando en estudio para posteriormente seleccionar la cuadrícula y descargarlo en formato 32S-curvas.shp y 32S-rios.shp.



Ya establecido y generado el archivo SHAPEFILE con las herramientas se crea un punto de salida que en función de este, el software Google Earth Pro se trazara un polígono luego exportar polígono en formato KML al software Global Mapper generando modelo digital de ubicación en formato DEM, insertamos la curva 32S-curvas.shp luego se recortara el DEM para generar la subcuenca se utiliza las herramientas WATERSHED GENERATION OPTIONS donde se ingresa STREAM CELL COUNT 75000 con la que se procesa para la generación de la subcuenca posteriormente Export Vector/Lidar Format SHAPEFILE también Exportar Áreas donde se ingresa el nombre del nuevo archivo cuenca y se ingresa el archivo de entrada que es la cuenca generada y se generara la cuenca en formato shapefile con el software Google Earth Pro identificamos la cuenca y poder extraer la cuenca y guardar con nombre subcuenca del río capillamayó.

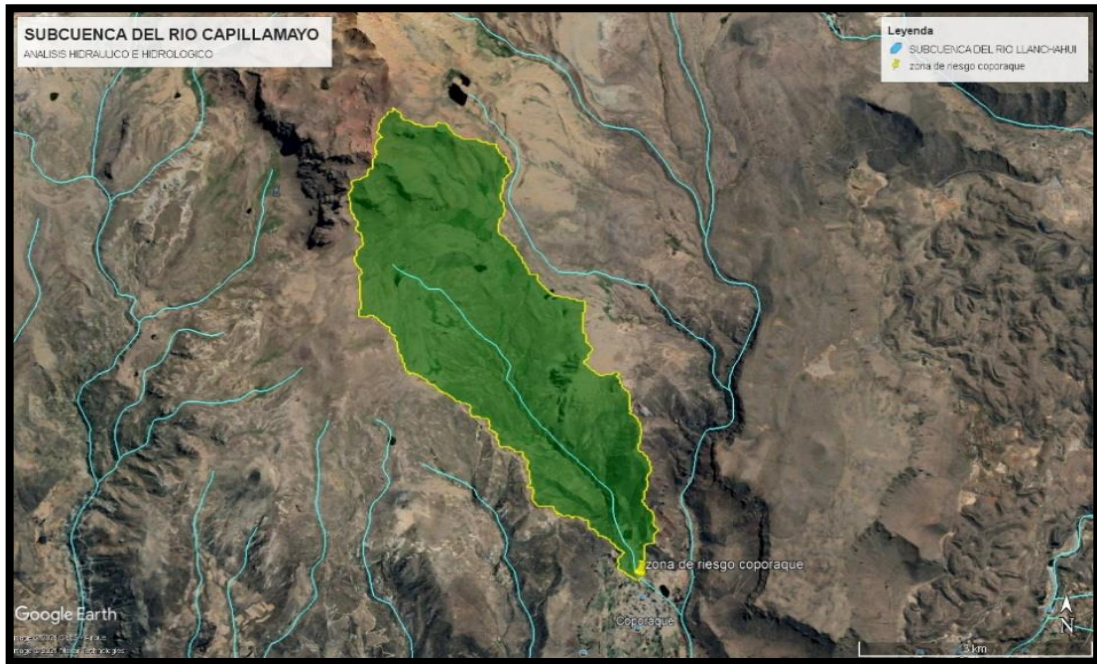
Figura 5. Cuadrante 32S con formato 32S-curvas.shp y 32S-rios.shp.



Fuente: Google Earth Pro.

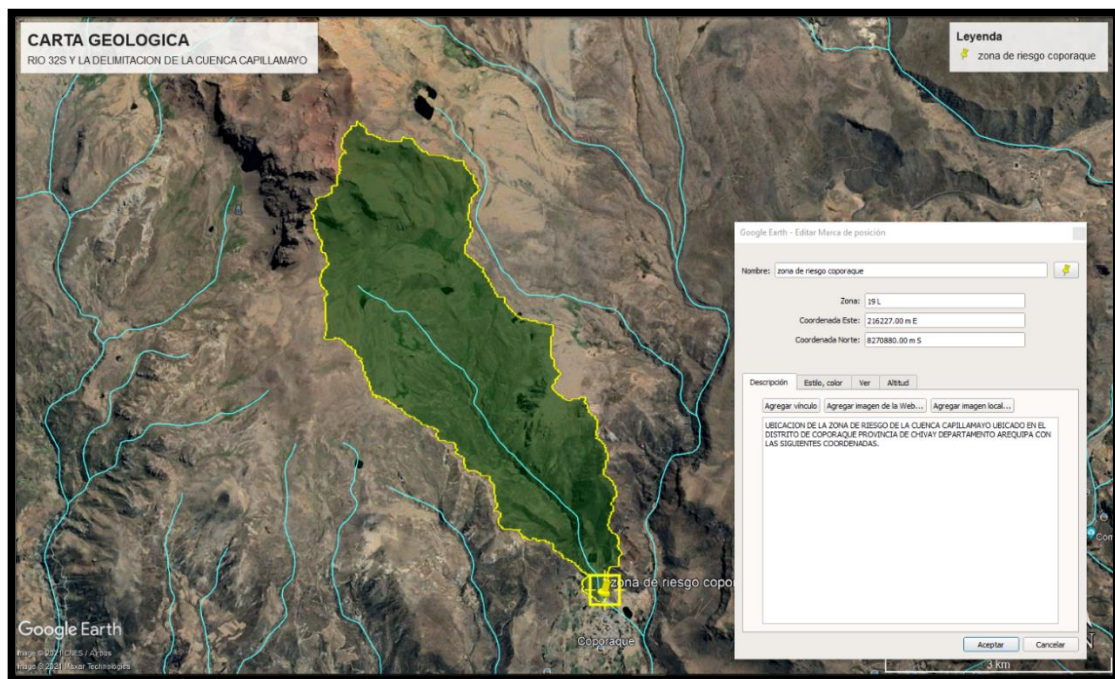


Figura 8. Delimitación de la Subcuenca Sector Huayra – Humajala.



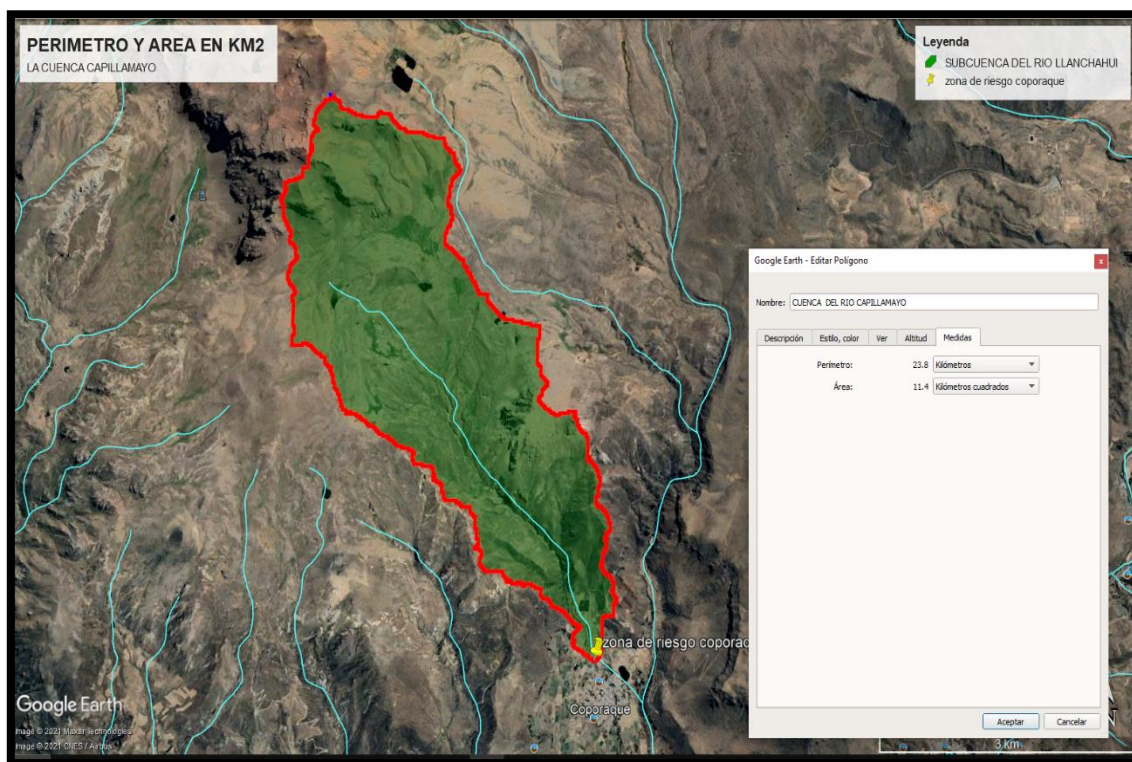
Fuente: Software Google Earth Pro.

Figura 9. Ubicación de la Subcuenca del río Capillamayo.



Fuente: Software Google Earth Pro.

Figura 10. Perímetro y Área en km<sup>2</sup> de la Subcuenca del Río Capillamayo.



Fuente: Google Earth Pro.

#### 4.1.4. Resultado del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.4.1. Información meteorológica

La información de precipitaciones máximas avenidas de la estación de Chivay fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología sede Arequipa registrada desde el año 1964-2021.

Dicha información fue muy necesaria para los cálculos de precipitaciones planteada en el proyecto, la que a su vez está plasmado en la tabla 4, ahí podremos visualizar toda la información que nos brindó el SENAMHI sede Arequipa y se llegó a calcular P. MAX.

##### 4.1.4.2. Cálculo hidráulico de la subcuenca Capillamayo

Se quiere efectuar el cálculo del máximo caudal en la subcuenca Capillamayo de Chivay, del distrito de Coporaque, Se tiene información de precipitación máxima en 24 horas para los años indicados en el registro señalado de la estación Chivay, que servirá para las determinaciones indicadas.

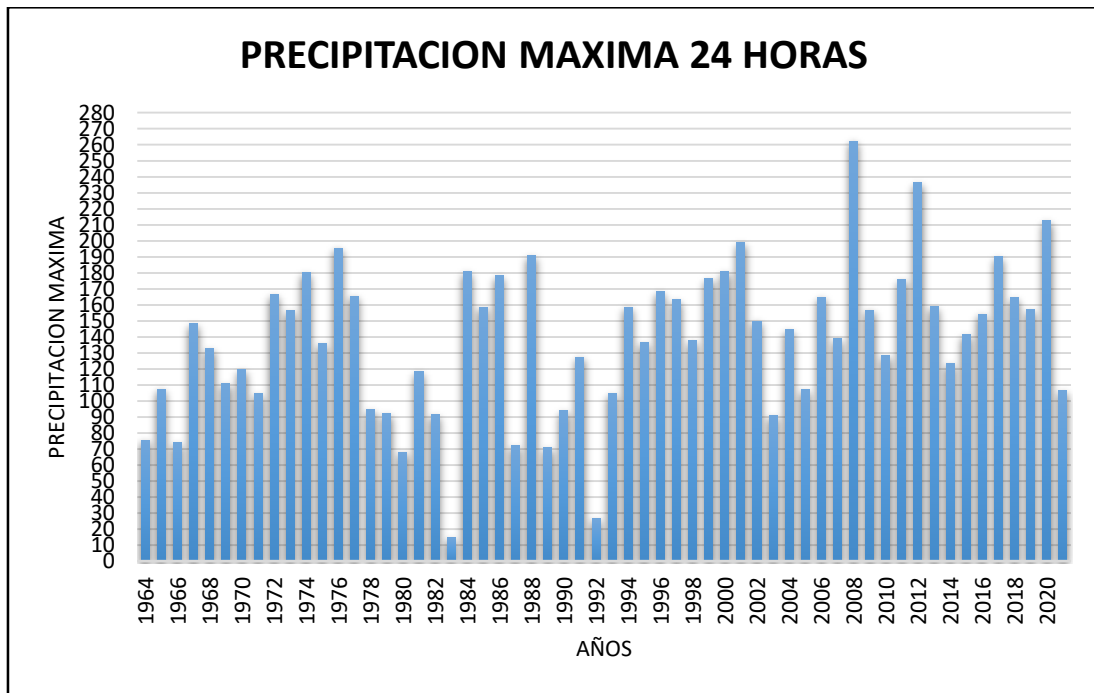
## Registró De Precipitación Máxima 24 Horas Anual

Tabla 5. Precipitaciones máximas 24 horas, 1964-2021.

ESTACION CHIVAY													
Suma de PP													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. MAX
1964										14	49.9	75.5	75.5
1965	34.8	107.4	31	0	0	0	2.6	0	10.6	1.7	1.6	40.6	107.4
1966	14.1	73.7	60.5	0.7	33.1	0	0	0	0.7	39.6	26.3	22.5	73.7
1967	116	148.1	82.1	20	8.2	0	2.9	1.3	19.6	20.3	12.5	36.4	148.1
1968	132.7	53	125.8	1	14.9	2.6	3.2	0.1	5.6	23.2	18.3	42.4	132.7
1969	46.7	110.9	102	23.9	0	0.4	0	0.5	5.1	0.4	43	73.3	110.9
1970	119.8	81.9	109	8.1	14.8	0	0	0	11.8	19.7	3.4	51.3	119.8
1971	104.6	77	45.8	20.1	0	0	0	1.7	0	4.5	4.5	60.4	104.6
1972	145	121.8	166.4	21.3	0	0	1	0	29.2	37.5	1.7	57.4	166.4
1973	156.4	103	120.4	67.8	0.8	0	3.2	12.2	31.1	0	10.7	16.7	156.4
1974	180	117.3	21.9	44	0	10	0	56.4	6.2	0	0	38.3	180
1975	89.9	135.8	110.8	24.8	14.7	1.6	0	0	0	6.4	0	132.4	135.8
1976	195.5	103.2	103.2	13.3	4.3	0	10.3	11.1	43.9	0	0	38.2	195.5
1977	33.6	165.6	67.7	2.1	0	0	0	0	4.5	23.1	48.5	39.8	165.6
1978	94.8	12	34.3	42.4	0	0	4.1	0	0	17.6	9	14.9	94.8
1979	45.9	18.4	92.2	3	0	0	1.5	0	0	17.6	38.8	43.9	92.2
1980	27.1	55.5	67.9	0	0	0	0	0	26	65.7	2.4	34	67.9
1981	109.4	118.4	17.6	41.6	0	0	0	33.7	0	0	28.2	42.4	118.4
1982	91.6	52.7	79.7	9.5	0	0	0	0	39.1	38.1	61.3	26.4	91.6
1983	13.4	14.6	13.8	11	5	0	0	0	0	0	0	5	14.6
1984		167.2	180.8	6.7	0	14.8	0	0	0	69.7	79.4	65.6	180.8
1985	29	158.6	99.4	40.1	8.7	0	0	0	5	0	26.4	96.5	158.6
1986	97	178.1	135.9	53.6	0	0	0	10.5	3.6	1.5	10.4	105.5	178.1
1987	71.9	28.6	38.3	5	0	0	9.7	0	0	7.5	0	0	71.9
1988	190.9	18.8	33	12.2	18.1	0	0	0	0	0	0	22.8	190.9
1989	71	56.4	25.6	15.4	0	0	0	0	0	0	13	0	71
1990	59	26.2	60.7		4.4	52.4	0	8.9	0	12.1	63	93.7	93.7
1991	122.1	55.8	127.4	22.3	0	18.6	0		0	3.4	51.4	34.8	127.4
1992	22.5	26.5	3.2							24.4	8.6		26.5
1993	104.5	30.8	90.5	12.6	1	0	0	16.2	0	21.5	3.5	53.8	104.5
1994	158.6	132.7	50.3	25.6	0	0	0	1.6	0	0	15	36.5	158.6
1995	101.5	25.1	136.4	10.6	0	0	0	0	0	0	33.6	49.4	136.4
1996	66.9	168.4	54.1	34.7	0.5	0	0	7.3	0	1.2	29.7	51.5	168.4
1997	119	163.2	104.8	10	0	0	0	27.1	64.4	0	11.5	76	163.2
1998	137.5	66.2	69.3	3.3	0	0	0	0	0	0	40.6	70.6	137.5
1999	98.8	169.8	176.5	39.3	0	0	0	0	19.6	37.5	3.1	51.9	176.5
2000	180.7	121	103.8	45.8	10.5	0	0	1.9	0	40.2	0	56.7	180.7
2001	121.2	198.9	98.4	54.9	1.6	1.3	0	4.9	8	22.6	1.2	12.8	198.9
2002	72.2	149.9	133.3	36.3	12.2	0	35.8	0.3	0.8	2	33	103.5	149.9
2003	40.3	91	66	19.7	6.5	0	0	4.5	1	0	0.4	46.6	91
2004	144.8	90.1	121.9	40.2	0	0	7.6	3.1	24.3	0	0	37.1	144.8
2005	68.7	106.9	67	7.9	0	0	0	0	19.9	0.2	0.3	68.2	106.9
2006	116.8	114.8	165	7.2	0	0	0	0	14.3	26.1	42.3	33.9	165
2007	138.8	120.8	102.9	35.1	1.6	0.9	0	0	0.8	0.7	18.1	53.3	138.8
2008	262.3	111.9	32.4	0	0	0	0	1.6	0	4	1.7	61	262.3
2009	81.5	156.8	83.5	60.7	0	0	11.6	0	1.3	0	20.1	14.4	156.8
2010	63.9	88.9	44	15.1	11.8	0	0	0	2.5	10.9	2.9	128.2	128.2
2011	116.7	176	62.6	67.6	9.3	0	2.8	0	0	0	10.1	122.4	176
2012	165.7	236.6	110	88.1	0	0	1.3	0	18.3	22	0.4	113.7	236.6
2013	148.1	158.7	94	0	13.4	24.1	7.5	17.3	0	0	0.6	52.2	158.7
2014	123.3	12.7											123.3
2015	141.3	55	132.9	38.7	0.2	0	11.9	2.5	5	25.7	21.2	3.8	141.3
2016	21.5	154.2	32.9	84.6	0.2	10.5	2.5	0	0	5	0.2	48.4	154.2
2017	190	87.9	106	23.8	14	0	2	0	11.4	8.9	28.3	85.2	190
2018	164.4	67.2	83.2	50.1	0	12.5	18.9	0	0	0.6	2.1	30	164.4
2019	112.6	157	76.5	24.2	4.6	0	2.2	0	5.4	39.5	20.6	19.2	157
2020	147.7	212.7								29.3	13	96.8	212.7
2021	106.5	71.6	91.3	47.3	2.4	0.2		6.3	12.5	16.1			106.5
PROM	105.901786	103.216071	84.4709091	26.2886792	4.01481481	2.82830189	2.74230769	4.35849057	8.51886792	13.3684211	17.2464286	52.5054545	138.618966
DESV. STA	53.7614174	57.2729978	42.9154193	22.422376	6.66215466	8.60023205	6.13330177	10.0328774	13.4220407	16.7554912	19.5819301	32.7748742	47.2866342
MAX.	262.3	236.6	180.8	88.1	33.1	52.4	35.8	56.4	64.4	69.7	79.4	132.4	262.3
MIN.	13.4	12	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.6

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel SENAMHI.

Figura 11. Registro de Precipitaciones máximas en 24 Horas.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Procedimiento para la determinación de caudales máximos

Hoy en día podemos ver una gran variedad de Métodos utilizados para ejecutar cálculos hidrológicos que han producido buenos resultados y han hecho contribuciones significativas al estudio de estos problemas hidrológicos., para este caso haremos uso del Método Normal ya que se ajusta mejor, el cual nos permitirá determinar los caudales máximos de la subcuenca Capillamayo a través de datos de precipitaciones máximas.

#### 4.2.1.1. Distribución de frecuencia (frecuencia vs frecuencia acumulado)

##### 4.2.1.1.1. Análisis de frecuencia: normal

Tabla 6. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.

M	X	P(X)	F (Z) Ordinario	F (Z) Mom Lineal Delta	
				0.0041	0.0126
1	14.6	0.0169	0.0044	0.0041	0.0126

2	26.5	0.0339	0.0089	0.0085	0.025
3	67.9	0.0508	0.0674	0.0661	0.0165
4	71	0.0678	0.0764	0.075	0.0086
5	71.9	0.0847	0.0791	0.0778	0.0056
6	73.7	0.1017	0.0849	0.0835	0.0168
7	75.5	0.1186	0.091	0.0896	0.0277
8	91	0.1356	0.157	0.1554	0.0214
9	91.6	0.1525	0.16	0.1585	0.0075
10	92.2	0.1695	0.1631	0.1616	0.0064
11	93.7	0.1864	0.1711	0.1695	0.0154
12	94.8	0.2034	0.177	0.1755	0.0263
13	104.5	0.2203	0.2353	0.2339	0.015
14	104.6	0.2373	0.2359	0.2345	0.0013
15	106.5	0.2542	0.2485	0.2471	0.0057
16	106.9	0.2712	0.2512	0.2498	0.02
17	107.4	0.2881	0.2546	0.2532	0.0336
18	110.9	0.3051	0.2789	0.2776	0.0262
19	118.4	0.322	0.3345	0.3335	0.0124
20	119.8	0.339	0.3453	0.3444	0.0063
21	123.3	0.3559	0.373	0.3722	0.0171
22	127.4	0.3729	0.4062	0.4056	0.0333
23	128.2	0.3898	0.4128	0.4122	0.023
24	132.7	0.4068	0.4502	0.4499	0.0434
25	135.8	0.4237	0.4762	0.4761	0.0525

26	136.4	0.4407	0.4813	0.4812	0.0406
27	137.5	0.4576	0.4906	0.4905	0.0329
28	138.8	0.4746	0.5015	0.5015	0.027
29	141.3	0.4915	0.5226	0.5228	0.0311
30	144.8	0.5085	0.552	0.5523	0.0435
31	148.1	0.5254	0.5795	0.58	0.054
32	149.9	0.5424	0.5943	0.5949	0.0519
33	154.2	0.5593	0.6291	0.6299	0.0698
34	156.4	0.5763	0.6466	0.6475	0.0703
35	156.8	0.5932	0.6497	0.6506	0.0565
36	157	0.6102	0.6513	0.6522	0.0411
37	158.6	0.6271	0.6637	0.6647	0.0366
38	158.6	0.6441	0.6637	0.6647	0.0196
39	158.7	0.661	0.6645	0.6655	0.0034
40	163.2	0.678	0.6984	0.6996	0.0204
41	164.4	0.6949	0.7072	0.7084	0.0123
42	165	0.7119	0.7115	0.7128	0.0003
43	165.6	0.7288	0.7159	0.7171	0.013
44	166.4	0.7458	0.7216	0.7228	0.0242
45	168.4	0.7627	0.7356	0.7369	0.0271
46	176	0.7797	0.7854	0.7869	0.0057
47	176.5	0.7966	0.7885	0.79	0.0081
48	178.1	0.8136	0.7981	0.7996	0.0154
49	180	0.8305	0.8092	0.8108	0.0213



50	180.7	0.8475	0.8132	0.8148	0.0342
51	180.8	0.8644	0.8138	0.8154	0.0506
52	190	0.8814	0.8614	0.8629	0.02
53	190.9	0.8983	0.8656	0.8671	0.0328
54	195.5	0.9153	0.8855	0.887	0.0298
55	198.9	0.9322	0.8988	0.9003	0.0334
56	212.7	0.9492	0.9414	0.9426	0.0078
57	236.6	0.9661	0.9809	0.9815	0.0148
58	262.3	0.9831	0.9955	0.9958	0.0125

Fuente: Reporte HidroEsta.

-----

- **Ajuste con momentos ordinarios:**

-----

Como el delta teórico 0.0703, es menor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

-----

- **Parámetros de la distribución normal:**

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de localización ( $X_m$ )= 138.619

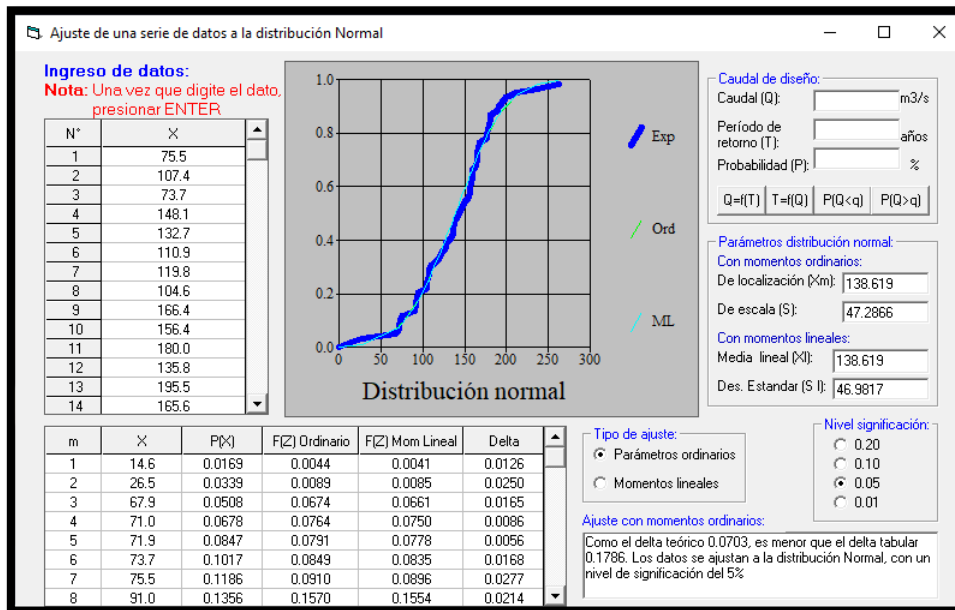
Parámetro de escala ( $S$ )= 47.2866

**Con momentos lineales:**

Media lineal ( $X_l$ )= 138.619

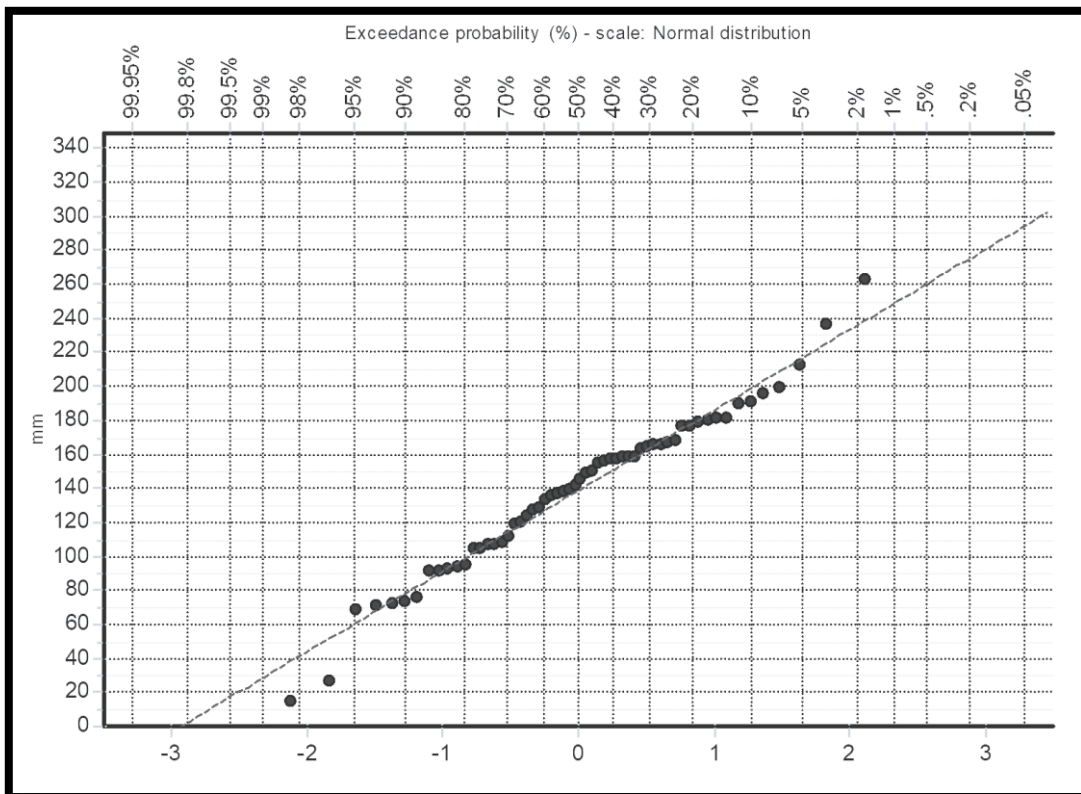
Desviación estándar lineal ( $S_l$ )= 46.9817

Figura 12. Datos Hidrometeorológicos Normal.



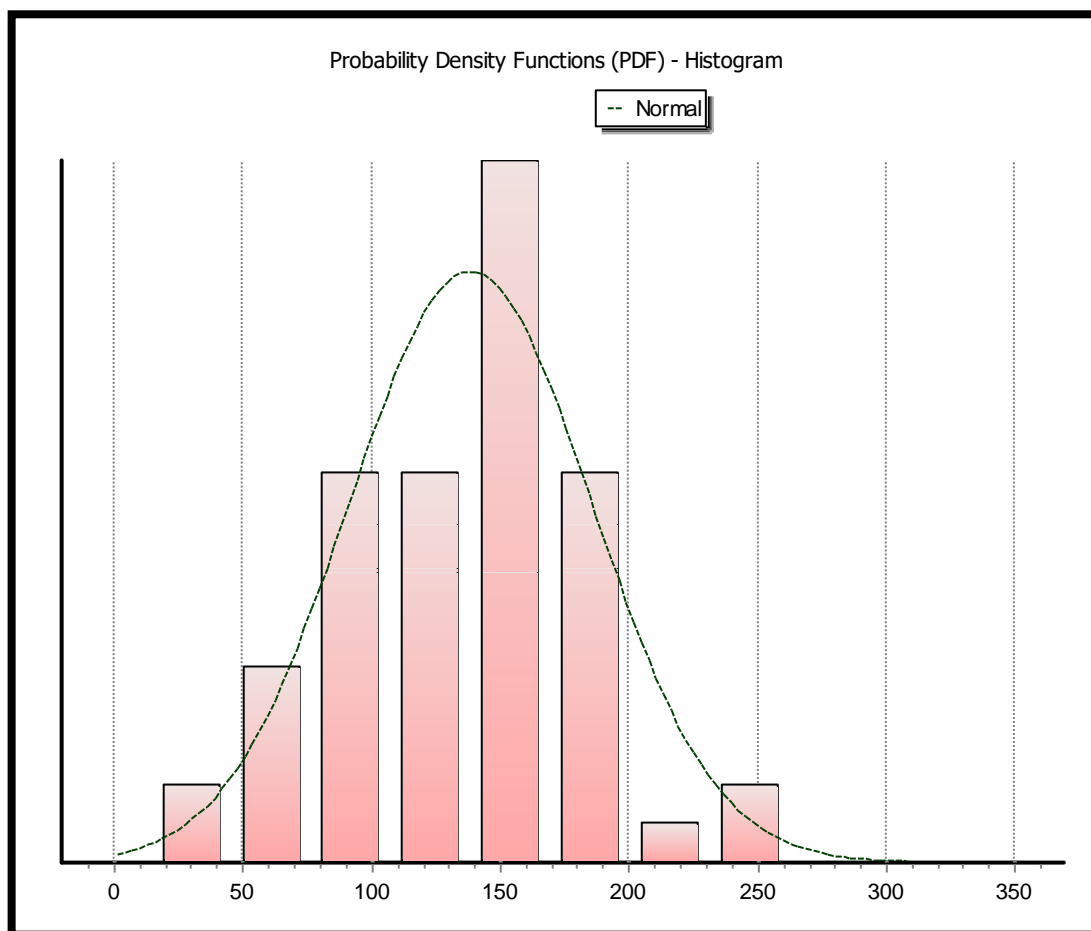
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Figura 13. Análisis de Frecuencia Normal.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

Figura 14. Hidrograma Normal.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

#### 4.2.1.1.2. Análisis de frecuencia: log normal 2 parámetros

Tabla 7. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.

M	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z)Mom Lineal	Delta
1	14.6	0.0169	0.0000	0.0000	0.0169
2	26.5	0.0339	0.0005	0.0001	0.0334
3	67.9	0.0508	0.0924	0.0623	0.0415
4	71	0.0678	0.1089	0.0768	0.0411

5	71.9	0.0847	0.1139	0.0813	0.0292
6	73.7	0.1017	0.1243	0.0907	0.0226
7	75.5	0.1186	0.135	0.1007	0.0163
8	91	0.1356	0.2387	0.2053	0.1031
9	91.6	0.1525	0.243	0.2099	0.0905
10	92.2	0.1695	0.2474	0.2145	0.0779
11	93.7	0.1864	0.2582	0.2262	0.0718
12	94.8	0.2034	0.2662	0.2348	0.0628
13	104.5	0.2203	0.3374	0.3136	0.1171
14	104.6	0.2373	0.3382	0.3144	0.1009
15	106.5	0.2542	0.3521	0.3301	0.0979
16	106.9	0.2712	0.3551	0.3334	0.0839
17	107.4	0.2881	0.3587	0.3376	0.0706
18	110.9	0.3051	0.3842	0.3666	0.0791
19	118.4	0.322	0.4377	0.428	0.1157
20	119.8	0.339	0.4475	0.4392	0.1085
21	123.3	0.3559	0.4715	0.467	0.1156
22	127.4	0.3729	0.4989	0.4988	0.126
23	128.2	0.3898	0.5042	0.5048	0.1143
24	132.7	0.4068	0.5331	0.5383	0.1263

25	135.8	0.4237	0.5524	0.5606	0.1286
26	136.4	0.4407	0.556	0.5648	0.1153
27	137.5	0.4576	0.5627	0.5725	0.1051
28	138.8	0.4746	0.5705	0.5815	0.0959
29	141.3	0.4915	0.5852	0.5984	0.0936
30	144.8	0.5085	0.6051	0.6212	0.0966
31	148.1	0.5254	0.6232	0.6419	0.0978
32	149.9	0.5424	0.6328	0.6528	0.0905
33	154.2	0.5593	0.655	0.6779	0.0957
34	156.4	0.5763	0.6659	0.6902	0.0896
35	156.8	0.5932	0.6679	0.6924	0.0746
36	157	0.6102	0.6688	0.6935	0.0587
37	158.6	0.6271	0.6765	0.7021	0.0494
38	158.6	0.6441	0.6765	0.7021	0.0325
39	158.7	0.661	0.677	0.7026	0.016
40	163.2	0.678	0.6978	0.7258	0.0199
41	164.4	0.6949	0.7032	0.7317	0.0083
42	165	0.7119	0.7058	0.7346	0.006
43	165.6	0.7288	0.7085	0.7375	0.0204
44	166.4	0.7458	0.7119	0.7413	0.0338

45	168.4	0.7627	0.7204	0.7506	0.0423
46	176	0.7797	0.7508	0.7835	0.0289
47	176.5	0.7966	0.7527	0.7855	0.0439
48	178.1	0.8136	0.7586	0.7919	0.0549
49	180	0.8305	0.7655	0.7992	0.065
50	180.7	0.8475	0.768	0.8018	0.0794
51	180.8	0.8644	0.7684	0.8022	0.096
52	190	0.8814	0.799	0.8341	0.0824
53	190.9	0.8983	0.8018	0.8369	0.0965
54	195.5	0.9153	0.8154	0.8508	0.0998
55	198.9	0.9322	0.8249	0.8604	0.1073
56	212.7	0.9492	0.8589	0.8935	0.0903
57	236.6	0.9661	0.9031	0.9338	0.063
58	262.3	0.9831	0.9353	0.9604	0.0478

Fuente: Reporte HidroEsta.

- 
- Ajuste con momentos ordinarios:
- 

Como el delta teórico 0.1286, es menor que el delta tabular 0.1786. Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

-----

- Parámetros de la distribución logNormal:

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de escala ( $\mu y$ ) = 4.8486

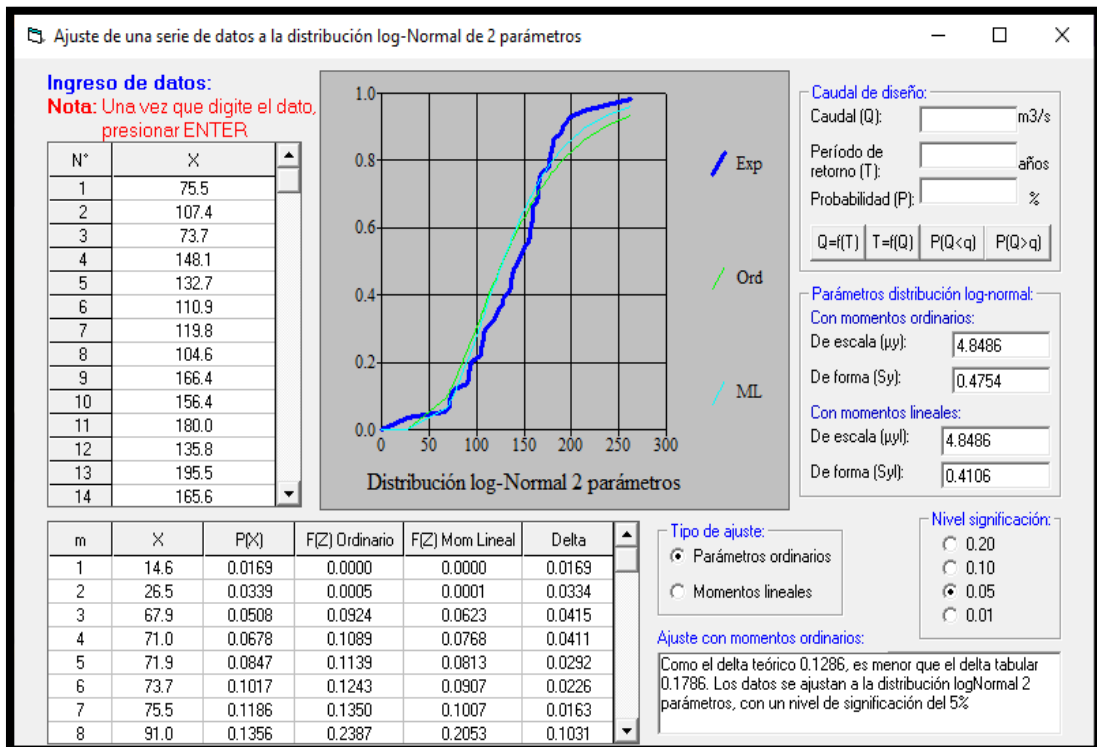
Parámetro de forma ( $Sy$ )= 0.4754

**Con momentos lineales:**

Parámetro de escala ( $\mu yl$ ) = 4.8486

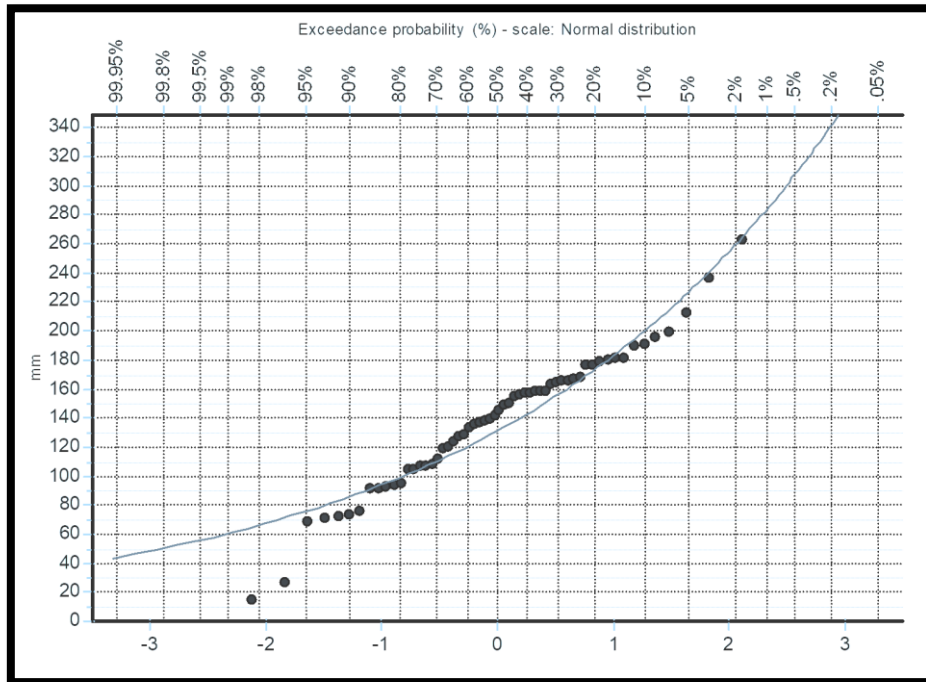
Parámetro de forma ( $Syl$ )= 0.4106

Figura 15. Datos Hidrometereológicos LogNormal.



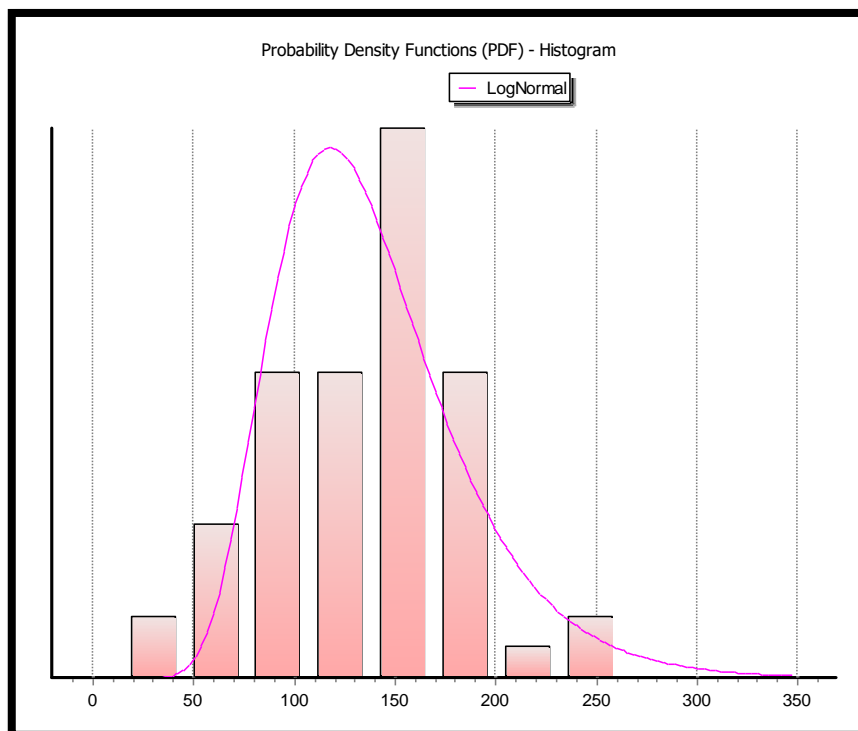
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Figura 16. Análisis de Frecuencia Log Normal 2 Parámetros.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

Figura 17. Hidrograma Log Normal 2.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.



#### 4.2.1.1.3. Ajuste serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III

Tabla 8. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.

M	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z)Mom Lineal	Delta
1	14.6	0.0169	0	0	0.0169
2	26.5	0.0339	0	0	0.0339
3	67.9	0.0508	0	0	0.0508
4	71	0.0678	0	0	0.0678
5	71.9	0.0847	0	0	0.0847
6	73.7	0.1017	0	0	0.1017
7	75.5	0.1186	0	0	0.1186
8	91	0.1356	0	0	0.1356
9	91.6	0.1525	0	0	0.1525
10	92.2	0.1695	0	0	0.1695
11	93.7	0.1864	0	0	0.1864
12	94.8	0.2034	0	0	0.2034
13	104.5	0.2203	0	0	0.2203
14	104.6	0.2373	0	0	0.2373
15	106.5	0.2542	0	0	0.2542
16	106.9	0.2712	0	0	0.2712
17	107.4	0.2881	0	0	0.2881

18	110.9	0.3051	0	0	0.3051
19	118.4	0.322	0	0	0.322
20	119.8	0.339	0	0	0.339
21	123.3	0.3559	0	0	0.3559
22	127.4	0.3729	0	0	0.3729
23	128.2	0.3898	0	0	0.3898
24	132.7	0.4068	0	0	0.4068
25	135.8	0.4237	0	0	0.4237
26	136.4	0.4407	0	0	0.4407
27	137.5	0.4576	0	0	0.4576
28	138.8	0.4746	0	0	0.4746
29	141.3	0.4915	0	0	0.4915
30	144.8	0.5085	0	0	0.5085
31	148.1	0.5254	0	0	0.5254
32	149.9	0.5424	0	0	0.5424
33	154.2	0.5593	0	0	0.5593
34	156.4	0.5763	0	0	0.5763
35	156.8	0.5932	0	0	0.5932
36	157	0.6102	0	0	0.6102
37	158.6	0.6271	0	0	0.6271

38	158.6	0.6441	0	0	0.6441
39	158.7	0.661	0	0	0.661
40	163.2	0.678	0	0	0.678
41	164.4	0.6949	0	0	0.6949
42	165	0.7119	0	0	0.7119
43	165.6	0.7288	0	0	0.7288
44	166.4	0.7458	0	0	0.7458
45	168.4	0.7627	0	0	0.7627
46	176	0.7797	0	0	0.7797
47	176.5	0.7966	0	0	0.7966
48	178.1	0.8136	0	0	0.8136
49	180	0.8305	0	0	0.8305
50	180.7	0.8475	0	0	0.8475
51	180.8	0.8644	0	0	0.8644
52	190	0.8814	0	0	0.8814
53	190.9	0.8983	0	0	0.8983
54	195.5	0.9153	0	0	0.9153
55	198.9	0.9322	0	0	0.9322
56	212.7	0.9492	0	0	0.9492
57	236.6	0.9661	0	0	0.9661

58	262.3	0.9831	0	0	0.9831
----	-------	--------	---	---	--------

Fuente: Reporte HidroEsta.

- 
- Ajuste con momentos ordinarios:

-----

Los parámetros:  $X_0$ ,  $\gamma$  y  $\beta$  calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos **no se ajustan** a la distribución Log-Pearson tipo 3

- 
- Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:

-----

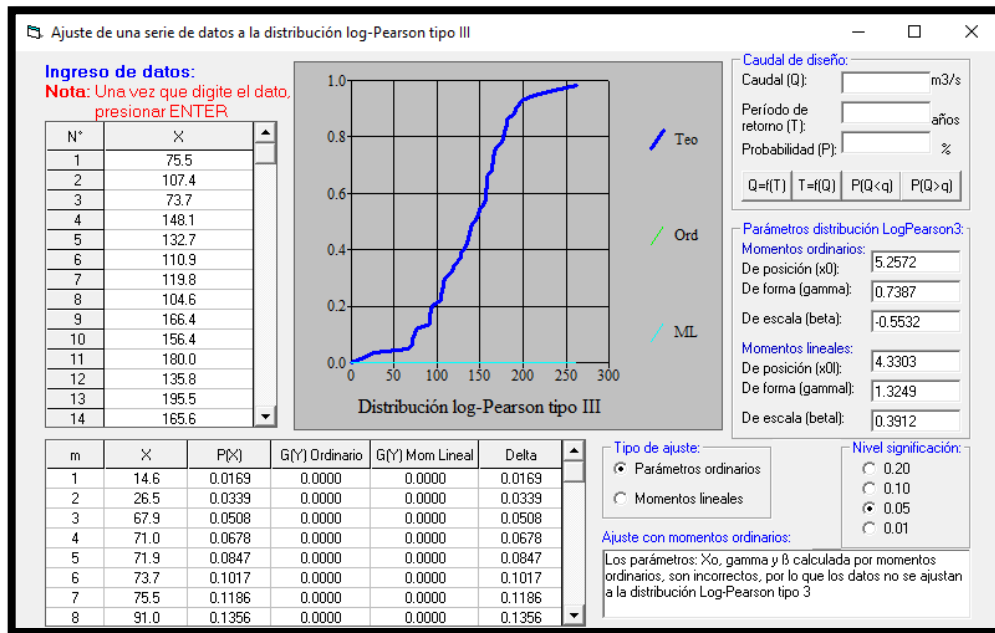
**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de localización ( $X_0$ )= 5.2572  
Parámetro de forma ( $\gamma$ )= 0.7387  
Parámetro de escala ( $\beta$ )= -0.5532

**Con momentos lineales:**

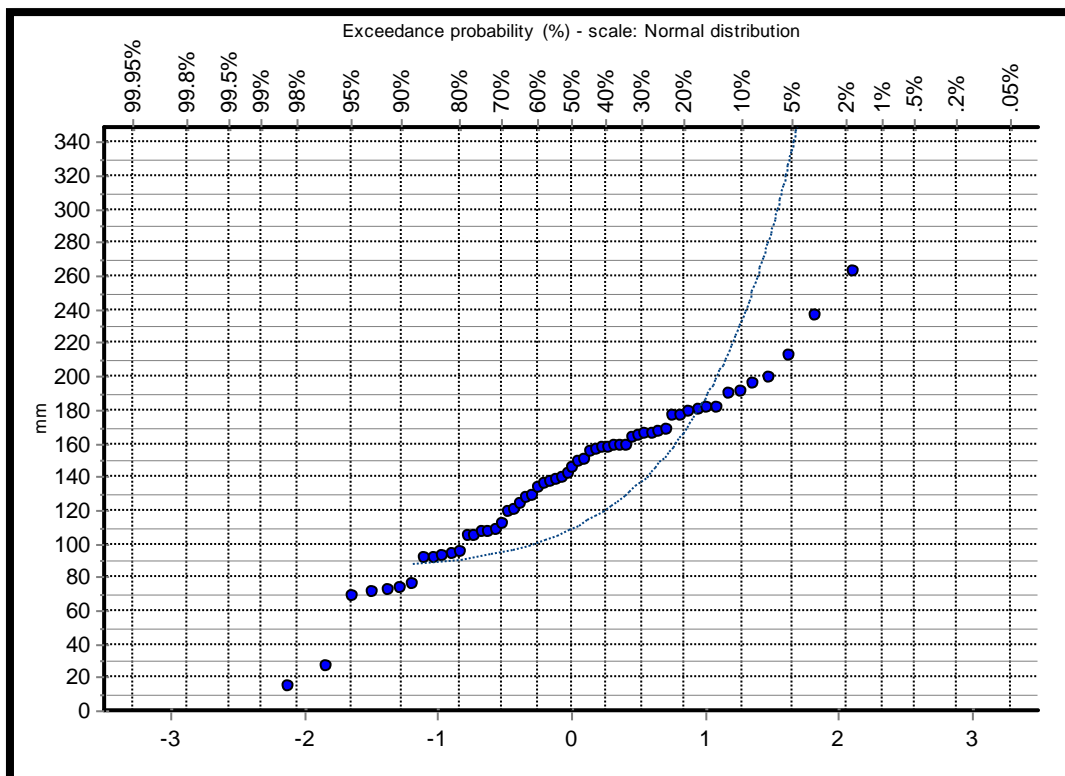
Parámetro de localización ( $X_{0l}$ )= 4.3303  
Parámetro de forma ( $\gamma_{ml}$ )= 1.3249  
Parámetro de escala ( $\beta_{ml}$ )= 0.3912

Figura 18. Datos Hidrometeorológicos Log Pearson Tipo III



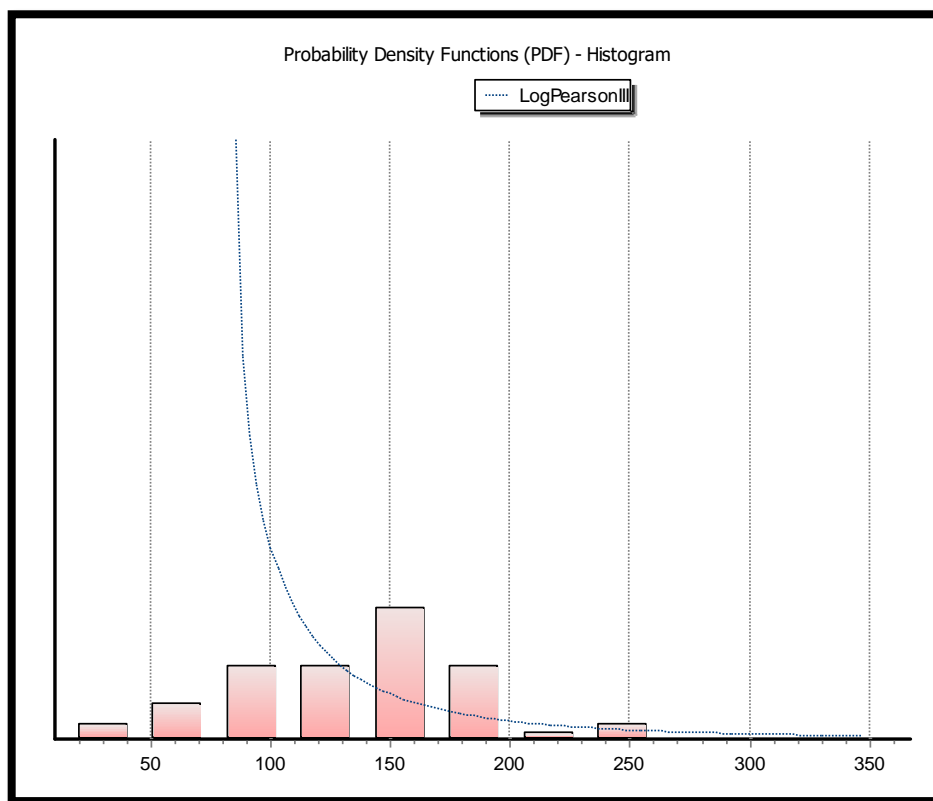
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Figura 19. Análisis de Frecuencia Log Pearson Tipo III.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

Figura 20. Hidrograma Log Pearson Tipo III.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

#### 4.2.1.1.4. Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Tabla 9. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.

M	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z)Mom Lineal	Delta
1	14.6	0.0169	0	0	0.0169
2	26.5	0.0339	0	0	0.0339
3	67.9	0.0508	0.0219	0.0282	0.029
4	71	0.0678	0.0298	0.0372	0.038
5	71.9	0.0847	0.0324	0.0402	0.0523

6	73.7	0.1017	0.0382	0.0466	0.0635
7	75.5	0.1186	0.0446	0.0537	0.0741
8	91	0.1356	0.1297	0.1422	0.0059
9	91.6	0.1525	0.134	0.1466	0.0185
10	92.2	0.1695	0.1384	0.1511	0.0311
11	93.7	0.1864	0.1498	0.1624	0.0367
12	94.8	0.2034	0.1584	0.171	0.045
13	104.5	0.2203	0.2426	0.254	0.0222
14	104.6	0.2373	0.2435	0.255	0.0062
15	106.5	0.2542	0.2614	0.2724	0.0072
16	106.9	0.2712	0.2652	0.2761	0.006
17	107.4	0.2881	0.27	0.2808	0.0181
18	110.9	0.3051	0.304	0.3138	0.0011
19	118.4	0.322	0.3785	0.3857	0.0564
20	119.8	0.339	0.3924	0.3991	0.0534
21	123.3	0.3559	0.4271	0.4325	0.0712
22	127.4	0.3729	0.4671	0.471	0.0942
23	128.2	0.3898	0.4748	0.4784	0.085
24	132.7	0.4068	0.5172	0.5192	0.1105
25	135.8	0.4237	0.5455	0.5464	0.1218

26	136.4	0.4407	0.5509	0.5516	0.1102
27	137.5	0.4576	0.5606	0.5609	0.103
28	138.8	0.4746	0.5719	0.5719	0.0974
29	141.3	0.4915	0.5933	0.5925	0.1018
30	144.8	0.5085	0.622	0.6202	0.1135
31	148.1	0.5254	0.6478	0.6452	0.1224
32	149.9	0.5424	0.6614	0.6583	0.119
33	154.2	0.5593	0.6922	0.6883	0.1328
34	156.4	0.5763	0.7071	0.7028	0.1308
35	156.8	0.5932	0.7097	0.7054	0.1165
36	157	0.6102	0.711	0.7067	0.1009
37	158.6	0.6271	0.7214	0.7168	0.0943
38	158.6	0.6441	0.7214	0.7168	0.0773
39	158.7	0.661	0.722	0.7174	0.061
40	163.2	0.678	0.7496	0.7444	0.0716
41	164.4	0.6949	0.7565	0.7512	0.0616
42	165	0.7119	0.7599	0.7545	0.0481
43	165.6	0.7288	0.7633	0.7579	0.0345
44	166.4	0.7458	0.7678	0.7622	0.022
45	168.4	0.7627	0.7785	0.7728	0.0158



46	176	0.7797	0.8157	0.8096	0.036
47	176.5	0.7966	0.8179	0.8118	0.0213
48	178.1	0.8136	0.825	0.8188	0.0114
49	180	0.8305	0.833	0.8267	0.0025
50	180.7	0.8475	0.8358	0.8296	0.0116
51	180.8	0.8644	0.8362	0.83	0.0282
52	190	0.8814	0.8699	0.8637	0.0114
53	190.9	0.8983	0.8729	0.8667	0.0254
54	195.5	0.9153	0.8869	0.8809	0.0284
55	198.9	0.9322	0.8963	0.8904	0.0359
56	212.7	0.9492	0.9275	0.9223	0.0217
57	236.6	0.9661	0.9614	0.9576	0.0047
58	262.3	0.9831	0.9806	0.9781	0.0025

Fuente: Reporte HidroEsta.

-----

- **Ajuste con momentos ordinarios:**

-----

Como el delta teórico 0.1328, es menor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos **se ajustan** a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

-----

- **Parámetros de la distribución Gumbel:**

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 117.3375

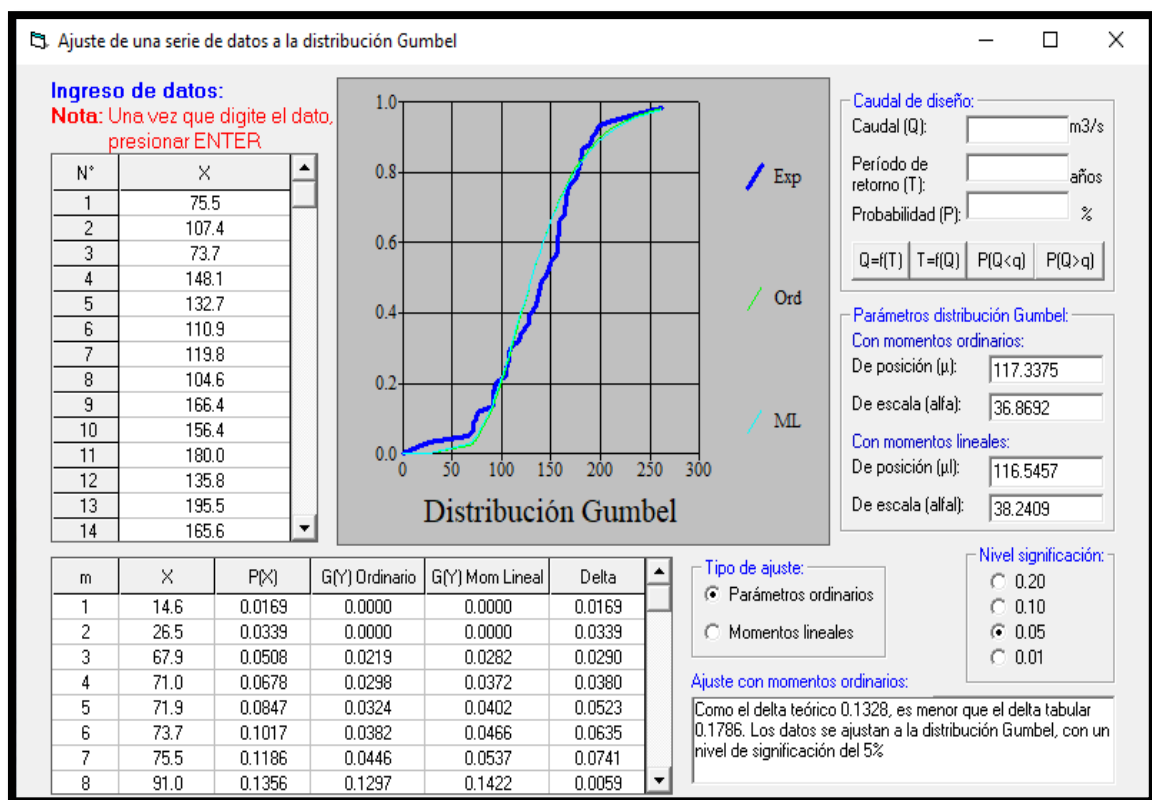
Parámetro de escala (alfa)= 36.8692

**Con momentos lineales:**

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 116.5457

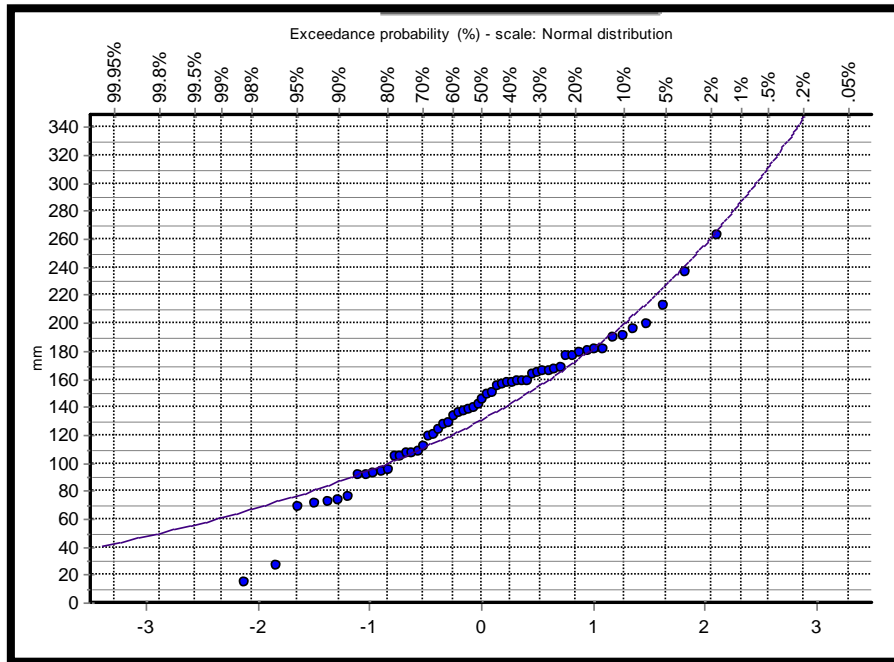
Parámetro de escala (alfa)= 38.2409

Figura 21. Datos Hidrometeorológicos Distribución Gumbel.



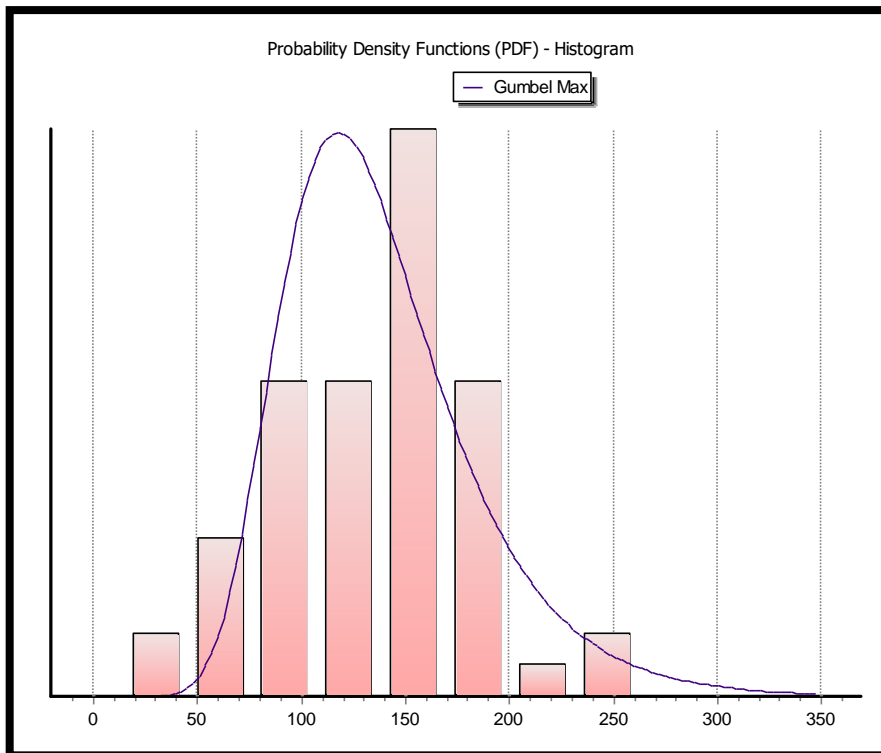
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Figura 22. Ajuste de una Serie de Datos a la Distribución Gumbel.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

Figura 23. Hidrograma Distribución Gumbel.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

**4.2.1.1.5. Ajuste de una serie de datos a la distribución log Gumbel o distribución de Fréchet**

*Figura 24. Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.*

<b>M</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>F(Z)Mom Lineal</b>	<b>Delta</b>
1	14.6	0.0169	0	0	0.0169
2	26.5	0.0339	0	0	0.0339
3	67.9	0.0508	0.0461	0.0246	0.0047
4	71	0.0678	0.0654	0.0391	0.0024
5	71.9	0.0847	0.0716	0.0441	0.0131
6	73.7	0.1017	0.0849	0.0551	0.0168
7	75.5	0.1186	0.0992	0.0674	0.0195
8	91	0.1356	0.2475	0.2138	0.1119
9	91.6	0.1525	0.2536	0.2203	0.1011
10	92.2	0.1695	0.2598	0.2269	0.0903
11	93.7	0.1864	0.2751	0.2433	0.0887
12	94.8	0.2034	0.2864	0.2554	0.083
13	104.5	0.2203	0.3823	0.3607	0.162
14	104.6	0.2373	0.3833	0.3617	0.146
15	106.5	0.2542	0.4011	0.3816	0.1469
16	106.9	0.2712	0.4048	0.3857	0.1336

17	107.4	0.2881	0.4094	0.3908	0.1213
18	110.9	0.3051	0.4408	0.4259	0.1358
19	118.4	0.322	0.5033	0.4957	0.1813
20	119.8	0.339	0.5142	0.5079	0.1752
21	123.3	0.3559	0.5404	0.5371	0.1845
22	127.4	0.3729	0.5693	0.5691	0.1964
23	128.2	0.3898	0.5747	0.5751	0.1848
24	132.7	0.4068	0.6037	0.6072	0.1969
25	135.8	0.4237	0.6223	0.6278	0.1986
26	136.4	0.4407	0.6258	0.6316	0.1852
27	137.5	0.4576	0.6322	0.6385	0.1745
28	138.8	0.4746	0.6395	0.6465	0.1649
29	141.3	0.4915	0.6531	0.6614	0.1615
30	144.8	0.5085	0.6711	0.681	0.1626
31	148.1	0.5254	0.687	0.6982	0.1616
32	149.9	0.5424	0.6954	0.7072	0.153
33	154.2	0.5593	0.7142	0.7274	0.1549
34	156.4	0.5763	0.7232	0.737	0.147
35	156.8	0.5932	0.7249	0.7388	0.1316
36	157	0.6102	0.7257	0.7396	0.1155

37	158.6	0.6271	0.732	0.7463	0.1048
38	158.6	0.6441	0.732	0.7463	0.0879
39	158.7	0.661	0.7324	0.7467	0.0713
40	163.2	0.678	0.7491	0.7644	0.0711
41	164.4	0.6949	0.7534	0.7689	0.0584
42	165	0.7119	0.7555	0.7711	0.0436
43	165.6	0.7288	0.7575	0.7733	0.0287
44	166.4	0.7458	0.7602	0.7761	0.0145
45	168.4	0.7627	0.7669	0.7831	0.0042
46	176	0.7797	0.7901	0.8071	0.0104
47	176.5	0.7966	0.7915	0.8086	0.0051
48	178.1	0.8136	0.796	0.8132	0.0176
49	180	0.8305	0.8011	0.8184	0.0294
50	180.7	0.8475	0.803	0.8203	0.0445
51	180.8	0.8644	0.8032	0.8206	0.0612
52	190	0.8814	0.8256	0.8433	0.0558
53	190.9	0.8983	0.8276	0.8453	0.0707
54	195.5	0.9153	0.8374	0.8552	0.0779
55	198.9	0.9322	0.8442	0.8619	0.088
56	212.7	0.9492	0.8682	0.8855	0.081

57	236.6	0.9661	0.8994	0.9154	0.0667
58	262.3	0.9831	0.9228	0.9371	0.0602

Fuente: Reporte HidroEsta.

-----

- **Ajuste con momentos ordinarios:**

-----

Como el delta teórico 0.1986, es mayor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos no se ajustan a la distribución log Gumbel, con un nivel de significación del 5%

-----

- **Parámetros de la distribución log Gumbel:**

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 4.6346

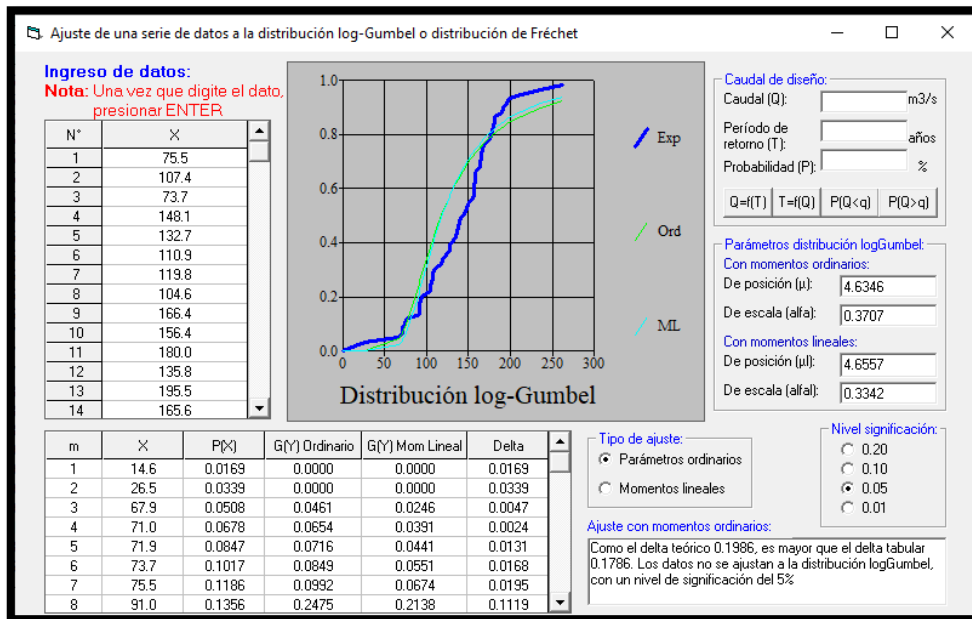
Parámetro de escala (alfa)= 0.3707

**Con momentos lineales:**

Parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 4.6557

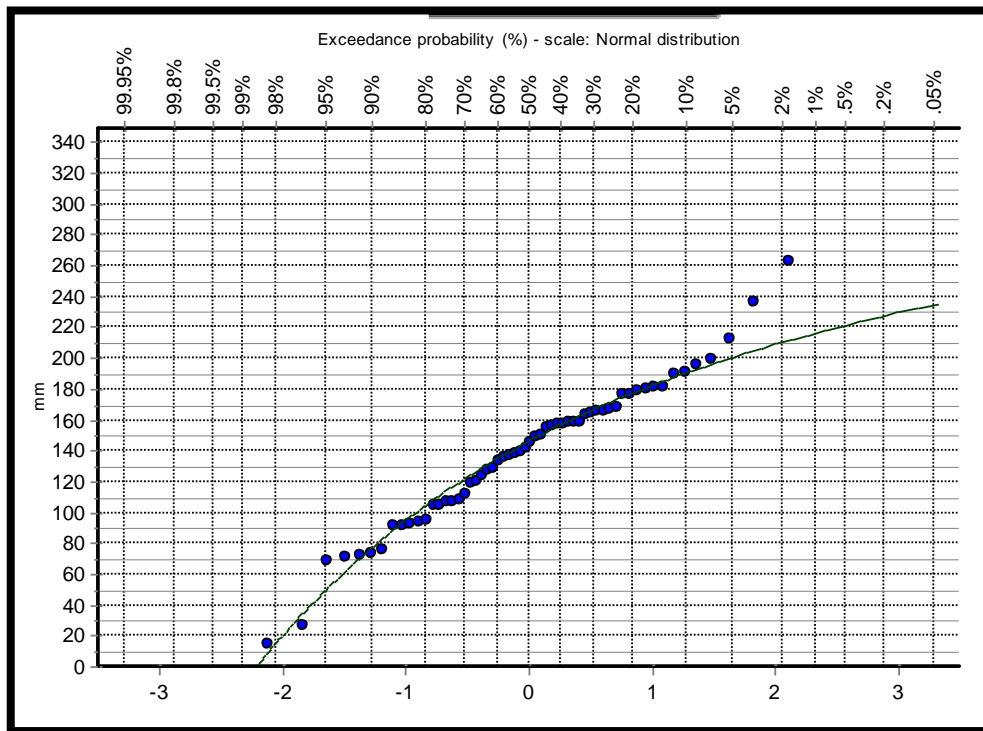
Parámetro de escala (alfal)= 0.3342

Figura 25. Datos Hidrometeorológicos Distribución Log Gumbel o Distribución de Fréchet.



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

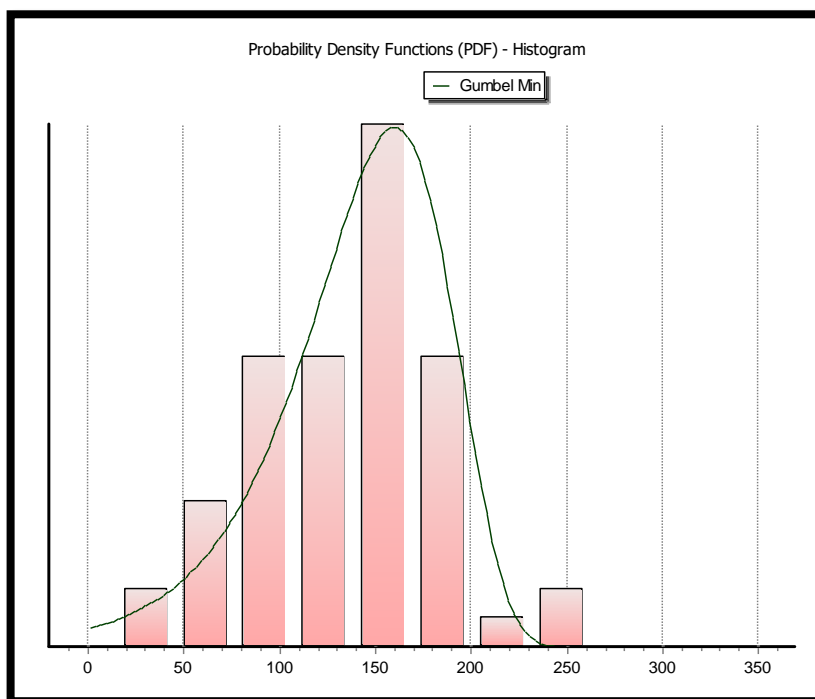
Figura 26. Ajuste de una Serie de Datos a la Distribución Log Gumbel o Distribución de Fréchet.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.



Figura 27. Hidrograma Distribución Gumbel.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

### 4.3. Resultado

#### 4.3.1. Distribución de las precipitaciones

Realizado las pruebas de ajuste para los 05 tipos de distribución de la Estación Meteorológica de Chivay se pudo obtener los siguientes resultados:

Tabla 10. Resultado del Delta Teórico.

Distribución Normal	0.0703
Log Normal 2 Parámetros	0.1286
Gumbel	0.1328
Log Pearson tipo III	No se Ajusta
Log Gumbel	0.1986

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

De acuerdo a los valores críticos de la Prueba de Kolgomorov – Smirnov para un nivel de significancia de 0.05 para 58 datos, resulta:  $\Delta$  **Tabular** = **0.0703**.

Luego:

$$0.0703 < 0.1286 < 0.1328 < 0.1479 < 0.1986$$

$$\Delta_{\text{máx.}} < \Delta_{\text{Tab}}$$

Tabla 11. Según Distribución Normal

normal	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-4	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
-3.9	0.00005	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00003
-3.8	0.00007	0.00007	0.00007	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00005	0.00005	0.00005
-3.7	0.00011	0.0001	0.0001	0.0001	0.00009	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008
-3.6	0.00016	0.00015	0.00015	0.00014	0.00014	0.00013	0.00013	0.00012	0.00012	0.00011
-3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.0002	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017
-3.4	0.00034	0.00032	0.00031	0.0003	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
-3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.0004	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
-3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.0006	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.0005
-3.1	0.00097	0.00094	0.0009	0.00087	0.00084	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
-3	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.001
-2.9	0.00187	0.00181	0.00175	0.00169	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00139
-2.8	0.00256	0.00248	0.0024	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
-2.7	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.0028	0.00272	0.00264

-2.6	0.00466	0.00453	0.0044	0.00427	0.00415	0.00402	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
-2.5	0.00621	0.00604	0.00587	0.0057	0.00554	0.00539	0.00523	0.00508	0.00494	0.0048
-2.4	0.0082	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
-2.3	0.01072	0.01044	0.01017	0.0099	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
-2.2	0.0139	0.01355	0.01321	0.01287	0.01255	0.01222	0.01191	0.0116	0.0113	0.01101
-2.1	0.01786	0.01743	0.017	0.01659	0.01618	0.01578	0.01539	0.015	0.01463	0.01426
-2	0.02275	0.02222	0.02169	0.02118	0.02068	0.02018	0.0197	0.01923	0.01876	0.01831
-1.9	0.02872	0.02807	0.02743	0.0268	0.02619	0.02559	0.025	0.02442	0.02385	0.0233
-1.8	0.03593	0.03515	0.03438	0.03362	0.03288	0.03216	0.03144	0.03074	0.03005	0.02938
-1.7	0.04457	0.04363	0.04272	0.04182	0.04093	0.04006	0.0392	0.03836	0.03754	0.03673
-1.6	0.0548	0.0537	0.05262	0.05155	0.0505	0.04947	0.04846	0.04746	0.04648	0.04551
-1.5	0.06681	0.06552	0.06426	0.06301	0.06178	0.06057	0.05938	0.05821	0.05705	0.05592
-1.4	0.08076	0.07927	0.0778	0.07636	0.07493	0.07353	0.07215	0.07078	0.06944	0.06811
-1.3	0.0968	0.0951	0.09342	0.09176	0.09012	0.08851	0.08692	0.08534	0.08379	0.08226
-1.2	0.11507	0.11314	0.11123	0.10935	0.10749	0.10565	0.10383	0.10204	0.10027	0.09853
-1.1	0.13567	0.1335	0.13136	0.12924	0.12714	0.12507	0.12302	0.121	0.119	0.11702
-1	0.15866	0.15625	0.15386	0.15151	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
-0.9	0.18406	0.18141	0.17879	0.17619	0.17361	0.17106	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
-0.8	0.21186	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
-0.7	0.24196	0.23885	0.23576	0.2327	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.2177	0.21476
-0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26435	0.26109	0.25785	0.25463	0.25143	0.24825	0.2451

-0.5	0.30854	0.30503	0.30153	0.29806	0.2946	0.29116	0.28774	0.28434	0.28096	0.2776
-0.4	0.34458	0.3409	0.33724	0.3336	0.32997	0.32636	0.32276	0.31918	0.31561	0.31207
-0.3	0.38209	0.37828	0.37448	0.3707	0.36693	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34827
-0.2	0.42074	0.41683	0.41294	0.40905	0.40517	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38591
-0.1	0.46017	0.4562	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43251	0.42858	0.42465
0	0.5	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.5279	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.5438	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.6293	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.6591	0.66276	0.6664	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.7054	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.7224
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.7549
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.7673	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.7823	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.8665	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.879	0.881	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.9032	0.9049	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.9222	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408

1.6	0.9452	0.9463	0.94738	0.94845	0.9495	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.9608	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.9732	0.97381	0.97441	0.975	0.97558	0.97615	0.9767
2	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.9803	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.983	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.985	0.98537	0.98574
2.2	0.9861	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.9884	0.9887	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.9901	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.9918	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.9943	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.9952
2.6	0.99534	0.99547	0.9956	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.9972	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.9976	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.999
3.1	0.99903	0.99906	0.9991	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.9994	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.9995
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.9996	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.9997	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.9998	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989

3.7	0.99989	0.9999	0.9999	0.9999	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

Tabla 12. Interpolación De Cálculo De Intensidades

Interpolado Para 50 Años				
	2.05	0.97982		<b>50 años</b>
Z=	2.054	0.98		Intensidad = <b>57.21</b>
	2.06	0.9803		

Interpolado Para 100 Años				
	2.32	0.98983		<b>100 años</b>
Z=	2.326	0.99		Intensidad = <b>62.46</b>
	2.33	0.9901		

Interpolado para 200 años				
	2.57	0.99492		<b>200 años</b>
Z=	2.576	0.995		Intensidad = <b>67.26</b>
	2.58	0.99506		

Interpolado para 500 años			
	2.87	0.99795	500 años Intensidad = <b>73.09</b>
Z=	2.878	0.998	
	2.88	0.99801	

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

Tabla 13. Según Distribución Normal.

Distribución Normal		
T	Intensidad mm/hr	Prob.(Pmax<=x)
50	57.21	0.98
100	62.46	0.99
200	67.26	0.995
500	73.09	0.998

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

#### 4.3.2. Según el criterio de Dyck y Peschke

- **Cálculo de intensidades y tiempo de duración**

Las precipitaciones máximas para una duración de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos, está en función de la precipitación máxima de 24 horas de acuerdo a la siguiente ecuación empírica:

$$Pd = \frac{P_{24h}}{24} \sqrt{\frac{24}{d}}$$

Donde:

P24h: Precipitación máxima en 24 horas

d: Duración en horas (fracción del tiempo en minutos considerados)

Pd: Intensidad en mm/hora por la duración considerada

Aplicando la formula calculamos para cada periodo de retorno y minutos de duración.

Para periodo de retorno en 50 años con una duración de 5 minutos

Dato: P24h = 57.21

Los 5 minutos convertido en horas = 5/60

$$Pd = \frac{57.21}{24} \sqrt{\frac{24}{5/60}} = 40.45 \text{ mm/hr}$$

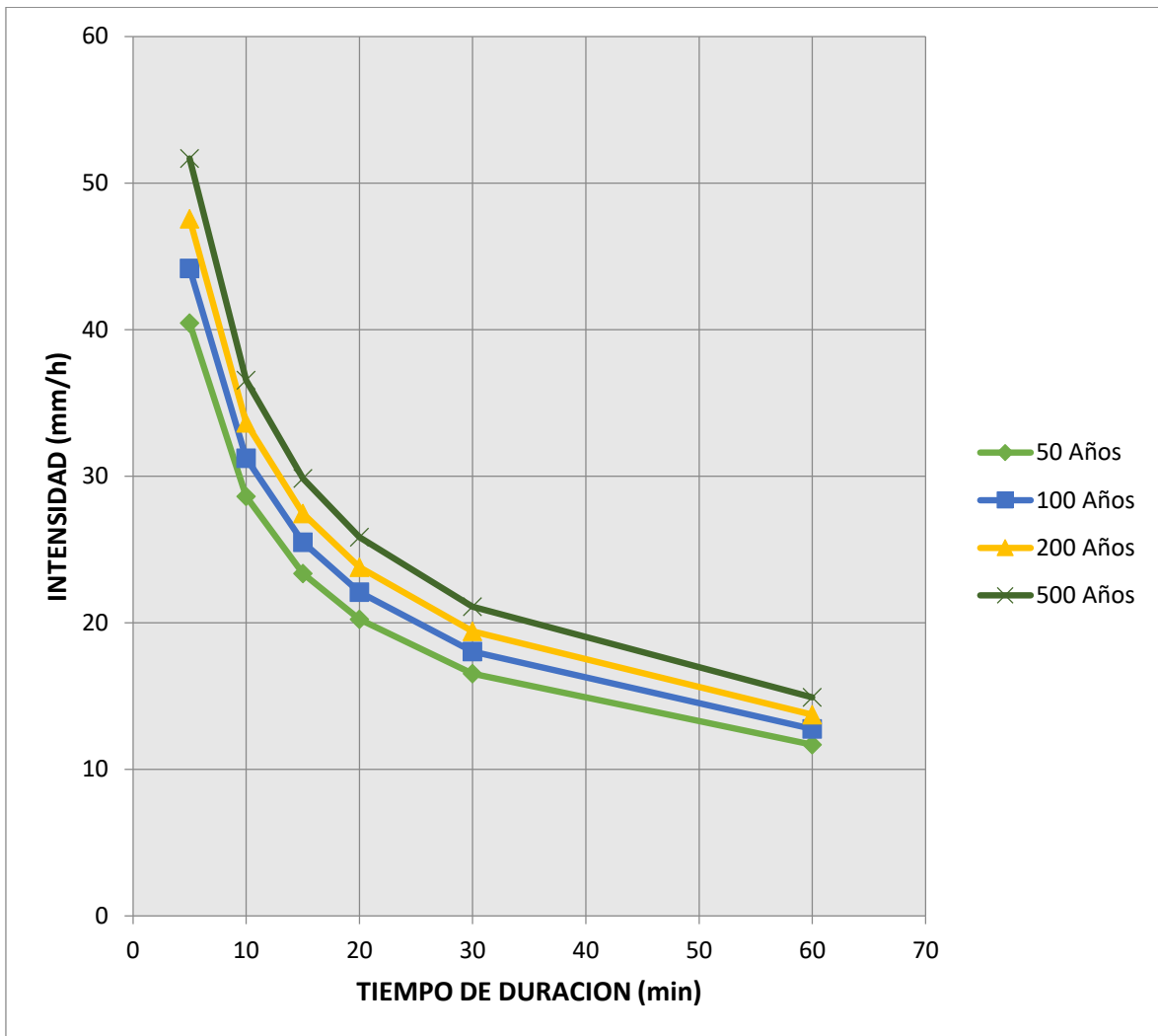
Tabla 14. Intensidades – Tiempo de Duración.

Tabla de intensidades - Tiempo de duración						
Frecuencia	Duración en minutos					
años	5	10	15	20	30	60
50	40.45	28.61	23.36	20.23	16.52	11.68
100	44.17	31.23	25.50	22.08	18.03	12.75
200	47.56	33.63	27.46	23.78	19.42	13.73
500	51.68	36.55	29.84	25.84	21.10	14.92

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.



Tabla 15. Hidrograma Intensidades – Tiempo de Duración.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

#### 4.3.3. Cálculo de caudales máximos

- **Método SCS**

Este método nos permite calcular el volumen escurrido o lluvia efectiva, la estimación del caudal máximo y la forma del hidrograma de las crecidas de un río, mediante la evaluación de gastos máximos de las cuencas rurales y urbanas, este método es recomendado por Soil Conservation Service de Estados Unidos por que analiza el procedimiento de la curva número.

Tabla 16. Valores de curvas número para áreas urbanas

Cobertura superficie	% imp	Grupo de suelo			
		A	B	C	D
Desarrollado :					
Prados y parques					
pasto < 50%		68	79	86	89
pasto 50%-75%		49	69	79	84
pasto > 75%		39	61	74	80
Áreas impermeables:					
Estacionamientos pavimentados		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
Distritos urbanos:					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residencial:					
sitios 500 m <sup>2</sup> o menor	65	77	85	90	92
sitios 1000 m <sup>2</sup>	38	61	75	83	87
sitios 2000 m <sup>2</sup>	25	54	70	80	85
sitios 5000 m <sup>2</sup>	20	51	68	79	84
sitios 10000 m <sup>2</sup>	12	46	65	77	82
Áreas en desarrollo:					
Áreas nuevas poca vegetación		77	86	91	94

Fuente: SCS (1986) TR 55.

El potencial máximo de retención de agua es función de la curva número y se calcula como sigue:

- **Determinamos el valor de curvas número “CN”**

$$A = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN = 49 arenosos o limo - areniscos Grupo - A pasto 50%-75%

S= 10.408

- Cálculo de “CN” ponderado

	CN	AREA (km)
A - pasto 50%-75%	49	11.4

CN Ponderado = 49

Abstracciones Iniciales “Ia”

$$Ia = \frac{5000}{CN} - 50.8$$

La = 52.873 mm

- Calculo del tiempo de concentración “tc”

Tabla 17. Tiempos de Concentración

Autor	Expresión	Observaciones
Kirpich (1940)	$T=0.0195*L^{0.77}/S^{0.385}$	SCS áreas rurales
California Culverts Practice (1942)	$T=56.867*(L^1/H)^{0.385}$	Cuencas de montaña
Izzard (1946)	$T=525.28*(0.0000276i+c)*L^{0.33}/(i^{0.667}S^{0.333})$	Experimentos de laboratorio
Federal Aviation Agency (1970)	$T=3.26*(1.1-C)*L^{0.5}/S^{0.33}$	Aeropuertos
Morgali y Linsley (1965)	$T=7*L^{0.6}*n^{0.6}/(i^{0.4}*S^{0.3})$	Flujo superficial
SCS(1975)	$T=258.7*L^{0.8}*((1000/CN)-9)^{0.7}/1900*S^{0.5}$	Cuencas rurales

Fuente: SCS (1986).

Nota:

T= tiempo de concentración

L= longitud de escurrimiento superficial

L= longitud cauce

S= pendiente

H= diferencia de alturas en cuenca

I= intensidad de lluvia

C= coeficiente de escurrimiento

CN= curva numero

n= rugosidad superficial de Manning

- **SCS áreas naturales**

Aplicamos el método Kirpich (1940)

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

L= 5597 m

H= 1606 m – 352 m = 1254 m

**Tc= 26.673 min**

- **Cálculo del tiempo de retardo**

Lag Time = 0.6\*tc

**Lag Time = 16.004 min**

- **Área total de la subcuenca en Km2**

DISTRITO	Área Km2
Subcuenca Capillamayo	11.400

$$T_c = 0,000323 \cdot \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right)$$

$$A = \frac{1000}{CN} - 10$$

$$S = 10.408$$

$$Tc = 0,000323 \left[ \frac{(1.350m)^{0,77}}{0,111^{0,385}} \right]$$

$$I = \frac{615 \cdot Tr^{0,18}}{(D + 5)^{0,685}}$$

Tabla 18. Distribución normal

Distribución Normal		
T	Intensidad mm/hr	Prob(Pmax<=x)
50	57.21	0.98
100	62.46	0.99
200	67.26	0.995
500	73.09	0.998

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

Valores del coeficiente de escorrentía que se muestran se han obtenido a partir de parcelas experimentales la pendiente es de 8.6%.

Tabla 19. Tabla de Prevert (1986)

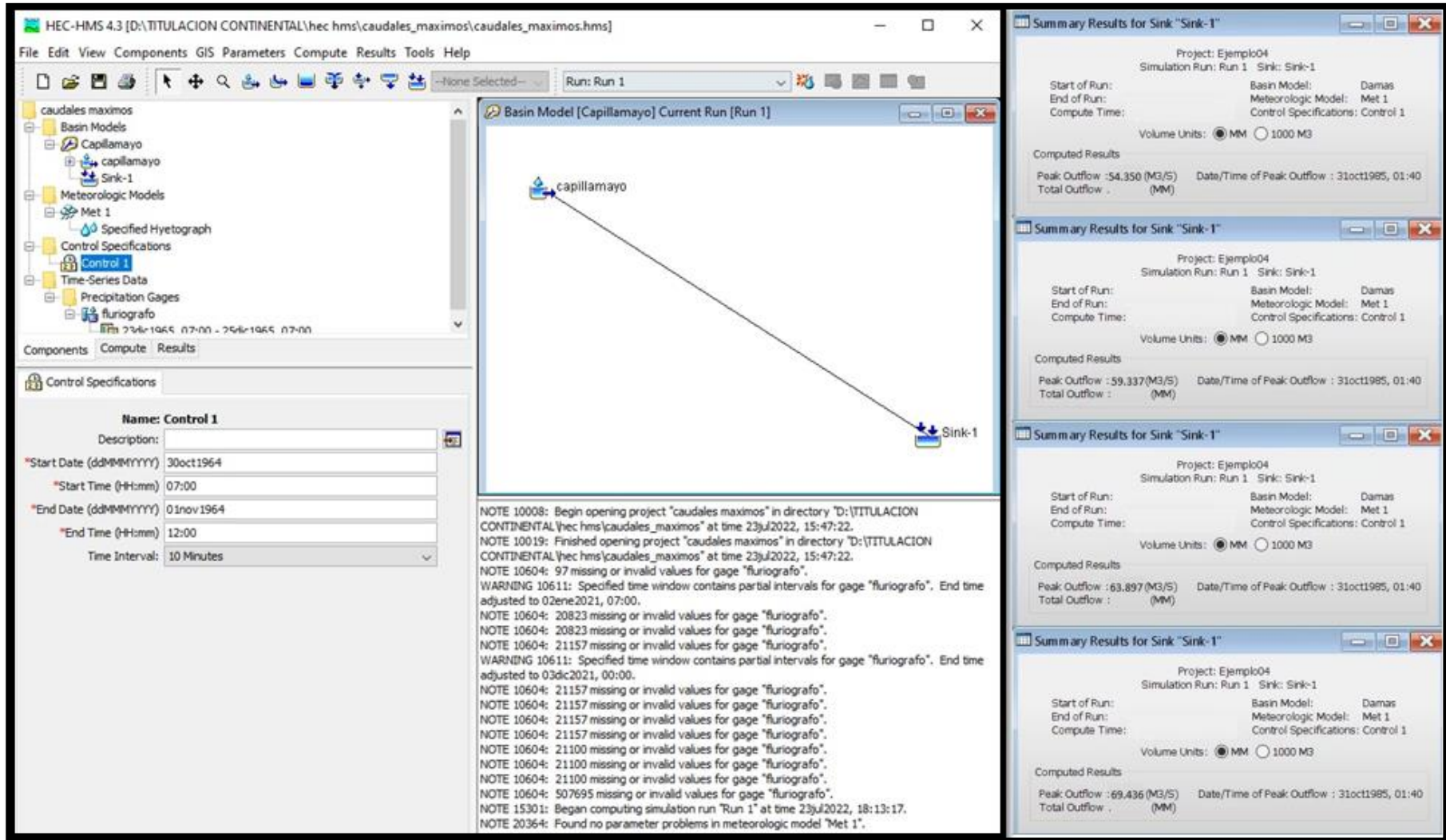
Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo		
		Arenoso – limoso Limoso - arenoso	Limoso Limoso - arenoso	Arcilloso
Bosque	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.40	0.60
	>30	0.32	0.42	0.63
Pastizal	0 – 5	0.15	0.35	0.45
	5 – 10	0.30	0.40	0.55
	10 – 30	0.35	0.45	0.65
	>30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.66	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80
	>30	0.53	0.74	0.84

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

Coefficiente de escorrentía =	<b>0.30</b>
-------------------------------	-------------

- **Cálculo De Caudal Máximo Para La Cuencas**

Figura 28. Insertando al software hec-hms CN, la, Lag Time y Tc y las 58 precipitaciones máximas



## COPORAQUE

$Q_{\max 50} =$	54.350	$m^3/s$
$Q_{\max 100} =$	59.337	$m^3/s$
$Q_{\max 200} =$	63.897	$m^3/s$
$Q_{\max 500} =$	69.436	$m^3/s$

### 4.3.4. Datos de control para realizar la simulación

Con los datos obtenidos de precipitaciones máximas registrados en 24 hrs. podemos dar inicio al proceso de simulación gráfica, en donde podremos visualizar los caudales máximos reales de nuestra zona de influencia.

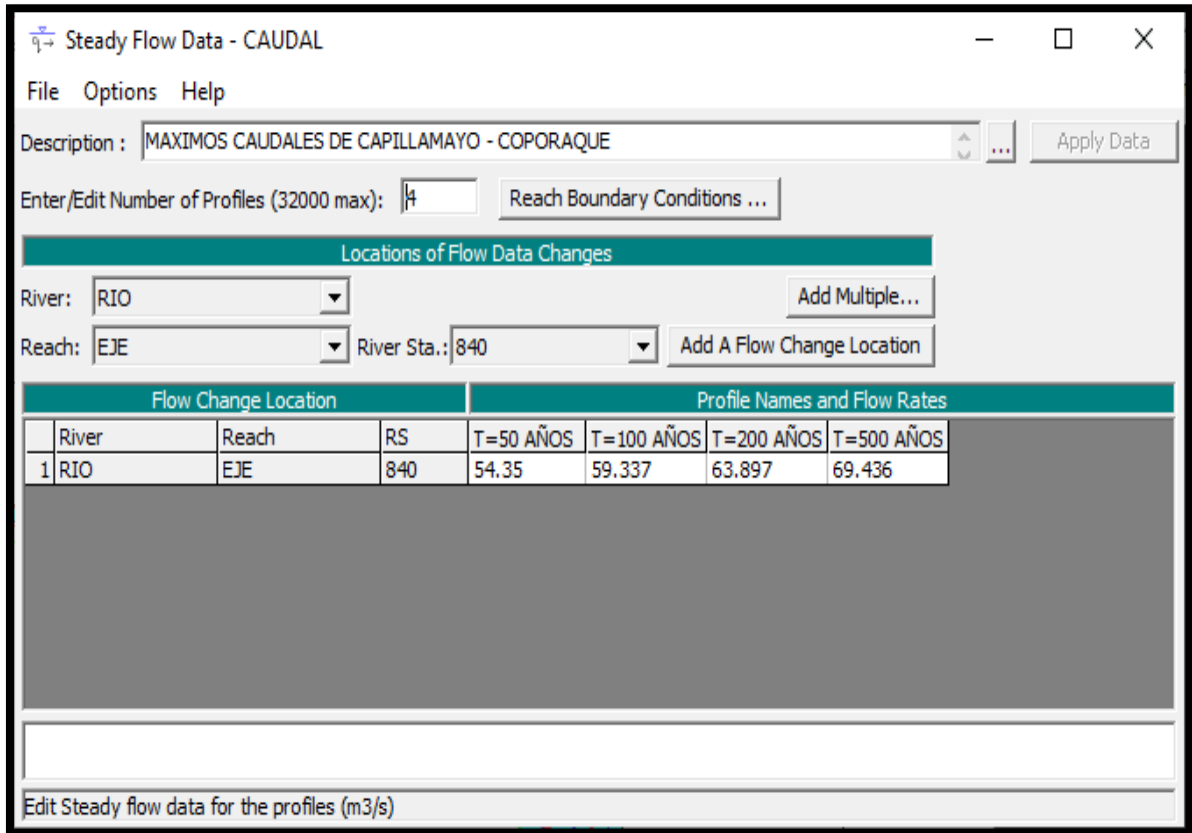
Antes de realizar el análisis de la Subcuenca del río Capillamayo se tiene que ingresar los caudales máximos en distintos periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 año.

#### 4.3.4.1. Insertar datos del flujo

Con los datos ya establecidos y con la confiabilidad presente de las máximas precipitaciones en diferentes periodos de retorno procedemos con el ingreso de datos hidrometereológicos al software, para eso aplicamos la opción STEADY FLOW DATA donde se apertura una ventana, aquí configuraremos el número de períodos de retorno con el que se desea trabajar la que conocemos como PROFILES.



Figura 29. Ventana para ingresar los caudales máximos determinados por el método Normal..

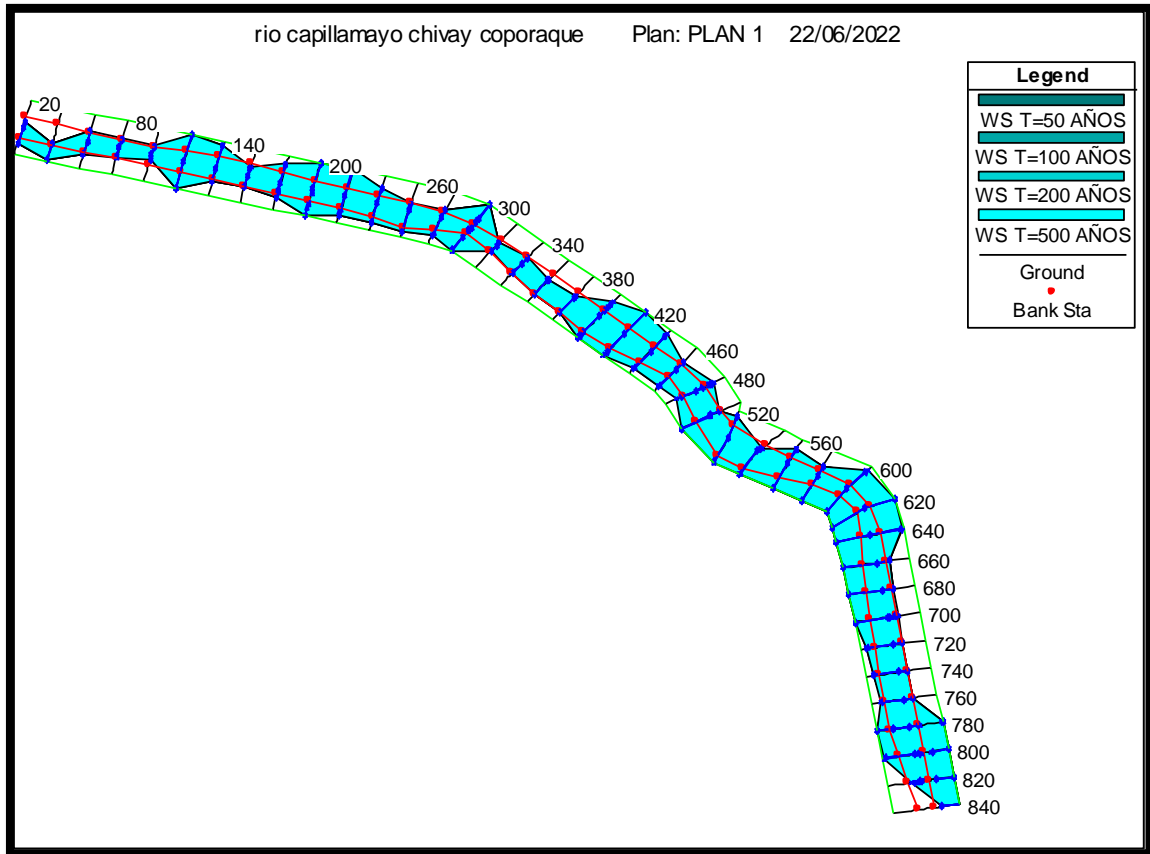


Fuente: Software HEC-RAS.

Interpretación del resultado obtenido del área en riesgo de inundación con software hec-ras:

- Tablas abajo visualizaremos los resultado obtenidos con la aplicación del software, estos resultados son producto del fenómeno tridimensional aplicado, la que a su vez nos facilitó de manera enorme en la confiabilidad del resultado en el presente estudio.

Figura 30. Generación de áreas de inundación y la simulación de flujo en el software HEC-RAS.



Fuente: Extensión HEC-RAS.

Al realizar los mapas de inundación es aconsejable seccionar cada 20 metros para las zonas con alta probabilidad de riesgo para tener la visualización exacta de los lugares afectados en función a puntos de referencia de la zona.

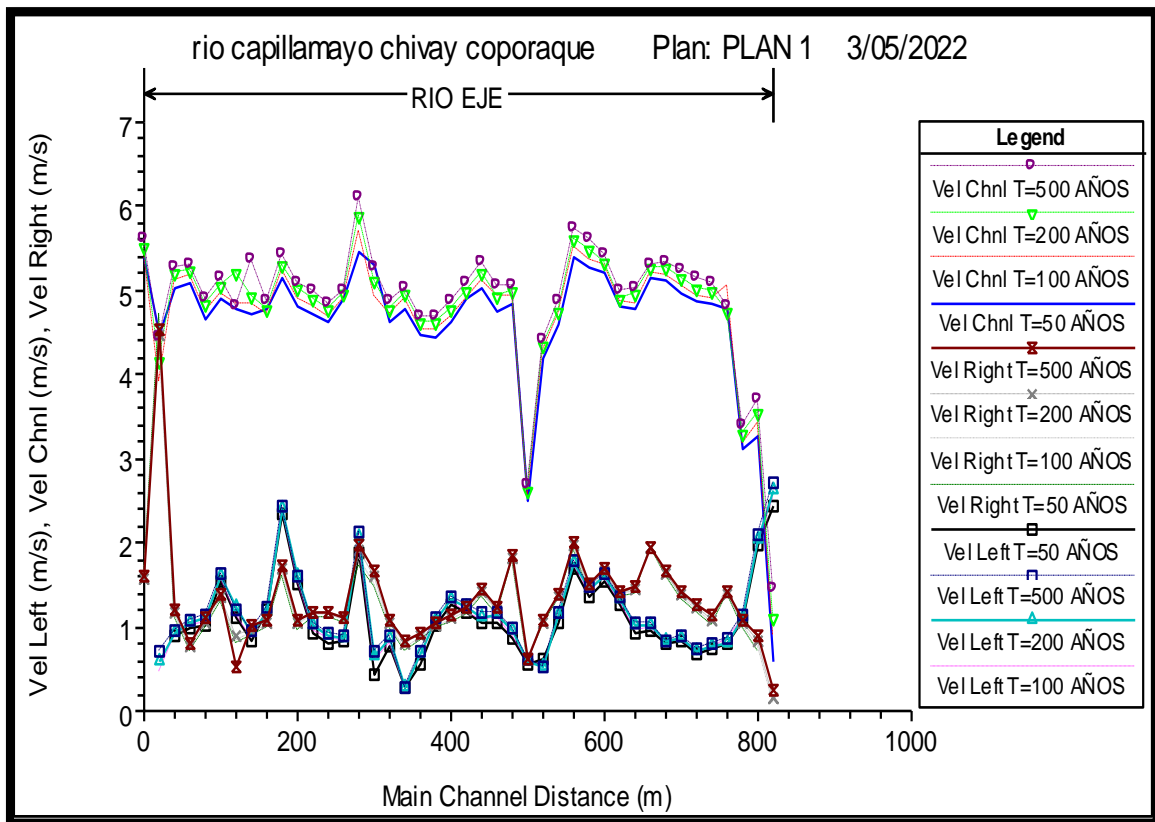
#### 4.3.4.2. Desarrollo del mapa de zonas de riesgo del río Capillamayo

Se ha logrado desarrollar todo el proceso de estudio, considerando un inicio y un final, hasta lograr generar las áreas de inundación con sus respectivos tirantes hidráulicos y velocidades de flujo, generados para caudales máximos para diferentes períodos de retorno. Realizado este estudio podremos determinar de manera casi exacta los daños que se ocasionarían por estos fenómenos de inundación a las poblaciones, infraestructura, agricultura etc.

En el presente estudio determinamos tres parámetros; como por ejemplo la inundación con su respectivo tirante de agua, la velocidad de flujo a lo largo del tramo en estudio y las zonas de inundación.

Con estos tres parámetros también pudimos analizar el grado de riesgo que se tiene en cada zona o tramo en estudio y tomar con esto acciones de mitigación de los mismos.

Figura 31. Hidrograma Río Capillamayo.



Fuente: Extensión HEC-RAS.

Tabla 20. Reporte De Intensidades Con Referencia A Los Periodos De Retorno.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE	840	T=50 AÑOS	54.35	3614.84	3613.18		3613.21	0.000299		71.72	10.51	0
EJE	840	T=100 AÑOS	59.34	3614.84	3613.26		3613.29	0.000345		72.6	10.58	0
EJE	840	T=200 AÑOS	63.9	3614.84	3613.33		3613.37	0.000389		73.36	10.63	0
EJE	840	T=500 AÑOS	69.44	3614.84	3613.42		3613.46	0.000444		74.25	10.7	0
EJE	820	T=50 AÑOS	54.35	3613.15	3613.16		3613.2	0.000347	0.05	62.81	10.59	0.18
EJE	820	T=100 AÑOS	59.34	3613.15	3613.24		3613.29	0.0004	0.18	63.73	12.37	0.26
EJE	820	T=200 AÑOS	63.9	3613.15	3613.31		3613.36	0.00045	0.27	64.65	13.91	0.3
EJE	820	T=500 AÑOS	69.44	3613.15	3613.39		3613.45	0.000511	0.34	65.88	16.7	0.33
EJE	800	T=50 AÑOS	54.35	3610.75	3613.13		3613.19	0.000286	1.46	61.39	29.36	0.37
EJE	800	T=100 AÑOS	59.34	3610.75	3613.21		3613.28	0.000311	1.52	63.75	30.21	0.39
EJE	800	T=200 AÑOS	63.9	3610.75	3613.27		3613.35	0.000334	1.58	65.87	31.04	0.4
EJE	800	T=500 AÑOS	69.44	3610.75	3613.36		3613.44	0.000369	1.61	68.53	32.67	0.42
EJE	780	T=50 AÑOS	54.35	3610.43	3612.67	3612.67	3613.14	0.002378	3.07	19.69	23.82	0.96
EJE	780	T=100 AÑOS	59.34	3610.43	3612.73	3612.73	3613.22	0.002357	3.15	21.17	24.42	0.96
EJE	780	T=200 AÑOS	63.9	3610.43	3612.79	3612.79	3613.29	0.002332	3.21	22.53	25.1	0.96
EJE	780	T=500 AÑOS	69.44	3610.43	3612.85	3612.85	3613.38	0.002294	3.28	24.23	25.93	0.96
EJE	760	T=50 AÑOS	54.35	3607.06	3608.84	3608.84	3609.35	0.00244	3.15	17.28	18.24	1.01
EJE	760	T=100 AÑOS	59.34	3607.06	3608.91	3608.91	3609.44	0.002319	3.22	18.57	18.77	1
EJE	760	T=200 AÑOS	63.9	3607.06	3608.97	3608.97	3609.52	0.002273	3.29	19.61	19.18	0.99
EJE	760	T=500 AÑOS	69.44	3607.06	3609.03	3609.03	3609.61	0.002235	3.39	20.83	19.65	0.99
EJE	740	T=50 AÑOS	54.35	3604.76	3606.64	3606.64	3607.14	0.002309	3.15	18.27	19.97	1
EJE	740	T=100 AÑOS	59.34	3604.76	3606.7	3606.7	3607.23	0.002264	3.24	19.54	20.3	0.99
EJE	740	T=200 AÑOS	63.9	3604.76	3606.76	3606.76	3607.3	0.002197	3.29	20.78	20.62	0.99
EJE	740	T=500 AÑOS	69.44	3604.76	3606.82	3606.82	3607.4	0.002196	3.39	22.02	20.93	0.99
EJE	720	T=50 AÑOS	54.35	3602.51	3604.7	3604.7	3605.21	0.00244	3.21	18.94	20.83	1.03
EJE	720	T=100 AÑOS	59.34	3602.51	3604.77	3604.77	3605.3	0.002368	3.3	20.28	21.37	1.02
EJE	720	T=200 AÑOS	63.9	3602.51	3604.82	3604.82	3605.38	0.002341	3.38	21.4	21.8	1.02
EJE	720	T=500 AÑOS	69.44	3602.51	3604.89	3604.89	3605.47	0.002246	3.45	22.96	22.4	1.01
EJE	700	T=50 AÑOS	54.35	3600.57	3603.09	3603.09	3603.61	0.001829	3.36	21.03	20.7	0.93
EJE	700	T=100 AÑOS	59.34	3600.57	3603.18	3603.18	3603.71	0.001853	3.38	22.95	21.51	0.93
EJE	700	T=200 AÑOS	63.9	3600.57	3603.25	3603.25	3603.78	0.001903	3.43	24.44	22.87	0.95
EJE	700	T=500 AÑOS	69.44	3600.57	3603.32	3603.32	3603.87	0.001963	3.5	26.15	24.2	0.96
EJE	680	T=50 AÑOS	54.35	3599.49	3601.8	3601.8	3602.26	0.005093	3.47	21.29	26.7	1.36
EJE	680	T=100 AÑOS	59.34	3599.49	3601.85	3601.85	3602.34	0.004945	3.58	22.59	26.83	1.36
EJE	680	T=200 AÑOS	63.9	3599.49	3601.91	3601.91	3602.41	0.004601	3.63	24.08	26.98	1.32
EJE	680	T=500 AÑOS	69.44	3599.49	3601.96	3601.96	3602.49	0.004447	3.73	25.53	27.13	1.32
EJE	660	T=50 AÑOS	54.35	3599.01	3601.39	3601.19	3601.74	0.001338	2.71	24.65	27.61	0.76
EJE	660	T=100 AÑOS	59.34	3599.01	3601.42	3601.25	3601.82	0.001472	2.89	25.48	28.32	0.8
EJE	660	T=200 AÑOS	63.9	3599.01	3601.44	3601.32	3601.89	0.001604	3.05	26.13	28.6	0.84
EJE	660	T=500 AÑOS	69.44	3599.01	3601.45	3601.42	3601.97	0.001856	3.29	26.35	28.66	0.9
EJE	640	T=50 AÑOS	54.35	3599.66	3601.42		3601.7	0.000943	2.54	33.76	39.74	0.68
EJE	640	T=100 AÑOS	59.34	3599.66	3601.46		3601.77	0.001007	2.67	35.36	40.23	0.7
EJE	640	T=200 AÑOS	63.9	3599.66	3601.49	3601.33	3601.83	0.001069	2.79	36.71	40.63	0.73
EJE	640	T=500 AÑOS	69.44	3599.66	3601.52	3601.39	3601.9	0.00117	2.96	37.9	40.98	0.76
EJE	620	T=50 AÑOS	54.35	3599.54	3601.3	3601.3	3601.67	0.001846	3.26	33.89	42.96	0.93
EJE	620	T=100 AÑOS	59.34	3599.54	3601.35	3601.35	3601.73	0.001836	3.35	36.22	42.96	0.94
EJE	620	T=200 AÑOS	63.9	3599.54	3601.39	3601.39	3601.79	0.001889	3.46	37.83	42.96	0.95
EJE	620	T=500 AÑOS	69.44	3599.54	3601.44	3601.44	3601.86	0.001889	3.55	40.15	42.96	0.96
EJE	600	T=50 AÑOS	54.35	3599.26	3601.01	3601.01	3601.48	0.001647	3.33	27.12	35.56	0.9
EJE	600	T=100 AÑOS	59.34	3599.26	3601.07	3601.07	3601.57	0.001635	3.42	29.48	36.71	0.91
EJE	600	T=200 AÑOS	63.9	3599.26	3601.13	3601.13	3601.64	0.001615	3.49	31.7	37.77	0.91
EJE	600	T=500 AÑOS	69.44	3599.26	3601.2	3601.2	3601.73	0.001599	3.57	34.29	38.97	0.91

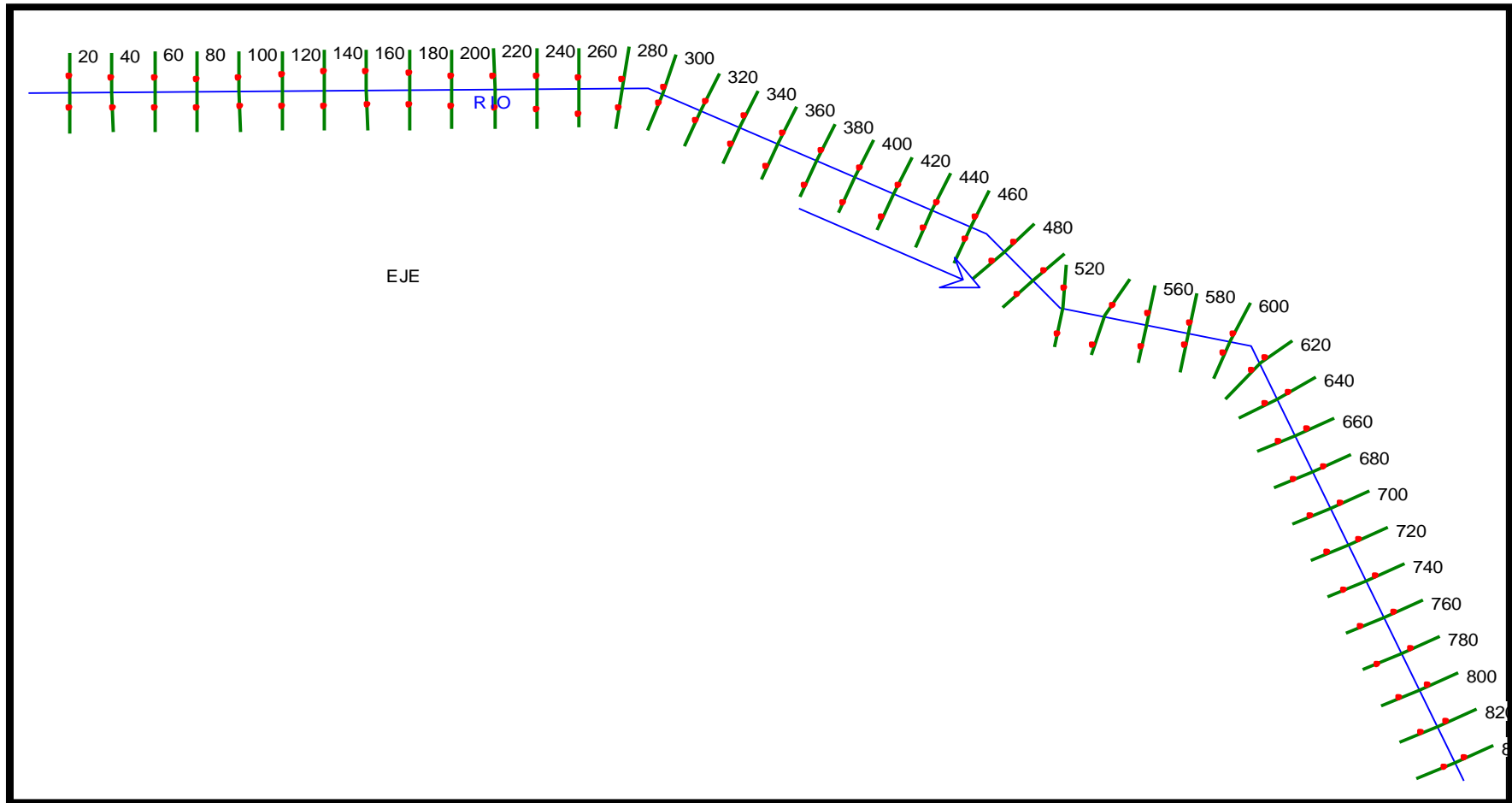
EJE	580	T=50 AÑOS	54.35	3599.12	3600.57	3600.57	3601.19	0.007799	4.24	19.94	28.29	1.65
EJE	580	T=100 AÑOS	59.34	3599.12	3600.58	3600.58	3601.3	0.008902	4.57	20.21	28.3	1.77
EJE	580	T=200 AÑOS	63.9	3599.12	3600.59	3600.59	3601.41	0.01005	4.88	20.38	28.3	1.88
EJE	580	T=500 AÑOS	69.44	3599.12	3600.59	3600.59	3601.55	0.011587	5.27	20.53	28.3	2.02
EJE	560	T=50 AÑOS	54.35	3597.54	3599.74	3599.74	3600.18	0.002247	2.97	21.21	30.72	0.93
EJE	560	T=100 AÑOS	59.34	3597.54	3599.8	3599.8	3600.26	0.002206	3.05	22.97	31.11	0.93
EJE	560	T=200 AÑOS	63.9	3597.54	3599.85	3599.85	3600.32	0.002167	3.12	24.56	31.46	0.93
EJE	560	T=500 AÑOS	69.44	3597.54	3599.91	3599.91	3600.4	0.002149	3.21	26.33	31.84	0.94
EJE	540	T=50 AÑOS	54.35	3596.76	3598.82	3598.82	3599.19	0.00152	2.68	20.63	23.49	0.82
EJE	540	T=100 AÑOS	59.34	3596.76	3598.74	3598.74	3599.25	0.002307	3.17	18.78	21.73	1.01
EJE	540	T=200 AÑOS	63.9	3596.76	3598.8	3598.8	3599.33	0.00222	3.21	20.19	23.34	0.99
EJE	540	T=500 AÑOS	69.44	3596.76	3598.87	3598.87	3599.42	0.002155	3.27	21.79	23.66	0.99
EJE	520	T=50 AÑOS	54.35	3596.31	3599.02	3599.02	3599.09	0.000151	1.22	48.77	35.21	0.29
EJE	520	T=100 AÑOS	59.34	3596.31	3598.99	3598.99	3599.09	0.000189	1.35	47.89	34.87	0.32
EJE	520	T=200 AÑOS	63.9	3596.31	3599.04	3599.04	3599.14	0.0002	1.42	49.57	35.51	0.33
EJE	520	T=500 AÑOS	69.44	3596.31	3599.11	3599.11	3599.22	0.000208	1.48	52.15	36.46	0.34
EJE	500	T=50 AÑOS	54.35	3596.35	3598.38	3598.38	3599.03	0.002038	3.89	20.79	16.57	0.94
EJE	500	T=100 AÑOS	59.34	3596.35	3598.65	3598.65	3599.05	0.002639	3.16	25.7	24.27	1.03
EJE	500	T=200 AÑOS	63.9	3596.35	3598.67	3598.67	3599.1	0.003094	3.29	26.17	25.51	1.1
EJE	500	T=500 AÑOS	69.44	3596.35	3598.7	3598.7	3599.18	0.003312	3.44	27.12	25.97	1.15
EJE	480	T=50 AÑOS	54.35	3595.77	3597.83	3597.83	3598.46	0.002274	3.52	15.54	13.87	1
EJE	480	T=100 AÑOS	59.34	3595.77	3597.92	3597.92	3598.58	0.002194	3.58	16.89	15.47	0.99
EJE	480	T=200 AÑOS	63.9	3595.77	3598	3598	3598.67	0.00217	3.65	18.05	16.71	0.99
EJE	480	T=500 AÑOS	69.44	3595.77	3598.1	3598.1	3598.79	0.002042	3.67	20.03	21.53	0.97
EJE	460	T=50 AÑOS	54.35	3595.46	3597.03	3597.03	3597.6	0.001968	3.44	19.31	20.75	0.96
EJE	460	T=100 AÑOS	59.34	3595.46	3597.1	3597.1	3597.7	0.001933	3.54	20.86	21.61	0.96
EJE	460	T=200 AÑOS	63.9	3595.46	3597.17	3597.17	3597.79	0.001871	3.6	22.44	22.45	0.95
EJE	460	T=500 AÑOS	69.44	3595.46	3597.25	3597.25	3597.9	0.001827	3.69	24.25	23.37	0.95
EJE	440	T=50 AÑOS	54.35	3595.28	3596.8	3596.8	3597.31	0.00188	3.2	19.46	26.07	0.94
EJE	440	T=100 AÑOS	59.34	3595.28	3596.87	3596.87	3597.4	0.001824	3.28	21.37	28.07	0.94
EJE	440	T=200 AÑOS	63.9	3595.28	3596.94	3596.94	3597.48	0.001765	3.34	23.23	29.9	0.93
EJE	440	T=500 AÑOS	69.44	3595.28	3597.01	3597.01	3597.58	0.001706	3.4	25.53	32.01	0.92
EJE	420	T=50 AÑOS	54.35	3595.03	3596.57	3596.57	3596.99	0.002006	2.94	21.74	33.78	0.94
EJE	420	T=100 AÑOS	59.34	3595.03	3596.63	3596.63	3597.07	0.001886	2.98	24.11	35.79	0.92
EJE	420	T=200 AÑOS	63.9	3595.03	3596.68	3596.68	3597.13	0.001853	3.04	25.9	36.45	0.92
EJE	420	T=500 AÑOS	69.44	3595.03	3596.74	3596.74	3597.21	0.001838	3.13	27.91	38.16	0.92
EJE	400	T=50 AÑOS	54.35	3594.39	3595.58	3595.58	3596.04	0.002378	3.02	18.01	19.66	1.01
EJE	400	T=100 AÑOS	59.34	3594.39	3595.63	3595.63	3596.12	0.00235	3.11	19.1	21.01	1.01
EJE	400	T=200 AÑOS	63.9	3594.39	3595.69	3595.69	3596.2	0.002217	3.15	20.53	25.17	0.99
EJE	400	T=500 AÑOS	69.44	3594.39	3595.76	3595.76	3596.28	0.002116	3.21	22.36	29.68	0.98
EJE	380	T=50 AÑOS	54.35	3591.87	3593.84	3593.84	3594.43	0.002357	3.39	16.04	13.89	1.01
EJE	380	T=100 AÑOS	59.34	3591.87	3593.93	3593.93	3594.53	0.002342	3.44	17.25	14.57	1.01
EJE	380	T=200 AÑOS	63.9	3591.87	3594	3594	3594.62	0.002322	3.48	18.37	15.16	1.01
EJE	380	T=500 AÑOS	69.44	3591.87	3594.09	3594.09	3594.72	0.002288	3.52	19.74	15.87	1.01
EJE	360	T=50 AÑOS	54.35	3590.24	3592.02	3592.02	3592.66	0.002397	3.54	15.36	12.16	1.01
EJE	360	T=100 AÑOS	59.34	3590.24	3592.11	3592.11	3592.77	0.00234	3.6	16.49	12.49	1
EJE	360	T=200 AÑOS	63.9	3590.24	3592.18	3592.18	3592.87	0.002344	3.68	17.38	12.75	1.01
EJE	360	T=500 AÑOS	69.44	3590.24	3592.27	3592.27	3592.98	0.002322	3.75	18.51	13.07	1.01
EJE	340	T=50 AÑOS	54.35	3588.79	3591.39	3591.39	3591.98	0.002748	3.39	16.02	13.92	1.01
EJE	340	T=100 AÑOS	59.34	3588.79	3591.47	3591.47	3592.08	0.002692	3.46	17.14	14.25	1.01
EJE	340	T=200 AÑOS	63.9	3588.79	3591.54	3591.54	3592.17	0.002637	3.52	18.17	14.54	1
EJE	340	T=500 AÑOS	69.44	3588.79	3591.61	3591.61	3592.28	0.002636	3.61	19.25	14.85	1.01

EJE	320	T=50 AÑOS	54.35	3585.99	3588	3588	3588.88	0.002802	4.15	13.1	7.56	1.01
EJE	320	T=100 AÑOS	59.34	3585.99	3588.11	3588.11	3589.03	0.002794	4.25	13.95	7.64	1.01
EJE	320	T=200 AÑOS	63.9	3585.99	3588.21	3588.21	3589.17	0.002772	4.34	14.74	7.71	1
EJE	320	T=500 AÑOS	69.44	3585.99	3588.32	3588.32	3589.33	0.002803	4.46	15.57	7.78	1.01
EJE	300	T=50 AÑOS	54.35	3582.98	3585.36	3585.36	3585.94	0.001603	3.72	25.97	29.24	0.8
EJE	300	T=100 AÑOS	59.34	3582.98	3585.45	3585.45	3586.04	0.001623	3.81	28.54	30.06	0.81
EJE	300	T=200 AÑOS	63.9	3582.98	3585.53	3585.53	3586.13	0.001634	3.88	30.88	30.79	0.81
EJE	300	T=500 AÑOS	69.44	3582.98	3585.62	3585.62	3586.22	0.001641	3.95	33.71	31.65	0.81
EJE	280	T=50 AÑOS	54.35	3579.47	3581.79	3581.79	3582.35	0.002462	3.4	17.78	17.67	1.04
EJE	280	T=100 AÑOS	59.34	3579.47	3581.85	3581.85	3582.45	0.002437	3.51	18.9	18.03	1.04
EJE	280	T=200 AÑOS	63.9	3579.47	3581.93	3581.93	3582.54	0.002251	3.53	20.41	19.37	1.01
EJE	280	T=500 AÑOS	69.44	3579.47	3581.99	3581.99	3582.65	0.002264	3.66	21.59	19.61	1.03
EJE	260	T=50 AÑOS	54.35	3578.62	3580.92	3580.92	3581.5	0.002298	3.39	16.65	15.78	0.99
EJE	260	T=100 AÑOS	59.34	3578.62	3581.06	3581.06	3581.61	0.002099	3.31	18.84	17.2	0.96
EJE	260	T=200 AÑOS	63.9	3578.62	3581.15	3581.15	3581.69	0.00224	3.29	20.49	19.6	0.98
EJE	260	T=500 AÑOS	69.44	3578.62	3581.22	3581.22	3581.78	0.002285	3.35	21.95	21.34	1
EJE	240	T=50 AÑOS	54.35	3578.25	3580.63		3580.9	0.000798	2.31	26.05	24.91	0.61
EJE	240	T=100 AÑOS	59.34	3578.25	3580.69		3580.98	0.000826	2.41	27.55	25.58	0.63
EJE	240	T=200 AÑOS	63.9	3578.25	3580.73		3581.05	0.000874	2.52	28.56	26.03	0.65
EJE	240	T=500 AÑOS	69.44	3578.25	3580.77		3581.12	0.000941	2.66	29.64	26.61	0.68
EJE	220	T=50 AÑOS	54.35	3578.03	3580.41	3580.41	3580.86	0.002363	3.14	22.81	29.38	1
EJE	220	T=100 AÑOS	59.34	3578.03	3580.45	3580.45	3580.94	0.002453	3.27	24.16	31.61	1.03
EJE	220	T=200 AÑOS	63.9	3578.03	3580.53	3580.53	3581.01	0.002201	3.25	26.74	34.2	0.98
EJE	220	T=500 AÑOS	69.44	3578.03	3580.6	3580.6	3581.08	0.002066	3.28	29.26	34.9	0.96
EJE	200	T=50 AÑOS	54.35	3577.36	3579.72	3579.72	3580.19	0.002689	3.48	24.13	25.46	0.97
EJE	200	T=100 AÑOS	59.34	3577.36	3579.77	3579.77	3580.27	0.002798	3.62	25.44	25.89	1
EJE	200	T=200 AÑOS	63.9	3577.36	3579.86	3579.86	3580.35	0.002561	3.57	28.33	32.15	0.97
EJE	200	T=500 AÑOS	69.44	3577.36	3579.93	3579.93	3580.43	0.002561	3.65	30.47	32.57	0.97
EJE	180	T=50 AÑOS	54.35	3574.44	3577.25	3577.25	3577.77	0.002298	3.23	18.75	22.15	0.94
EJE	180	T=100 AÑOS	59.34	3574.44	3577.33	3577.33	3577.86	0.00226	3.28	20.51	23.02	0.94
EJE	180	T=200 AÑOS	63.9	3574.44	3577.39	3577.39	3577.94	0.002257	3.34	21.98	23.72	0.95
EJE	180	T=500 AÑOS	69.44	3574.44	3577.47	3577.47	3578.03	0.002212	3.39	23.92	24.62	0.94
EJE	160	T=50 AÑOS	54.35	3573.05	3574.81	3574.81	3575.46	0.002286	3.58	15.19	11.88	1
EJE	160	T=100 AÑOS	59.34	3573.05	3574.91	3574.91	3575.58	0.002257	3.63	16.4	12.69	1
EJE	160	T=200 AÑOS	63.9	3573.05	3575	3575	3575.68	0.002222	3.65	17.58	13.48	1
EJE	160	T=500 AÑOS	69.44	3573.05	3575.1	3575.1	3575.79	0.002188	3.69	18.98	14.37	1
EJE	140	T=50 AÑOS	54.35	3571.72	3574.21		3574.43	0.000678	2.11	27.97	25.35	0.55
EJE	140	T=100 AÑOS	59.34	3571.72	3574.27		3574.52	0.000691	2.19	29.72	26	0.56
EJE	140	T=200 AÑOS	63.9	3571.72	3574.31		3574.58	0.00074	2.31	30.65	26.21	0.58
EJE	140	T=500 AÑOS	69.44	3571.72	3574.35		3574.65	0.000797	2.43	31.75	26.46	0.61
EJE	120	T=50 AÑOS	54.35	3570.15	3573.95	3573.95	3574.38	0.002891	3.17	23.96	29.93	1.07
EJE	120	T=100 AÑOS	59.34	3570.15	3574.03	3574.03	3574.47	0.002606	3.19	26.71	39.59	1.03
EJE	120	T=200 AÑOS	63.9	3570.15	3574.09	3574.09	3574.53	0.002434	3.21	29.1	39.69	1.01
EJE	120	T=500 AÑOS	69.44	3570.15	3574.15	3574.15	3574.61	0.002334	3.27	31.52	39.8	1
EJE	100	T=50 AÑOS	54.35	3568.96	3571.34	3571.34	3572.13	0.002895	3.95	13.75	8.67	1
EJE	100	T=100 AÑOS	59.34	3568.96	3571.48	3571.48	3572.27	0.002814	3.95	15.01	9.42	1
EJE	100	T=200 AÑOS	63.9	3568.96	3571.58	3571.58	3572.39	0.002815	4	15.97	9.95	1.01
EJE	100	T=500 AÑOS	69.44	3568.96	3571.68	3571.68	3572.53	0.002739	4.07	17.07	10.53	1
EJE	80	T=50 AÑOS	54.35	3565.71	3568.07	3568.07	3568.74	0.002387	3.64	14.95	11.15	1
EJE	80	T=100 AÑOS	59.34	3565.71	3568.18	3568.18	3568.86	0.002348	3.65	16.25	11.91	1
EJE	80	T=200 AÑOS	63.9	3565.71	3568.28	3568.28	3568.96	0.002348	3.66	17.48	13.06	1
EJE	80	T=500 AÑOS	69.44	3565.71	3568.38	3568.38	3569.07	0.002299	3.69	18.85	14.29	1

EJE	60	T=50 AÑOS	54.35	3564.38	3566.39	3566.39	3566.95	0.002282	3.32	16.66	16.37	1.01
EJE	60	T=100 AÑOS	59.34	3564.38	3566.46	3566.46	3567.05	0.002222	3.41	17.81	16.94	1
EJE	60	T=200 AÑOS	63.9	3564.38	3566.52	3566.52	3567.14	0.002157	3.48	18.91	17.46	1
EJE	60	T=500 AÑOS	69.44	3564.38	3566.6	3566.6	3567.24	0.002062	3.55	20.34	18.12	0.98
EJE	40	T=50 AÑOS	54.35	3562.83	3563.27	3563.27	3563.91	0.015472	3.2	15.37	12.21	1.94
EJE	40	T=100 AÑOS	59.34	3562.83	3563.36	3563.36	3564.02	0.015056	3.49	16.43	12.43	1.95
EJE	40	T=200 AÑOS	63.9	3562.83	3563.43	3563.43	3564.12	0.014797	3.72	17.34	12.61	1.96
EJE	40	T=500 AÑOS	69.44	3562.83	3563.51	3563.51	3564.24	0.014577	3.97	18.4	12.82	1.98
EJE	20	T=50 AÑOS	54.35	3557.56	3559.15	3559.15	3559.75	0.00233	3.57	17.86	15.46	1.03
EJE	20	T=100 AÑOS	59.34	3557.56	3559.22	3559.22	3559.86	0.002314	3.67	18.98	15.65	1.03
EJE	20	T=200 AÑOS	63.9	3557.56	3559.29	3559.29	3559.96	0.002267	3.75	20.09	15.84	1.03
EJE	20	T=500 AÑOS	69.44	3557.56	3559.37	3559.37	3560.07	0.002231	3.84	21.36	16.05	1.03

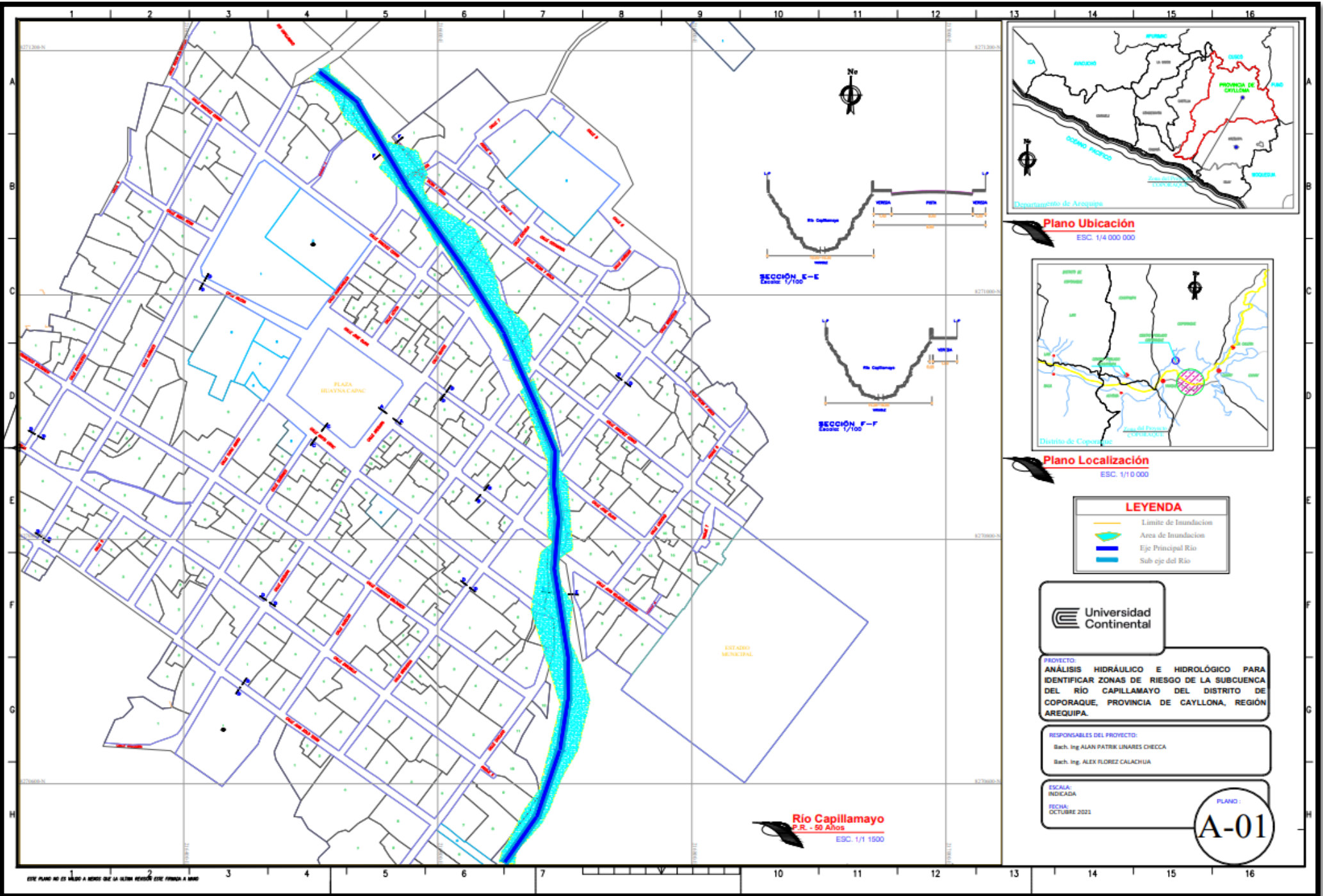
Fuente: Extensión HEC-RAS.

Figura 32. Sentido y Muestreo de eje del Río Capillamayo.

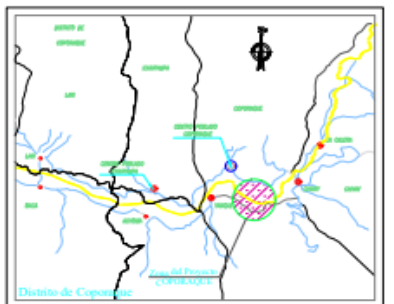


Fuente: Extensión HEC-RAS.





**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/10 000

**LEYENDA**

	Limite de Inundacion
	Area de Inundacion
	Eje Principal Río
	Sub eje del Río



PROYECTO:  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

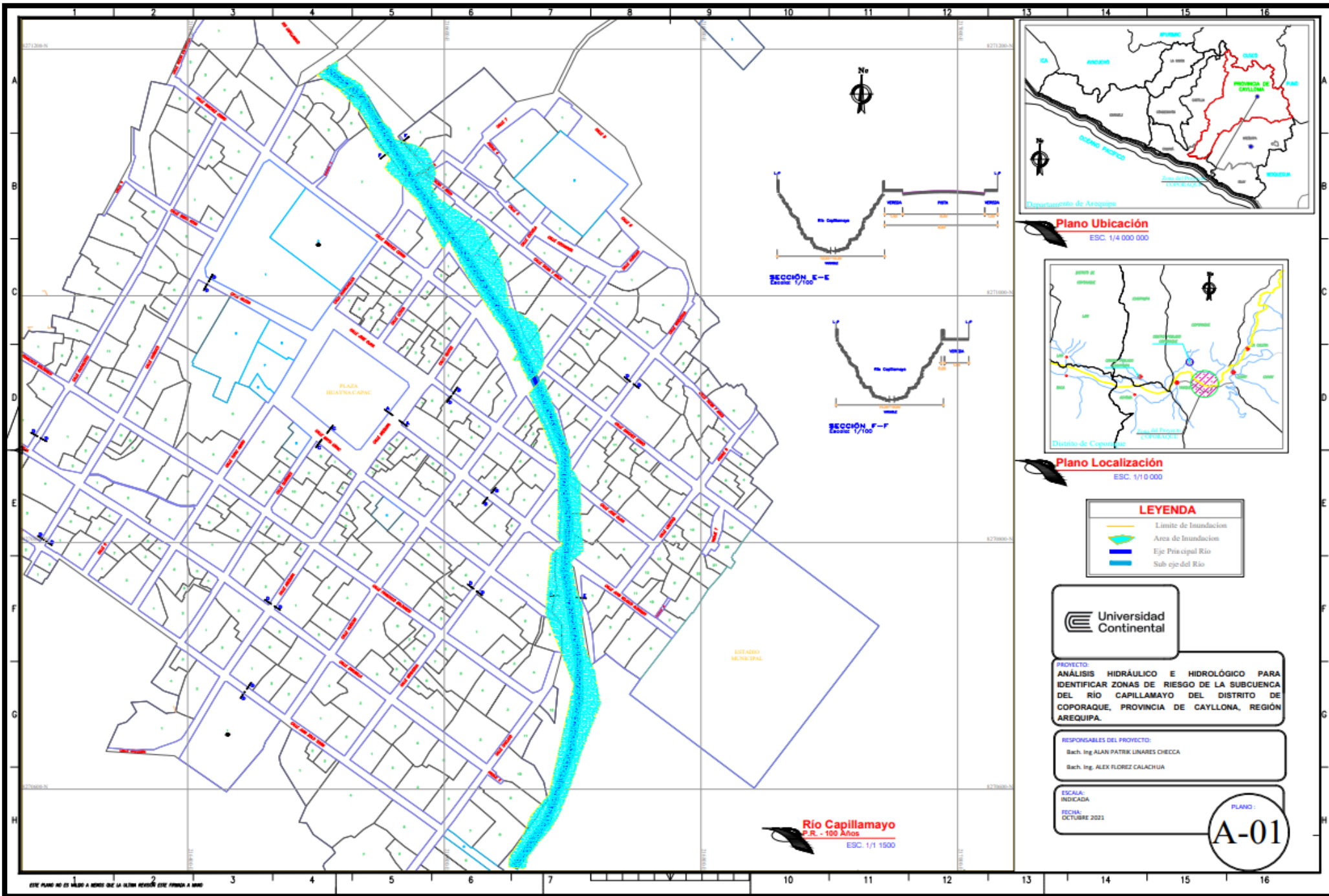
RESPONSABLES DEL PROYECTO:  
Bach. Ing. ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

ESCALA:  
INDICADA  
FECHA:  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**

**Río Capillamayó**  
P.R. - 50 Años  
ESC. 1/1 500

ESTE PLANO NO ES MÁS QUE LA ÚLTIMA REVISIÓN DE ESTE PROYECTO A NIVEL



**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/10 000

**LEYENDA**

	Límite de Inundación
	Área de Inundación
	Eje Principal Río
	Sub eje del Río



**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

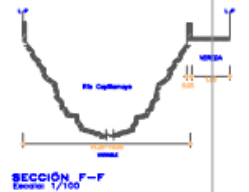
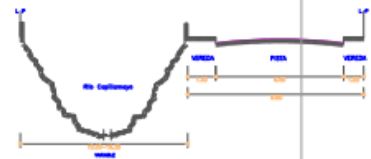
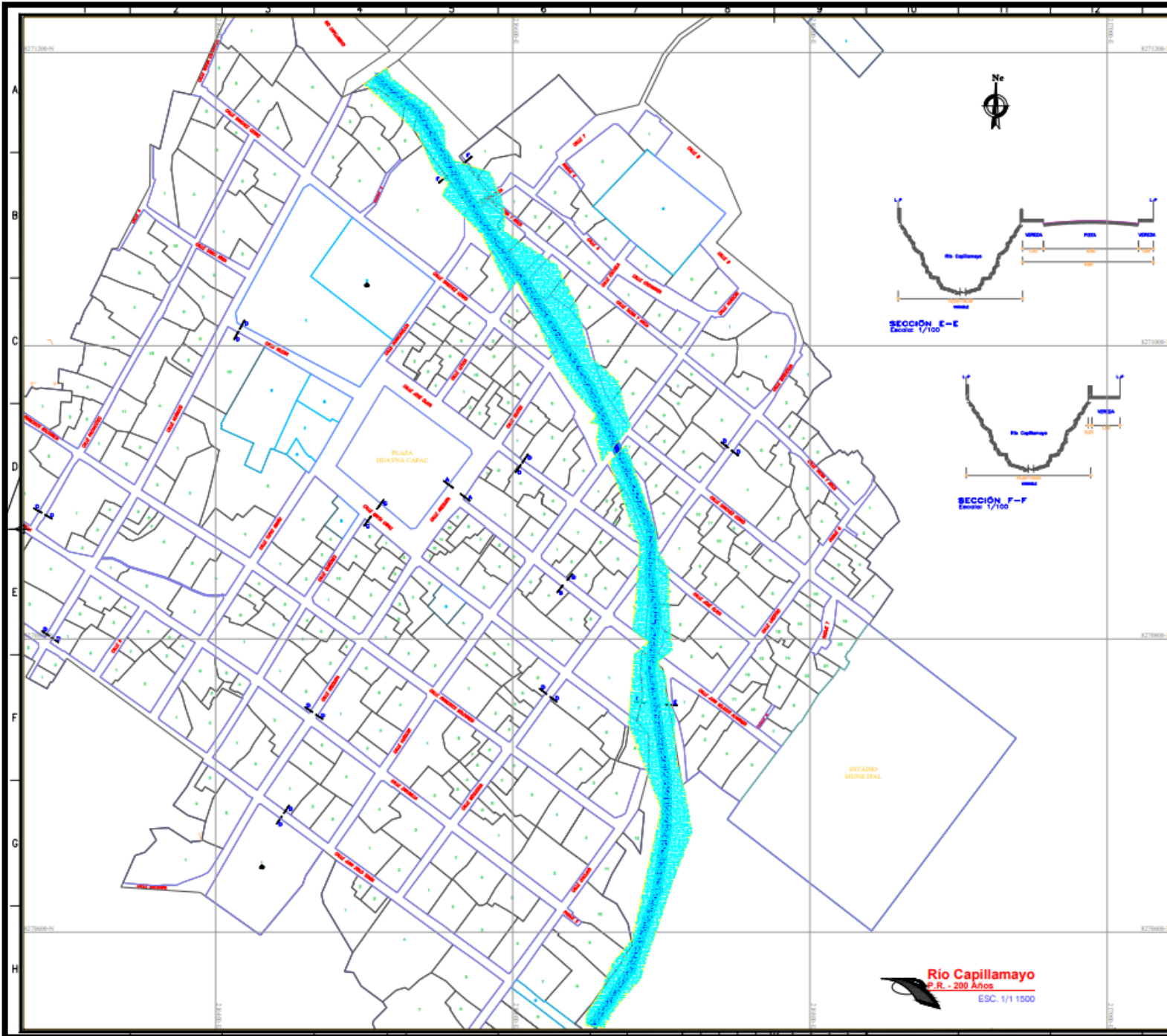
**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing. ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**

**Río Capillamayo**  
P.R. - 100 Años  
ESC. 1/1 500

ESTE PLANO NO ES VÁLIDO A MENOS QUE LA ÚLTIMA REVISIÓN ESTE FIRMA A MANO



**Río Capillamayó**  
P.R. - 200 Años  
ESC. 1/1 1500



**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/10 000

**LEYENDA**

- Límite de Inundación
- Área de Inundación
- Eje Principal Río
- Sub eje del Río

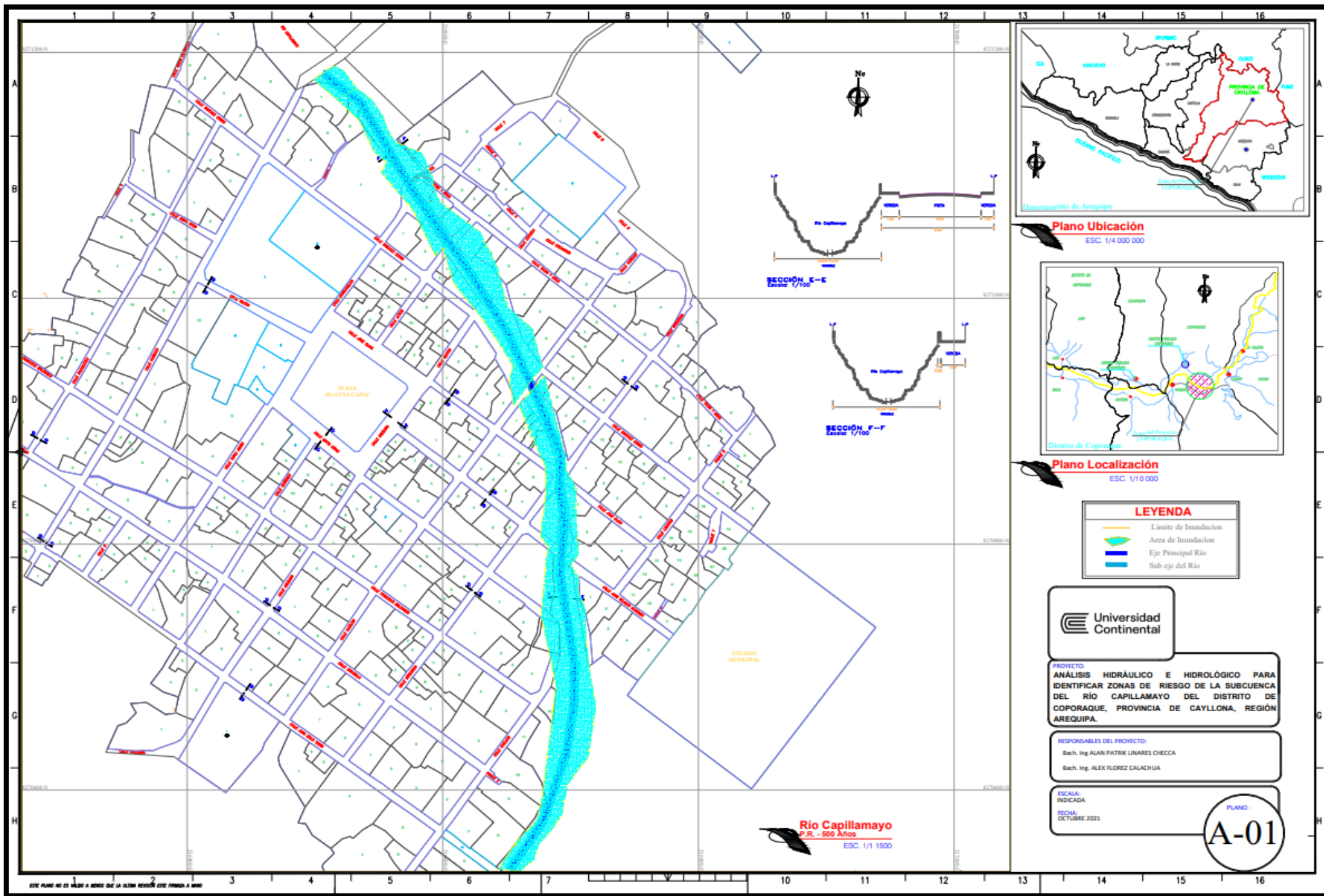


**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing. ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**



## CONCLUSIONES

- El distrito de Coporaque ubicado en la quebrada del valle del Colca, presenta relieves irregulares así como la existencia de varios ríos, como es el caso del río Capillamayo que surca dicho distrito, la existencia de este río ha venido ocasionando perjuicios a las propiedades privadas y públicas hace muchísimo tiempo, es en ese sentido que el presente proyecto de investigación mediante el análisis hidráulico e hidrológico logró identificar zonas de riesgo de la subcuenca del sector de Huayra-Humajala con una extensión de 11.400 Km<sup>2</sup> y que gracias al uso del Software HEC-RAS se pudo determinar periodos de retorno para 50, 100, 200 y 500 años llegando con esto a establecer también los caudales máximos de 54.350 m<sup>3</sup>/s, 59.337 m<sup>3</sup>/s, 63.897 m<sup>3</sup>/s y 69.436 m<sup>3</sup>/s. gracias a esto se pudo determinar las zonas de riesgo de la faja marginal con una extensión de 0.78 Km<sup>2</sup>.
- La existencia de ríos en una ciudad casi siempre ocasiona daños, es por eso que es necesario evaluar las cuencas o subcuencas de zonas de donde provienen los afluentes que alimentan un río, como es el caso de la subcuenca del río Capillamayo del sector de Huayra-Humajala quien alimenta de manera directa al río Capillamayo, este factor se logró gracias a la zonificación de zonas de riesgo – inundación, plasmados en planos de inundación con diferentes periodos de retorno, este proceso permitió identificar zonas de deslizamiento, reboses, etc. factores que hoy en día ayudan al distrito a tomar medidas de prevención y acciones para mitigar los daños frente a estas inundaciones.
- Las épocas de máximas avenidas se a crecentan de manera significativa en épocas de lluvias durante los meses de Diciembre a Marzo principalmente en zonas alto andinas, estos incrementos de caudales son muy poco conocidos por las población y de cómo esto les afecta de manera directa en daños a sus propiedades, en ese sentido en la investigación desarrollada se pudo lograr determinar los caudales máximos del río Capillamayo en diferentes periodos de retorno gracias a los modelos matemáticos desarrollados como el de Distribución Normal que es el que más se ajusta para los cálculos realizados y que producto de esto se pudo ver la influencia directa de la misma en la identificación de zonas de riesgo plasmados en los mapeos de puntos crítico del cauce principal del río Capillamayo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Calduch, Rafael (2014).** *Métodos y Técnicas de Investigación*. Recuperado el 24 de Octubre de 2021, de [https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos .pdf](https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos.pdf).
2. **Alan, David y Cortez, Liliana (2018).** *Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica*. Recuperado el 26 de Octubre de 2021. Machala, Ecuador : UTMACH, ISBN:978-9942-24-093-4.
3. **Salinas, Pedro (2012).** *Metodología de la Investigación Científica*. Recuperado el 27 de Octubre de 2021, de [http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/34398/1/metodologia\\_investigacion.pdf](http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/34398/1/metodologia_investigacion.pdf).
4. **Gallardo, Eliana (2017).** *Metodología de la Investigación*. Recuperado el 28 de Octubre de 2021, de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf).
5. **Hernández, Roberto (2014).** *Metodología de la Investigación*. Recuperado el 28 de Octubre de 2021. México D.F., México : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., ISBN:978-1-4562-2396-0.
6. **Gallardo, Eliana (2017).** *Metodología de la Investigación*. Recuperado el 28 de Octubre de 2021, de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf).
7. **Arias, Fidias (2012).** *El Proyecto de Investigación*. Recuperado el 29 de Octubre de 2021. Caracas, Venezuela : EPISTEME C.A., ISBN:980-07-8529-9.

## ANEXO A

### *Matriz de Consistencia.*

ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLOMA, REGIÓN AREQUIPA.					
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables		Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente	Dimensiones	
¿De qué forma el análisis hidráulico e hidrológico permite identificar zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa?	Evaluar el análisis hidráulico e hidrológico para identificar zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.	El análisis hidráulico e hidrológico permite identificar significativamente las zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.	Análisis hidráulico e hidrológico.	Cuenca Hidrológica.  Caudal Máximo.	*Inductivo. *Deescriptivo.  *Evaluación de la delimitación de la subcuenca del río Capillamayo.  *Evaluación del cálculo del caudal máximo.
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específico	Variable Dependiente	Dimensiones	Diseño De La Investigación
¿De qué manera la cuenca hidrológica influye en la identificación de las zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa?	Evaluar la delimitación de la cuenca hidrológica para determinar la influencia en las zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.	La delimitación de la cuenca hidrológica influye significativamente en la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.	Zonas de riesgo.	Zonas de Inundación.  Franja Marginal.	*No Experimental. *Identificación de zonas de rebose hídrico. *Mapeo de zonas de impacto hídrico.
¿Cómo influye el caudal máximo en el análisis hidráulico e hidrológico para la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa?	Determinar la influencia del caudal máximo en la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.	El caudal máximo influye significativamente en la identificación de zonas de riesgo de la subcuenca del río Capillamayo del distrito de Coporaque, provincia de Caylloma, región Arequipa.			

## ANEXO B

Registro de documentos emitidos por SENAMHI.

N° 01



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Servicio Nacional de  
Meteorología e Hidrología  
del Perú - SENAMHI

DIRECCIÓN ZONAL 6



Firma Digital  
Firmado digitalmente por GOMEZ  
DELGADO Henry Javier FAU  
20191960018 vob  
[Director Zonal 6/6]  
Motivo: Por anterior  
Fecha: 08.12.2021 15:54:41 -05:00



BICENTENARIO  
PERÚ 2021

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

Arequipa, 09 de Diciembre del 2021

**OFICIO N° D000082-2021-SENAMHI-DZ6**

Señor:

**MG. EDINSON JOSÉ PORRAS ARROYO**

Asesor de Tesis de la Universidad Continental - Sede Huancayo

Av. San Carlos N° 1980 Huancayo - Junín

Presente.-

Asunto : INFORME METEOROLÓGICO DE LA ESTACIÓN CO CHIVAY.

Referencia : CARTA N° 051-2021-ING.EJPA del 28-11-2021.

Tengo el agrado de dirigirme a usted, en atención al documento de la referencia, se remite adjunto al presente, el Informe Meteorológico de la estación CO Chivay, Precipitación Total Mensual, correspondiente a los años 2015 al 2021, con la finalidad de apoyar en el desarrollo del Trabajo de Investigación de los tesisistas: Alex Florez Calachua y Alan Patrik Linares Checca.

Sin otro particular, aprovecho de la ocasión para hacerle llegar los saludos de mi consideración más distinguida.

Atentamente,

Documento firmado digitalmente

**HENRY JAVIER GOMEZ DELGADO**  
DIRECTOR ZONAL 6

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI



N° 02



"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para mujeres y hombres" 2018 - 2027  
"Año del Bicentenario del Perú: 200 años de Independencia"

### INFORME METEOROLÓGICO

PREPARADO PARA:  
**UNIVERSIDAD CONTINENTAL S.A.C.**  
**(CARTA N° 051-2021-ING.EJPA)**  
Atención: Mg. Ing. Edinson Jose Porras Arroyo  
(Asesor)  
Sr. Alan Patrik Linares Checca

PERIODO: 2015 - 2021

### ESTACIÓN CO CHIVAY

#### PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)

AÑO/MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2015	141.3	55.0	132.9	38.7	0.2	0.0	11.9	2.5	5.0	25.7	21.2	3.8
2016	21.5	154.2	32.9	84.6	0.2	10.5	2.5	0.0	0.0	5.0	0.2	48.4
2017	190.0	87.9	106.0	23.8	14.0	0.0	2.0	0.0	11.4	8.9	28.3	85.2
2018	164.4	67.2	83.2	50.1	0.0	12.5	18.9	0.0	0.0	0.6	2.1	30.0
2019	112.6	157.0	76.5	24.2	4.6	0.0	2.2	0.0	5.4	39.5	20.6	19.2
2020	147.7	212.7	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	29.3	13.0	96.8
2021	106.5	71.6	91.3	47.3	2.4	0.2	S/D	6.3	12.5	16.1		

S/D = Sin Datos.

Arequipa, 07 de diciembre del 2021.

Firma Digital  
 Firmado digitalmente por GÓMEZ DELGADO Henry Javier FAU 20131366028 ach  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 07.12.2021 15:26:00 -05:00

Ing. Henry Javier Gómez Delgado  
Director Zonal 6 (e)  
SENAMHI - Arequipa

## ANEXO C

### Resolución de Reconocimiento emitido por la Municipalidad Distrital de Coporaque



 **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE COPORAQUE**   
PROVINCIA DE CAYLLOMA - REGION AREQUIPA  
"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

**RESOLUCION DE ALCALDIA N°007- 2022 - MDC - A**

Coporaque, 14 de enero del 2022.

**EL ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD DEL DISTRITO DE COPORAQUE**  
**VISTO:**

La labor desarrollada en las diferentes Instituciones conjuntamente con las autoridades, profesionales y personas naturales a través de campañas, reuniones y eventos en favor del desarrollo y progreso del Distrito de Coporaque, y:

**CONSIDERANDO:**

Que, de conformidad con lo establecido en el artículo 194° de la Constitución Política del Estado modificado por la Ley 27680 Ley de Reforma Constitucional, sobre Descentralización ; con el Artículo II, del Título Preliminar, de la ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, se dispone que los Gobiernos Locales Tienen autonomía política Económica y administrativa en los asuntos de su competencia. De igual forma en su Artículo IV se manifiesta que "Los gobiernos locales representan al vecindario, promueven la adecuada prestación de los servicios públicos locales y el desarrollo integral sostenible y armónico de su circunscripción".

Que el artículo 147° inciso a) de Decreto Supremo N° 005-PCM, Reglamento del Decreto Legislativo N°276, establecen las condiciones para estimular con felicitación escrita a los servidores que destaquen en acciones excepcionales o de calidad Extraordinaria relacionadas directamente o no con las funciones desempeñadas, señala que las entidades públicas elaboran incentivos laborales que servirán de desempeñadas mediante agradecimiento o felicitación escrita a instituciones y personas que enaltecen el nombre del distrito y contribuyen a su desarrollo.

Que, al respecto cabe señalar que el Artículo 43° de la Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972, prescribe que las resoluciones de Alcaldía aprueban y resuelven asuntos de carácter administrativo; del mismo modo se tiene que los actos de reconocimiento y felicitación constituyen actos de valoración y discrecionalidad de la misma autoridad, es así que teniendo en consideración que el reconocimiento y felicitación Constituyen la acción de distinguir, en este caso.

Que es política de la Municipalidad Distrital de Coporaque, reconocer no solamente a las instituciones que participan en el desarrollo de nuestra localidad, sino también que valora, honra y reconoce la labor que realizan las personas que con sus aportes valiosos gravitan en la transformación del país.

Que en Merito a lo expuesto; y con las facultades y atribuciones conferidas en el Artículo 20° numeral 6, de la Ley N°27972- Ley Orgánica de Municipalidades;

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO. - RECONOCER y FELICITAR a nombre de la Municipalidad del Distrito de Coporaque; a los Señores ALAN PATRIK LINARES CHECCCA y ALEX FLOREZ CALACHUA en merito a su destacada labor en el trabajo de Investigación " Análisis Hidráulico e Hidrológico de la subcuenca del rio Capillamayo para determinar el potencial hídrico y zonas de riesgo", desarrollados en el Distrito de Coporaque Provincia de Caylloma Región Arequipa.**

**ARTÍCULO SEGUNDO.-NOTIFICAR** la presente disposición a la interesada, conforme a Ley.

   
ALCALDE  
COPORAQUE

REGISTRESE, COMUNIQUESE Y CUMPLASE.

**COPORAQUE... Orgullo histórico de la Cultura Kollawa.**  
Plaza de Armas 103 - Telf. 667240 - Coporaque - Caylloma - Arequipa

## ANEXO D

### 1. Desarrollo del proyecto

#### 1.1. Descripción de la sub-cuenca

##### 1.1.1. Ubicación

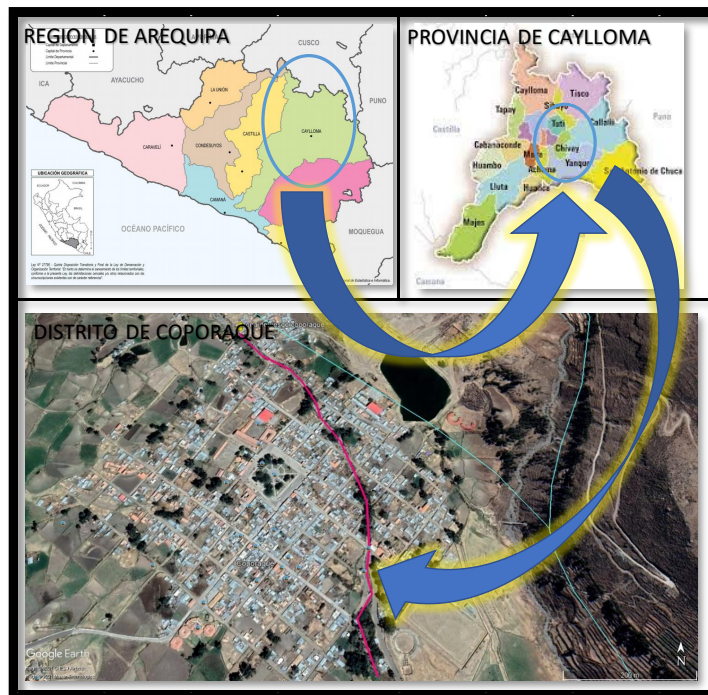
*Cuadro de datos de la subcuenca.*

<b>Departamento</b>	Arequipa
<b>Provincia</b>	Caylloma
<b>Distrito</b>	Coporaque
<b>Región Natural</b>	Sierra

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

##### 1.1.2. Ubicación de la zona del proyecto

*Ubicación de la zona del proyecto.*



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

### 1.1.3. Identificación del área de estudio

#### 1.1.3.1. Diagnóstico de la situación actual

Se han identificado muchos peligros en el Distrito de Coporaque debido a causas naturales como tormentas, inundaciones y fuertes lluvias, que han resultado en desastres de baja y alta intensidad en la zona afectada.

La aparición de factores de riesgo de esta naturaleza suele ocurrir anualmente durante la temporada de diciembre a marzo, lo que representa un gran peligro potencial para la región, la población, la infraestructura y los animales.

Esta situación no permite que los habitantes de la zona afectada mantengan la calma ya que se sienten amenazados que se produzca un desastre natural.

#### 1.1.3.2. Características de la subcuenca del río Capillamayo

El río Capillamayo se inicia a media quebrada del sector huayra - Humajala y aguas más abajo ya llegando al distrito de Coporaque.

De otro lado en la subcuenca del río Capillamayo encontramos las Ccochas que son los nacientes por filtraciones subterráneas que afluyen al río Capillamayo.

*Distrito de Coporaque.*



Fuente: Google Earth Pro - Longitud: -15°35'52.62"- Latitud: -71°39'12.89".

#### **1.1.4. Análisis estadístico**

En el estudio realizado se aplicó análisis estadísticos para poder determinar las máximas precipitaciones en función de diferentes períodos de retorno que nos planteamos para el análisis.

##### **1.1.4.1. Datos recopilados**

Los datos recopilados se obtuvieron del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI, Dirección regional 6, que nos brindó la información histórica de las precipitaciones Total Mensual (mm) de la estación Chivay. De estos datos realizamos un filtro y seleccionamos las máximas precipitaciones en 24 horas que se dieron en cada año y con estos datos trabajamos en el presente estudio realizado.

##### **1.1.4.2. Análisis de consistencia**

Este es un análisis que le permite identificar y corregir errores dentro del rango de datos procesados.

En este análisis se realiza estadísticamente.

##### **1.1.4.3. Análisis visual gráfico**

El análisis visual y gráfico proporciona un histograma que le permite observar el comportamiento de la precipitación a lo largo del tiempo y ver las fluctuaciones que se producen. Cuando se crea, este gráfico se crea con un eje vertical que representa la precipitación y un eje horizontal que representa el año, que se puede utilizar para realizar un análisis gráfico visual.

#### **1.1.5. Procedimiento para la delimitación hidrográfica de la subcuenca en estudio**

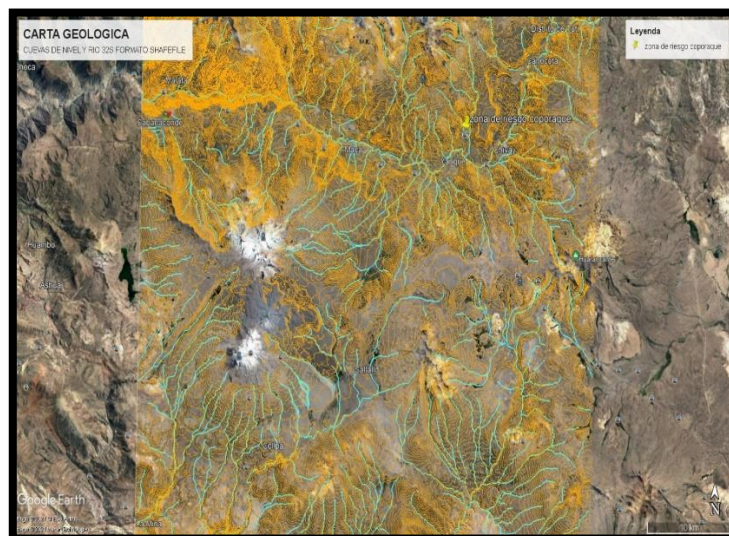
Para realizar la delimitación de la subcuenca hidrográfica se utilizó las herramientas de sistemas de Información Geográfica para luego utilizarlo en la plataforma de software Google Earth Pro en el cual se procesó los datos para lograr obtener la delimitación de la subcuenca en estudio, se trabajó con la subcuenca del río Capillamayo, para poder analizarlo independientemente y poder obtener datos más aproximados en cuanto a la Subcuenca delimitada aplicado en el software Global Mapper y delimitación de caudales por el método de Gumbel.

### 1.1.5.1. Delimitación de la subcuenca hidrográfica con google earth pro y global mapper.

Para la generación de la subcuenca Inicialmente se parte abriendo los archivos hidrográficos y cartográficos de GEO GPS PERÚ luego ubicar la zona según al sistema de coordenadas que estamos trabajando en estudio para posteriormente seleccionar la cuadrícula y descargarlo en formato 32S-curvas.shp y 32S-rios.shp.

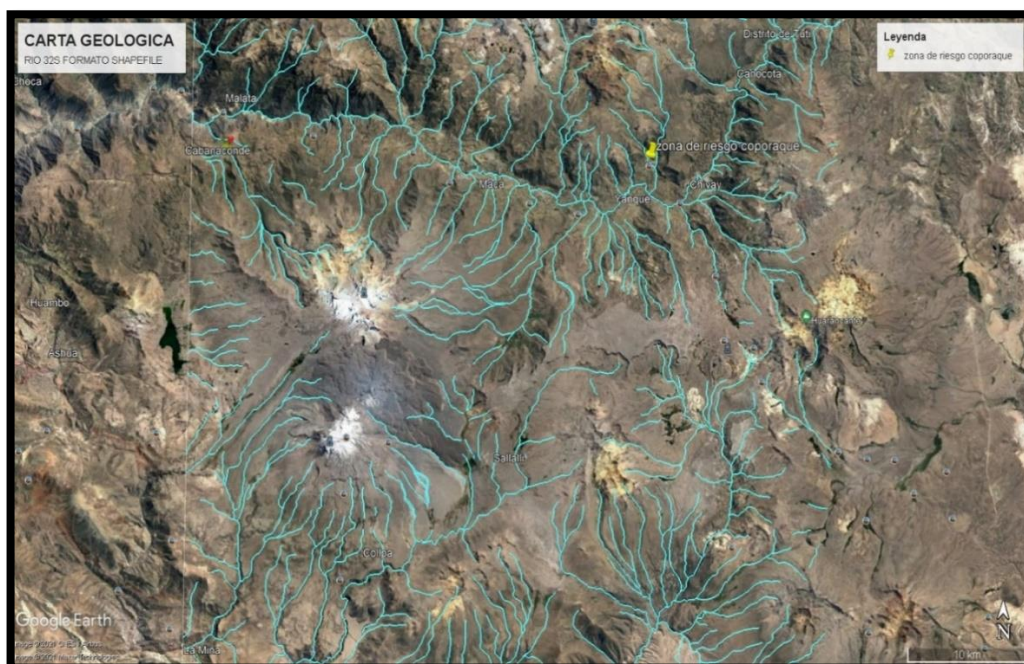
Ya generado el archivo SHAPEFILE con las herramientas se crea un punto de salida que en función de este, el software Google Earth Pro se trazara un polígono luego exportar polígono en formato KML al software Global Mapper generando modelo digital de ubicación en formato DEM, insertamos la curva 32S-curvas.shp luego se recortara el DEM para generar la subcuenca se utiliza las herramientas WATERSHED GENERATION OPTIONS donde se ingresa STREAM CELL COUNT 75000 con la que se procesa para la generación de la subcuenca posteriormente Export Vector/Lidar Format SHAPEFILE también Exportar Áreas donde se ingresa el nombre del nuevo archivo cuenca y se ingresa el archivo de entrada que es la cuenca generada y se generara la cuenca en formato shapefile con el software Google Earth Pro identificamos la cuenca y poder extraer la cuenca y guardar con nombre subcuenca del río capillamayo.

*Cuadrante 32S con formato 32S-curvas.shp y 32S-rios.shp.*



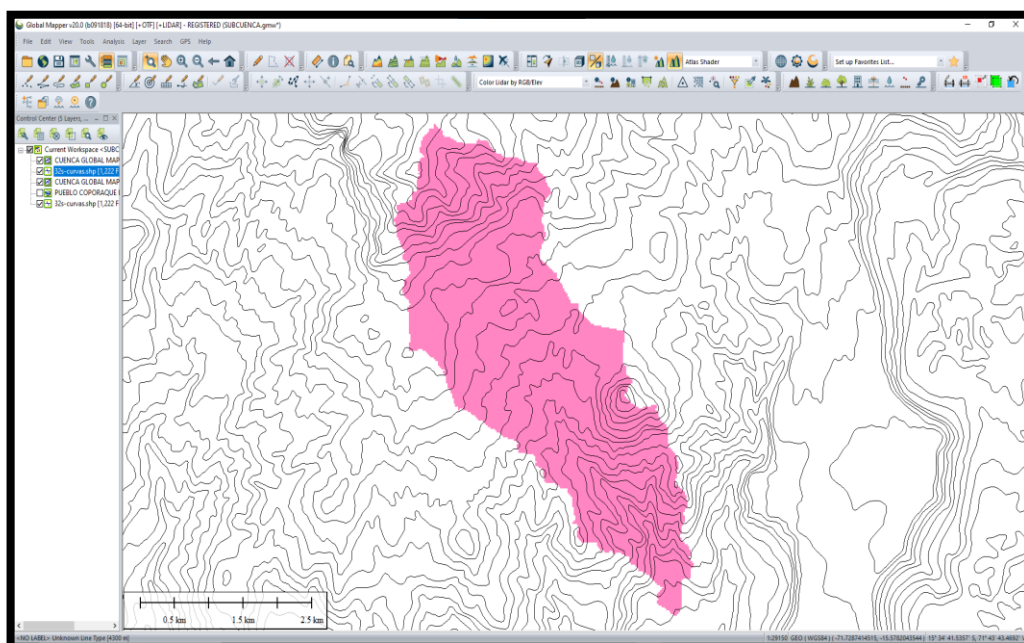
Fuente: Google Earth Pro.

*Formato Shapefile 32S-rios.shp.*



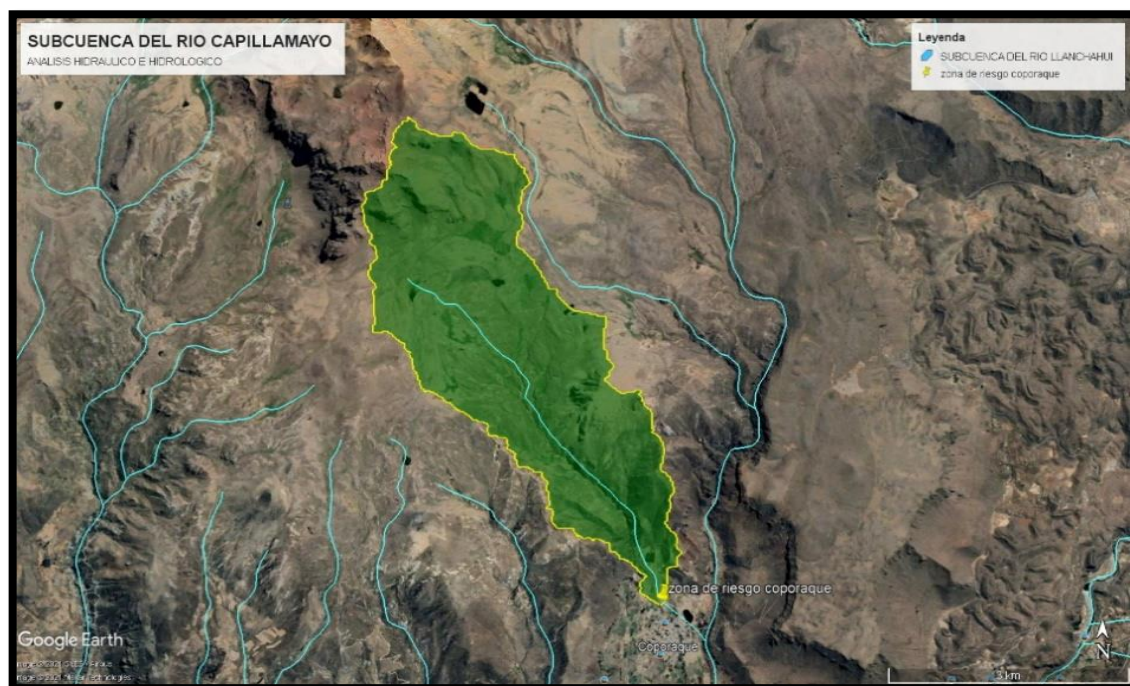
Fuente: GEO GPS PERÚ - Google Earth Pro.

*Generando la Subcuenca en Global Mapper.*



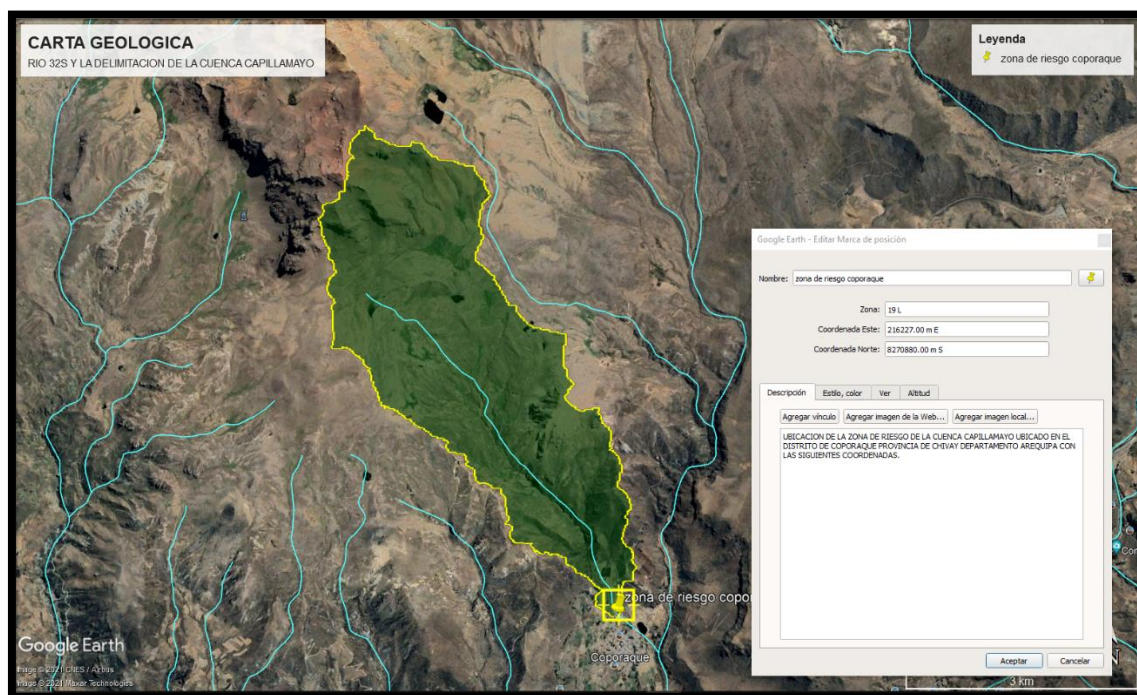
Fuente: Software Global Mapper.

*Delimitación de la Subcuenca Sector Huayra – Humajala.*



Fuente: Software Google Earth Pro.

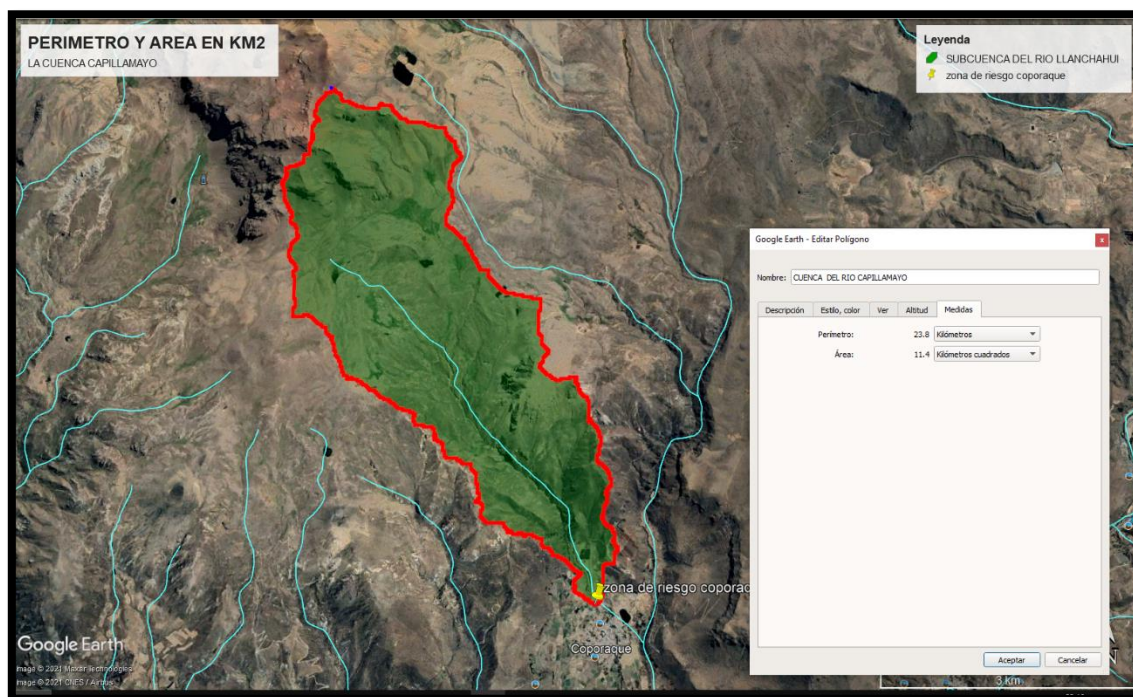
*Ubicación de la Subcuenca del río Capillamayo.*



Fuente: Software Google Earth Pro.



## Perímetro y Área en km<sup>2</sup> de la Subcuenca del Río Capillamayo.



Fuente: Google Earth Pro.

## 1.2. Resultado del tratamiento y análisis de la información

### 1.2.1. Información meteorológica

La recopilación de la información de precipitaciones máximas de la estación de Capillamayo fue proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología sede Arequipa registrada desde el año 1964-2021.

El mismo que es una información muy necesaria para el cálculo de precipitaciones máximas del presente estudio, en la tabla 4 se pudo visualizar toda la información que nos brindó el SENAMHI sede Arequipa y se llegó a calcular P. MAX.

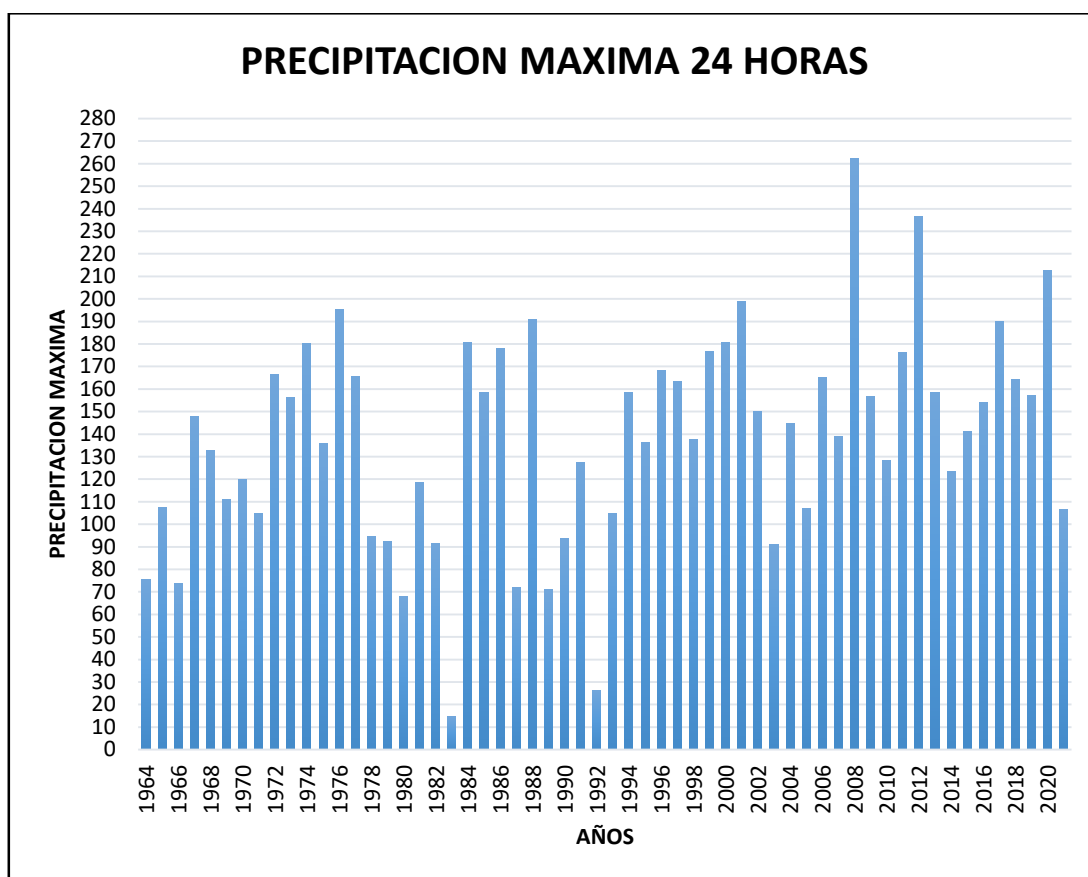
## Registró De Precipitación Máxima 24 Horas Anual

*Precipitaciones máximas 24 horas, 1964-2021.*

ESTACION CHIVAY													
Suma de PP													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	P. MAX
1964										14	49.9	75.5	75.5
1965	34.8	107.4	31	0	0	0	2.6	0	10.6	1.7	1.6	40.6	107.4
1966	14.1	73.7	60.5	0.7	33.1	0	0	0	0.7	39.6	26.3	22.5	73.7
1967	116	148.1	82.1	20	8.2	0	2.9	1.3	19.6	20.3	12.5	36.4	148.1
1968	132.7	53	125.8	1	14.9	2.6	3.2	0.1	5.6	23.2	18.3	42.4	132.7
1969	46.7	110.9	102	23.9	0	0.4	0	0.5	5.1	0.4	43	73.3	110.9
1970	119.8	81.9	109	8.1	14.8	0	0	0	11.8	19.7	3.4	51.3	119.8
1971	104.6	77	45.8	20.1	0	0	0	1.7	0	4.5	4.5	60.4	104.6
1972	145	121.8	166.4	21.3	0	0	1	0	29.2	37.5	1.7	57.4	166.4
1973	156.4	103	120.4	67.8	0.8	0	3.2	12.2	31.1	0	10.7	16.7	156.4
1974	180	117.3	21.9	44	0	10	0	56.4	6.2	0	0	38.3	180
1975	89.9	135.8	110.8	24.8	14.7	1.6	0	0	0	6.4	0	132.4	135.8
1976	195.5		103.2	13.3	4.3	0	10.3	11.1	43.9	0	0	38.2	195.5
1977	33.6	165.6	67.7	2.1	0	0	0	0	4.5	23.1	48.5	39.8	165.6
1978	94.8	12	34.3	42.4	0	0	4.1	0	0	17.6	9	14.9	94.8
1979	45.9	18.4	92.2	3	0	0	1.5	0	0	17.6	38.8	43.9	92.2
1980	27.1	55.5	67.9	0	0	0	0	0	26	65.7	2.4	34	67.9
1981	109.4	118.4	17.6	41.6	0	0	0	33.7	0	0	28.2	42.4	118.4
1982	91.6	52.7	79.7	9.5	0	0	0	0	39.1	38.1	61.3	26.4	91.6
1983	13.4	14.6	13.8	11	5	0	0	0	0	0	0	5	14.6
1984		167.2	180.8	6.7	0	14.8	0	0	0	69.7	79.4	65.6	180.8
1985	29	158.6	99.4	40.1	8.7	0	0	0	5	0	26.4	96.5	158.6
1986	97	178.1	135.9	53.6	0	0	0	10.5	3.6	1.5	10.4	105.5	178.1
1987	71.9	28.6	38.3	5	0	0	9.7	0	0	7.5	0	0	71.9
1988	190.9	18.8	33	12.2	18.1	0	0	0	0	0	0	22.8	190.9
1989	71	56.4	25.6	15.4	0	0	0	0	0	0	13	0	71
1990	59	26.2	60.7		4.4	52.4	0	8.9	0	12.1	63	93.7	93.7
1991	122.1	55.8	127.4	22.3	0	18.6	0		0	3.4	51.4	34.8	127.4
1992	22.5	26.5	3.2							24.4	8.6		26.5
1993	104.5	30.8	90.5	12.6	1	0	0	16.2	0	21.5	3.5	53.8	104.5
1994	158.6	132.7	50.3	25.6	0	0	0	1.6	0	0	15	36.5	158.6
1995	101.5	25.1	136.4	10.6	0	0	0	0	0	0	33.6	49.4	136.4
1996	66.9	168.4	54.1	34.7	0.5	0	0	7.3	0	1.2	29.7	51.5	168.4
1997	119	163.2	104.8	10	0	0	0	27.1	64.4	0	11.5	76	163.2
1998	137.5	66.2	69.3	3.3	0	0	0	0	0	0	40.6	70.6	137.5
1999	98.8	169.8	176.5	39.3	0	0	0	0	19.6	37.5	3.1	51.9	176.5
2000	180.7	121	103.8	45.8	10.5	0	0	1.9	0	40.2	0	56.7	180.7
2001	121.2	198.9	98.4	54.9	1.6	1.3	0	4.9	8	22.6	1.2	12.8	198.9
2002	72.2	149.9	133.3	36.3	12.2	0	35.8	0.3	0.8	2	33	103.5	149.9
2003	40.3	91	66	19.7	6.5	0	0	4.5	1	0	0.4	46.6	91
2004	144.8	90.1	121.9	40.2	0	0	7.6	3.1	24.3	0	0	37.1	144.8
2005	68.7	106.9	67	7.9	0	0	0	0	19.9	0.2	0.3	68.2	106.9
2006	116.8	114.8	165	7.2	0	0	0	0	14.3	26.1	42.3	33.9	165
2007	138.8	120.8	102.9	35.1	1.6	0.9	0	0	0.8	0.7	18.1	53.3	138.8
2008	262.3	111.9	32.4	0	0	0	0	1.6	0	4	1.7	61	262.3
2009	81.5	156.8	83.5	60.7	0	0	11.6	0	1.3	0	20.1	14.4	156.8
2010	63.9	88.9	44	15.1	11.8	0	0	0	2.5	10.9	2.9	128.2	128.2
2011	116.7	176	62.6	67.6	9.3	0	0	2.8	0	0	10.1	122.4	176
2012	165.7	236.6	110	88.1	0	0	1.3	0	18.3	22	0.4	113.7	236.6
2013	148.1	158.7	94	0	13.4	24.1	7.5	17.3	0	0	0.6	52.2	158.7
2014	123.3	12.7											123.3
2015	141.3	55	132.9	38.7	0.2	0	11.9	2.5	5	25.7	21.2	3.8	141.3
2016	21.5	154.2	32.9	84.6	0.2	10.5	2.5	0	0	5	0.2	48.4	154.2
2017	190	87.9	106	23.8	14	0	2	0	11.4	8.9	28.3	85.2	190
2018	164.4	67.2	83.2	50.1	0	12.5	18.9	0	0	0.6	2.1	30	164.4
2019	112.6	157	76.5	24.2	4.6	0	2.2	0	5.4	39.5	20.6	19.2	157
2020	147.7	212.7								29.3	13	96.8	212.7
2021	106.5	71.6	91.3	47.3	2.4	0.2		6.3	12.5	16.1			106.5
PROM	105.901786	103.216071	84.4709091	26.2886792	4.01481481	2.82830189	2.74230769	4.35849057	8.51886792	13.3684211	17.2464286	52.5054545	138.618966
DESV. STA	53.7614174	57.2729978	42.9154193	22.422376	6.66215466	8.60023205	6.13330177	10.0328774	13.4220407	16.7554912	19.5819301	32.7748742	47.2866342
MAX.	262.3	236.6	180.8	88.1	33.1	52.4	35.8	56.4	64.4	69.7	79.4	132.4	262.3
MIN.	13.4	12	3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14.6

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel SENAMHI.

### Registro de Precipitaciones máximas en 24 Horas.



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

#### 1.2.2. Proceso en el software HidroEsta

El Software realiza varias simulaciones con diferentes distribuciones.

Es un Herramienta computacional, para cálculos hidrológicos y estadísticos aplicados a la Hidrología, Este software facilita y simplificalos cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos.

HidroEsta proporciona una herramienta que permite realizar cálculos, simulaciones rápidas, y determinar los caudales o precipitaciones de diseño de la Subcuenca lo que facilita en el procesamiento de múltiples datos.

#### 1.2.3. Parámetros estadísticos

Disponibilidad un registro de datos hidrometeorológicos (precipitación, caudales, evapotranspiración, temperaturas, etc.)

Escogerá un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable

Calcular sus parámetros estadísticos y realizar la prueba de bondad de ajuste.

- **Momentos Ordinarios**
- **Momentos Lineales (L-moments)**
  - ✓ media
  - ✓ rango
  - ✓ desviación estándar
  - ✓ varianza
  - ✓ coeficiente de variación
  - ✓ coeficiente de sesgo
  - ✓ coeficiente de curtosis

Los cálculos son dependiendo de si los datos son datos agrupados o no agrupados.

#### **1.2.4. Datos agrupados y no agrupados**

##### **2.1.4.1. Datos no agrupados**

Son datos no muy detallados o en bruto (es decir, no se presentan clasificados).

No son necesarios clasificarlos ni generar una tabla de frecuencias, ya que no tiene “mucho sentido”. Debido a que estos elementos son de menor cantidad (generalmente son menores a 20 elementos).

##### **2.1.4.2. Datos agrupados:**

Son aquellos que su fin es resumir la información.

Por lo general, los elementos son de mayor tamaño, por lo cual requieren ser agrupados, esto implica: ordenar, clasificar y expresar los en una tabla de frecuencias.

Se agrupa a los datos, si se cuenta con 20 o más elementos.

#### **1.2.5. Parámetros estadísticos: fórmulas y definiciones**

Esquema de Formulas.

FÓRMULA	DATOS NO AGRUPADOS		DATOS AGRUPADOS	
	POBLACIONAL	MUESTRAL	POBLACIONAL	MUESTRAL
Varianza	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}$	$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}$	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \mu)^2 f_i}{n}$	$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2 f_i}{n-1}$
Desviación Estándar	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 - n\mu^2 \right)}$	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2 \right)}$	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^k x_i^2 f_i - n\mu^2 \right)}$	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left( \sum_{i=1}^k x_i^2 f_i - n\bar{x}^2 \right)}$
Coefficiente de Variación	$C_v = \frac{\sigma}{\mu}$	$C_v = \frac{S}{\bar{x}}$	$C_v = \frac{\sigma}{\mu}$	$C_v = \frac{S}{\bar{x}}$
Coefficiente de Sesgo	$\gamma = \frac{\mu^3}{\sigma^3}$	$Cs = \frac{n^2 M_3}{(n-1)(n-2)S^3}$	$\gamma = \frac{\mu^3}{\sigma^3}$	$Cs = \frac{n^2 M_3}{(n-1)(n-2)S^3}$
Coefficiente de Curtosis	$\gamma = \frac{\mu^4}{\sigma^4}$	$ck = \frac{n^3 M_4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$	$\gamma = \frac{\mu^4}{\sigma^4}$	$ck = \frac{n^3 M_4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$
Media	$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i f_i$	$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i f_i$

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.5.1. Momentos lineales (L-moments)

- ✓ Son otras maneras de expresar propiedades estadísticas de datos hidrológicos.
- ✓ Permite estimar los parámetros estadísticos de una población o muestra.
- ✓ Similar a los momentos ordinarios (medidas de localización, dispersión, asimetría, curtosis) pero se calculan de las combinaciones lineales de los datos.
- ✓ Permite determinar la distribución teórica de probabilidad que mejor ajusta a los datos analizados.

Esquema de Formulas.

Media Aritmética	Varianza	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Coefficiente de Sesgo	Coefficiente de Curtosis
$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$	$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n}$	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	$C_v = \frac{\sigma}{\mu}$	$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^3}{n \sigma^3}$	$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^4}{n \sigma^4}$

Fuente: Elaboración propia.

### 1.2.5.2. Regresiones

El análisis de regresión, es una técnica determinística, que permite determinar la naturaleza de la relación funcional entre dos o más variables.

Permite predecir los valores de  $y = f(x)$ , ecuaciones de regresión, con un cierto grado de aproximación

Algunas ecuaciones de regresión más utilizadas en hidrología, son:

- ✓ Regresión lineal.
- ✓ Regresión simple.
- ✓ Regresión múltiple 2 variables independientes.
- ✓ Regresión múltiple 3 variables independientes.
- ✓ Regresión polinomial 2° grado.
- ✓ Regresión polinomial 3° grado.
- ✓ Modelo Autorregresivo AR(1) o Markoviano de orden 01
- ✓ Modelo Autorregresivo AR(1) con transformación

### 1.1.6. Procedimiento para desarrollar en HidroEsta

#### 1.2.6.1. Trabajos previos en HidroEsta

Primeramente, se realiza con los caudales máximos de las precipitaciones de la Estación Chivay ya que es la estación más próxima al estudio del río “Capillamayo”.

*Parámetros Estadísticos.*

Parámetros	Muéstrales	Poblacionales	Momentos Lineales
Media:	138.6190	138.6190	138.6190
Varianza:	2236.0258	2197.4736	702.5979
Desviación Estándar:	47.2866	46.8772	26.5066
Coefficiente Variación:	0.3411	0.3382	0.1912
Coefficiente de Sesgo:	-0.1771	-0.1724	-0.0521
Coefficiente de Curtosis:	3.5919	3.3464	0.1457

Fuente: Reporte HidroEsta.

Coeficientes Lineales:

$$L1 = 138.6190$$

$$L2 = 26.5066$$

$$L3 = -1.3812$$

$$L4 = 3.8611$$

*Serie de datos ordenados.*

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>N°</b>	<b>X</b>
1	14.6	30	144.8
2	26.5	31	148.1
3	67.9	32	149.9
4	71	33	154.2
5	71.9	34	156.4
6	73.7	35	156.8
7	75.5	36	157
8	91	37	158.6
9	91.6	38	158.6
10	92.2	39	158.7
11	93.7	40	163.2
12	94.8	41	164.4
13	104.5	42	165
14	104.6	43	165.6
15	106.5	44	166.4
16	106.9	45	168.4
17	107.4	46	176
18	110.9	47	176.5
19	118.4	48	178.1
20	119.8	49	180
21	123.3	50	180.7
22	127.4	51	180.8
23	128.2	52	190
24	132.7	53	190.9
25	135.8	54	195.5
26	136.4	55	198.9
27	137.5	56	212.7
28	138.8	57	236.6
29	141.3	58	262.3

Fuente: Reporte HidroEsta.

**1.2.6.2. Cálculo de distribución de probabilidades empíricas de datos agrupados en intervalos de clase**

1. Ordenar la muestra en datos crecientes:  $(x_{min}, x_2, x_3 \dots, x_{max})$
2. Calcular el rango R de la muestra:  $R = x_{max} - x_{min}$
3. Seleccionar el número de intervalos de clase NC:  $Nc = 1.33 \ln N + 1$
4. Calcular la amplitud de cada intervalo de clase  $\Delta x$ :  $\Delta x = \frac{R}{Nc-1}$
5. Calcular los límites de clase de cada uno de los intervalos:  $LCl\ l = x_{min} - \Delta x/2, LCS\ l = LCl\ l + \Delta x$
6. Calcular las marcas de clase de cada uno de los intervalos:  $MCl = \frac{lCl+lCS\ l}{2}, MCl = x_{min}$  y  $MCn = x_{max}$
7. Calcular la frecuencia absoluta: Esta es igual al número de observaciones. Que caen dentro de cada intervalo definido por sus límites de clase respectivos, la misma que se obtiene por conteo:  $fab_i = n_i$

*Frecuencias absolutas.*

<b>LCI</b>	<b>MCL</b>	<b>LCS</b>	<b>Fab</b>
0.0	23.08	46.15	2
46.15	69.23	92.3	8
92.3	115.38	138.45	17
138.45	161.53	184.6	24
184.6	207.68	230.75	5
230.75	253.83	276.9	2

Fuente: Reporte HidroEsta.



*Parámetros Estadísticos.*

Parámetros	Valores
Media:	137.6543
Varianza:	2409.4181
Desviación Estándar:	49.0858
Coefficiente Variación:	0.3566
Coefficiente de Sesgo:	-0.0893
Coefficiente de Curtosis:	3.3554

Fuente: Reporte HidroEsta.

### 1.3. Distribución de frecuencia

Son tablas en que se dispone las modalidades de la variable por filas. La finalidad de las agrupaciones en frecuencias es facilitar la obtención de la información que contienen los datos.

- **Frecuencia absoluta:** Es el número de veces que se repite cada dato.

Nos ayuda a identificar tendencias.

El número cuya frecuencia se acerque más a la unidad es el que tiene mayores probabilidades de salir.

- **Frecuencia relativa:** Se obtiene dividiendo la frecuencia absoluta entre el total de registro.

Es sencillo visualizar cómo se distribuyen los datos.

Nos indica el número de veces que ocurre un mismo dato

- **Función densidad:** Se refiere a la colección de valores de la variable aleatoria y la distribución de probabilidades entre ellos.

La probabilidad de que un  $x$  ocurra es  $P(x)$ , expresado con un valor o un porcentaje

- **Función acumulada:** La función distribución acumulada  $F(x)$  de la variable aleatoria discreta  $x$ , cuya distribución de probabilidad es  $P(x)$ , es la probabilidad de que la variable  $X$  sea menor o igual valor.

Puede tomar valores entre 0 y 1  $0 \leq F(x) \leq 1$  para todo  $x \in \mathbb{R}$

Es no decreciente  $F_-(x) \leq F_-(x_2)$  para todo  $x_1 < x_2$

### 1.3.1. Análisis de frecuencia de precipitaciones máximas de 24 horas

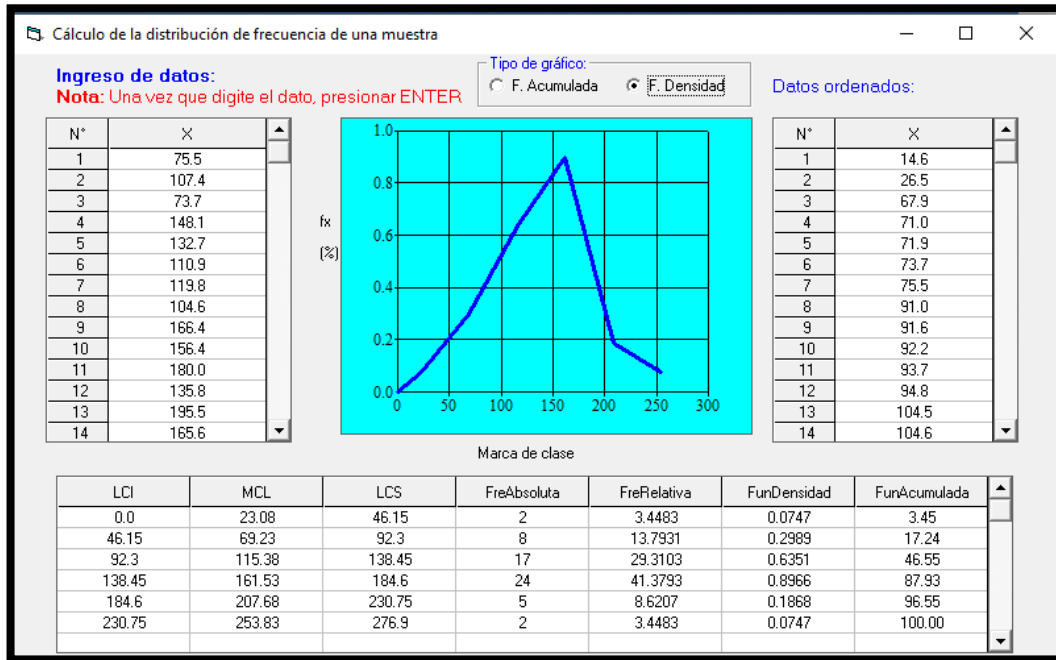
Con los datos de las precipitaciones máximas en 24 horas, se ha determinado la frecuencia de precipitaciones, es decir la máxima precipitación que se espera ocurra en promedio una vez cada cierto número de años (periodo de retorno). Para el ajuste de las distribuciones teóricas, estén más cercas de los datos experimentales se utilizó el Software Hidro-Esta.

*Serie de datos X.*

N°	X	N°	X
1	75.5	27	93.7
2	107.4	28	127.4
3	73.7	29	26.5
4	148.1	35	137.5
5	132.7	36	176.5
6	110.9	37	180.7
7	119.8	38	198.9
8	104.6	39	149.9
9	166.4	40	91
10	156.4	41	144.8
11	180	42	106.9
12	135.8	43	165
13	195.5	44	138.8
14	165.6	45	262.3
15	94.8	46	156.8
16	92.2	47	128.2
17	67.9	48	176
18	118.4	49	236.6
19	91.6	50	158.7
20	14.6	51	123.3
21	180.8	52	141.3
22	158.6	53	154.2
23	178.1	54	190
24	71.9	55	164.4
25	190.9	56	157
26	71	57	212.7

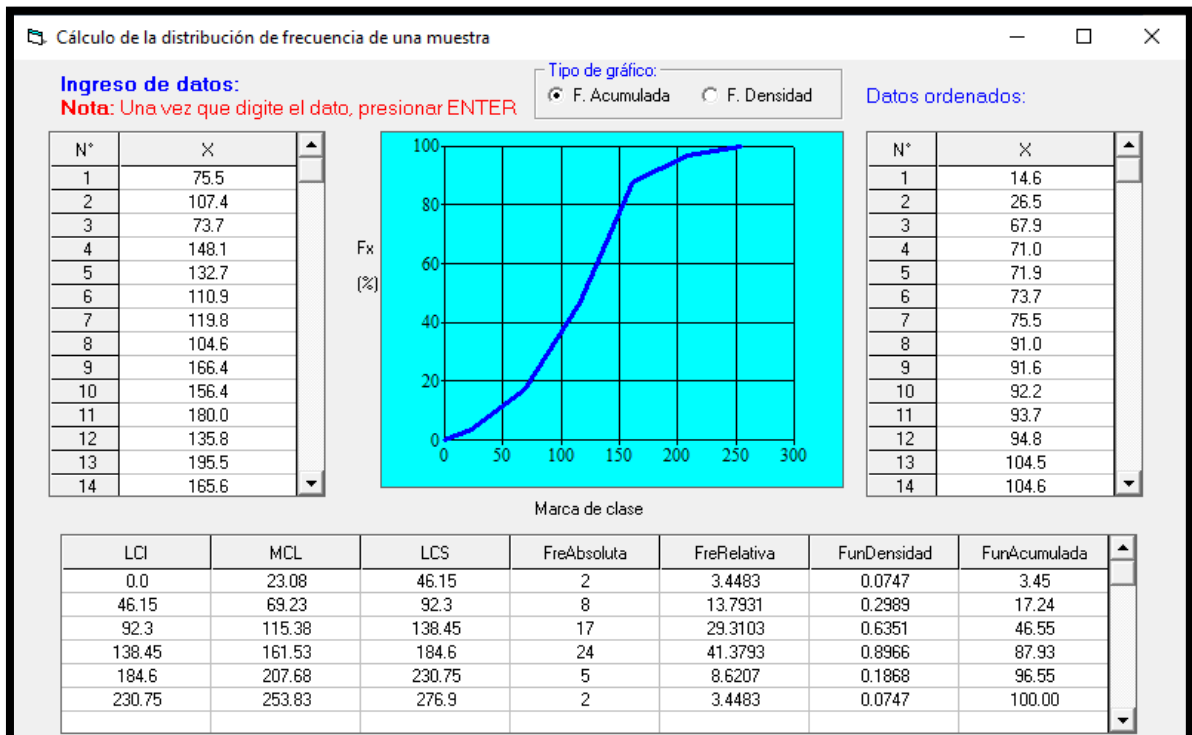
Fuente: Reporte HidroEsta.

*Distribución de Frecuencia de una Muestra.*



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

*Distribución de Frecuencia (frecuencia vs densidad).*



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Las opciones del menú principal.

Opciones	Descripción	Fórmula
Regresión Lineal	En ocasiones la distribución de la muestra toma la forma de una recta que sigue una ecuación lineal determinada	$y = ax + b$
Regresión Simple	Tratamos de explicar la relación que existe entre la variable respuesta Y y una única variable explicativa X.	$y = a + b^x$ $y = a + x^b$
Regresión múltiple 2 variables independientes.	Esta técnica de análisis se utiliza cuando la variable dependiente Y, es función de dos o más variables independientes ( $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ )	$Y' = a + b_1x_1 + b_2x_2$
Regresión múltiple 3 variables independientes.		$Y' = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$
Regresión Polinomial 2º Grado	Para el ajuste de los pares de valores, se puede utilizar la metodología descrita para el caso de una ecuación de regresión lineal múltiple	$Y' = a + b_1x + b_2x^2$
Regresión Polinomial 3º Grado		$Y' = a + b_1x + b_2x^2 + b_3x^3$
Modelo Autorregresivo o Markoviano de Orden 1	Son aquellos modelos ARMA (p,q) en los que q=0. en general lo denotarlo con AR(p).	$y_t = \mu + \phi_1(y_{t-1} - \mu) + \varepsilon_t$
Modelo Autorregresivo con Transformación	En un modelo AR(p) en valor en el momento t de la serie se expresa como una combinación lineal de las p observaciones anteriores de la serie más la innovación	

Fuente: Elaboración propia.

### 1.3.2. Modelo Autorregresivo o Markoviano de orden 1

Nuevas precipitaciones Máximas en 50, 100, 200 y 500 años

Precipitaciones máximas en 50 años

- **Parámetros estadísticos muestrales:**

-----

Media = 138.6190

Varianza = 2236.0257

Desviación estándar = 47.2866

Coefficiente de variación = 0.3411

Sesgo = -0.1771

Curtosis = 3.5919

- **Parámetros del modelo autorregresivo AR (1):**

-----

$c_0 = 2197.4735$

c1 = 436.6500

ro1 = 0.1987

Se = 46.3437

*Serie de Datos Generados.*

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>N°</b>	<b>X</b>
1	99.4075	26	114.8142
2	148.3162	27	79.6479
3	164.8757	28	94.9546
4	152.8089	29	148.2931
5	138.2009	30	70.3926
6	112.0053	31	64.0457
7	132.8042	32	48.9715
8	138.0437	33	123.3791
9	132.5981	34	101.017
10	120.4435	35	70.0843
11	100.6169	36	104.5334
12	117.3921	37	40.8845
13	183.9008	38	125.711
14	120.4228	39	162.3237
15	172.2131	40	123.1864
16	133.6	41	148.931
17	170.2403	42	110.9738
18	111.8138	43	193.4808
19	37.3021	44	114.157
20	167.3677	45	10.2896
21	168.3757	46	71.7458
22	172.7975	47	55.8063
23	164.4747	48	170.1968
24	104.9035	49	95.2018
25	187.497	50	152.496

Fuente: Reporte HidroEsta.

- **Parámetros estadísticos serie generada:**

-----  
Media = 120.9588

Varianza = 1840.7809

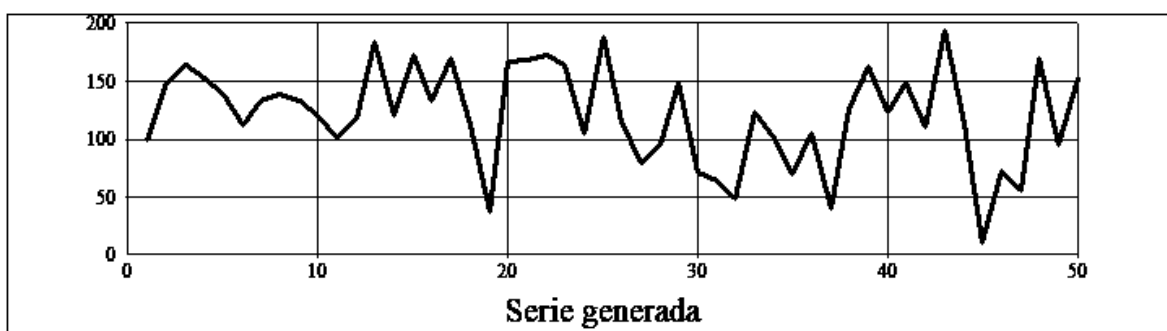
Desviación estándar = 42.9043

Coefficiente de variación = 0.3547

Sesgo = -0.4810

Curtosis = 2.8823

*Graficar Series.*



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

### 1.3.3. Precipitaciones máximas en 100 años

- **Parámetros estadísticos muestrales:**

-----  
Media = 138.6190

Varianza = 2236.0257

Desviación estándar = 47.2866

Coefficiente de variación = 0.3411

Sesgo = -0.1771

Curtosis = 3.5919

• **Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):**

-----  
c0 = 2197.4735

c1 = 436.6500

ro1 = 0.1987

Se = 46.3437

*Serie de Datos Generados.*

N°	X	N°	X	N°	X
1	228.4314	32	129.5259	62	119.2082
2	189.8785	33	141.5059	63	209.5107
3	168.6737	34	153.5526	64	173.9234
4	157.4854	35	67.0112	65	84.8649
5	118.3918	36	119.4183	66	140.1588
6	101.9293	37	125.3035	67	103.8453
7	210.1204	38	180.6866	68	91.4772
8	170.5765	39	19.1563	69	135.4072
9	111.1429	40	105.6095	70	97.624
10	209.499	41	37.0638	71	147.8728
11	130.805	42	101.2453	72	191.7917
12	119.3142	43	172.919	73	178.1166
13	89.5064	44	87.6051	74	178.2464
14	98.344	45	128.9381	75	165.6794

<b>15</b>	145.9043	<b>46</b>	103.8889	<b>76</b>	161.377
<b>16</b>	176.7233	<b>47</b>	53.0567	<b>77</b>	96.0621
<b>17</b>	93.5194	<b>48</b>	120.6008	<b>78</b>	65.7589
<b>18</b>	132.1118	<b>49</b>	108.9731	<b>79</b>	153.5745
<b>19</b>	69.5959	<b>50</b>	157.8733	<b>80</b>	136.4571
<b>20</b>	133.2885	<b>51</b>	223.5814	<b>81</b>	157.1898
<b>21</b>	219.6466	<b>52</b>	100.2626	<b>82</b>	173.4419
<b>22</b>	163.7279	<b>53</b>	164.8433	<b>83</b>	199.7592
<b>23</b>	177.3691	<b>54</b>	133.0475	<b>84</b>	123.6806
<b>24</b>	208.6046	<b>55</b>	114.6333	<b>85</b>	137.1557
<b>25</b>	198.9065	<b>56</b>	118.8958	<b>86</b>	102.86
<b>26</b>	131.5278	<b>57</b>	197.141	<b>87</b>	27.4328
<b>27</b>	145.7359	<b>58</b>	107.5509	<b>88</b>	235.8032
<b>28</b>	116.6739	<b>59</b>	165.6731	<b>89</b>	71.8852
<b>29</b>	185.4365	<b>60</b>	164.3305	<b>90</b>	109.7021
<b>30</b>	4.4731	<b>61</b>	114.9623	<b>91</b>	139.5576
<b>31</b>	128.9813				

Fuente: Reporte HidroEsta.

- **Parámetros estadísticos serie generada:**

-----  
Media = 137.0559

Varianza = 2424.6616

Desviación estándar = 49.2409

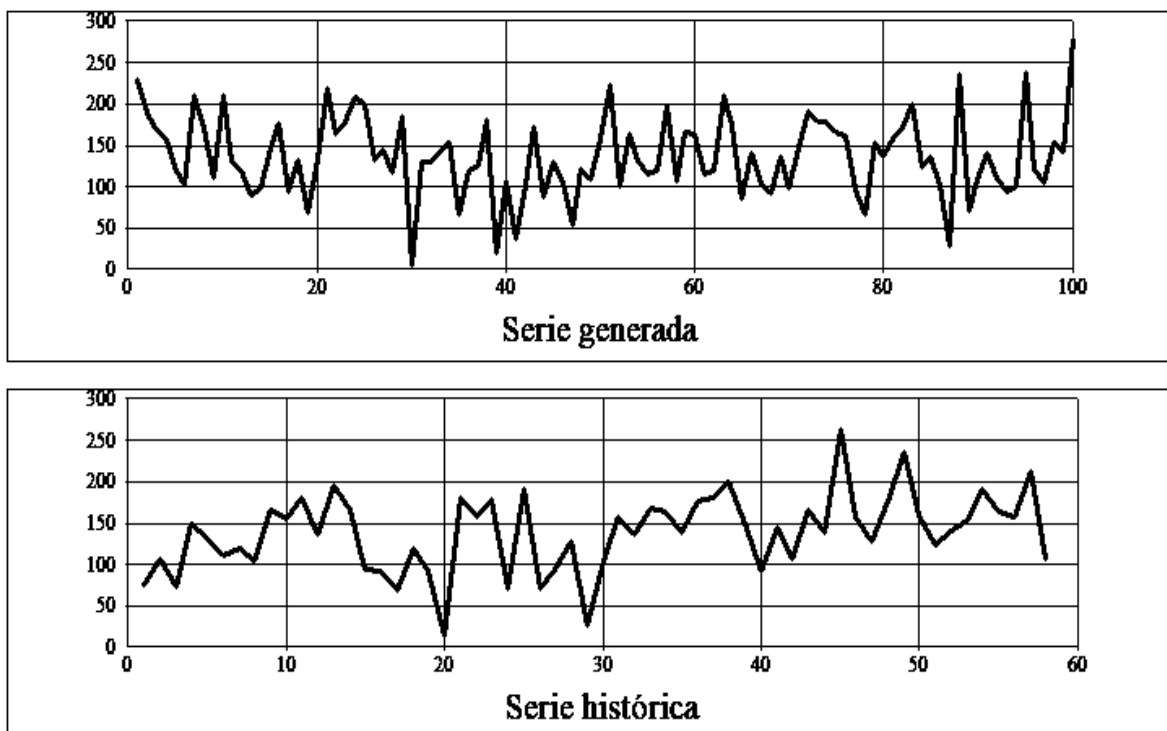
Coefficiente de variación = 0.3593

Sesgo = 0.0469

Curtosis = 3.4278



*Graficar Series.*



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

#### 1.3.4. Precipitaciones máximas en 200 años

- **Parámetros estadísticos muestrales:**

-----  
Media = 138.6190

Varianza = 2236.0257

Desviación estándar = 47.2866

Coefficiente de variación = 0.3411

Sesgo = -0.1771

Curtosis = 3.5919

- **Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):**

-----  
c0 = 2197.4735

c1 = 436.6500

ro1 = 0.1987

Se = 46.3437

*Serie de Datos Generados.*

<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>N°</b>	<b>X</b>	<b>N°</b>	<b>X</b>
<b>1</b>	110.3283	<b>68</b>	194.6244	<b>135</b>	177.2071
<b>2</b>	77.1115	<b>69</b>	207.2054	<b>136</b>	160.7271
<b>3</b>	126.1916	<b>70</b>	185.0599	<b>137</b>	52.1184
<b>4</b>	194.7133	<b>71</b>	170.5722	<b>138</b>	151.9739
<b>5</b>	135.2697	<b>72</b>	145.6027	<b>139</b>	47.9233
<b>6</b>	139.8885	<b>73</b>	158.7522	<b>140</b>	123.7588
<b>7</b>	69.3059	<b>74</b>	172.4903	<b>141</b>	120.2268
<b>8</b>	77.8523	<b>75</b>	174.3494	<b>142</b>	155.631
<b>9</b>	102.3046	<b>76</b>	64.5864	<b>143</b>	73.7329
<b>10</b>	77.4716	<b>77</b>	130.5043	<b>144</b>	106.1157
<b>11</b>	101.0009	<b>78</b>	185.0235	<b>145</b>	210.4158
<b>12</b>	149.4543	<b>79</b>	162.4426	<b>146</b>	178.2163
<b>13</b>	115.4527	<b>80</b>	191.7489	<b>147</b>	221.5586
<b>14</b>	80.5375	<b>81</b>	248.5422	<b>148</b>	185.2018
<b>15</b>	231.1477	<b>82</b>	121.3524	<b>149</b>	187.7868
<b>16</b>	183.0003	<b>83</b>	118.9617	<b>150</b>	72.1333
<b>17</b>	92.406	<b>84</b>	37.7012	<b>151</b>	135.5353
<b>18</b>	158.9549	<b>85</b>	62.7403	<b>152</b>	245.8008
<b>19</b>	119.6359	<b>86</b>	64.8029	<b>153</b>	193.6526
<b>20</b>	57.5308	<b>87</b>	144.5427	<b>154</b>	157.2007
<b>21</b>	105.664	<b>88</b>	137.0972	<b>155</b>	159.5785
<b>22</b>	201.6568	<b>89</b>	104.5027	<b>156</b>	123.4713
<b>23</b>	72.4365	<b>90</b>	144.2742	<b>157</b>	38.6097
<b>24</b>	161.6433	<b>91</b>	185.9473	<b>158</b>	126.9178
<b>25</b>	150.7176	<b>92</b>	129.9105	<b>159</b>	193.1317
<b>26</b>	187.4491	<b>93</b>	133.4126	<b>160</b>	92.0568
<b>27</b>	89.8022	<b>94</b>	64.6666	<b>161</b>	229.1939
<b>28</b>	196.4846	<b>95</b>	23.0293	<b>162</b>	219.4741
<b>29</b>	190.0941	<b>96</b>	148.5644	<b>163</b>	205.0621
<b>30</b>	194.7176	<b>97</b>	138.0482	<b>164</b>	174.6056
<b>31</b>	144.8431	<b>98</b>	117.6403	<b>165</b>	143.8361
<b>32</b>	193.153	<b>99</b>	158.2473	<b>166</b>	99.1515
<b>33</b>	36.5058	<b>100</b>	140.5893	<b>167</b>	195.704

<b>34</b>	100.2792	<b>101</b>	115.2423	<b>168</b>	249.1061
<b>35</b>	123.9708	<b>102</b>	165.0013	<b>169</b>	104.1108
<b>36</b>	165.8002	<b>103</b>	111.1965	<b>170</b>	141.0979
<b>37</b>	107.8055	<b>104</b>	56.5993	<b>171</b>	166.3372
<b>38</b>	164.5807	<b>105</b>	97.6327	<b>172</b>	148.4431
<b>39</b>	241.9934	<b>106</b>	140.6496	<b>173</b>	175.6563
<b>40</b>	149.5245	<b>107</b>	102.6842	<b>174</b>	84.7918
<b>41</b>	130.7799	<b>108</b>	105.689	<b>175</b>	134.8522
<b>42</b>	153.6891	<b>109</b>	163.3557	<b>176</b>	208.8332
<b>43</b>	102.1402	<b>110</b>	160.1392	<b>177</b>	53.0646
<b>44</b>	108.8313	<b>111</b>	146.7302	<b>178</b>	103.1182
<b>45</b>	147.9695	<b>112</b>	155.657	<b>179</b>	152.1414
<b>46</b>	142.6672	<b>113</b>	131.6068	<b>180</b>	79.7886
<b>47</b>	83.3087	<b>114</b>	190.6455	<b>181</b>	95.1067
<b>48</b>	131.269	<b>115</b>	169.3256	<b>182</b>	192.5418
<b>49</b>	135.076	<b>116</b>	228.0868	<b>183</b>	157.1226
<b>50</b>	9.7066	<b>117</b>	184.5269	<b>184</b>	170.1711
<b>51</b>	138.3803	<b>118</b>	111.5761	<b>185</b>	189.7089
<b>52</b>	149.5025	<b>119</b>	123.4541	<b>186</b>	235.2566
<b>53</b>	108.452	<b>120</b>	135.418	<b>187</b>	143.9667
<b>54</b>	168.3842	<b>121</b>	121.9633	<b>188</b>	116.99
<b>55</b>	87.5598	<b>122</b>	129.8178	<b>189</b>	86.4817
<b>56</b>	65.8838	<b>123</b>	47.645	<b>190</b>	86.8839
<b>57</b>	55.8844	<b>124</b>	138.0738	<b>191</b>	113.9234
<b>58</b>	155.2109	<b>125</b>	115.6691	<b>192</b>	118.4998
<b>59</b>	141.8354	<b>126</b>	140.4334	<b>193</b>	79.521
<b>60</b>	124.768	<b>127</b>	84.0437	<b>194</b>	164.6056
<b>61</b>	120.7619	<b>128</b>	130.7159	<b>195</b>	114.007
<b>62</b>	128.8055	<b>129</b>	118.8944	<b>196</b>	117.7419
<b>63</b>	122.2412	<b>130</b>	116.4855	<b>197</b>	52.8142
<b>64</b>	64.6809	<b>131</b>	129.8074	<b>198</b>	165.2498
<b>65</b>	177.3244	<b>132</b>	117.5508	<b>199</b>	167.6289
<b>66</b>	199.3088	<b>133</b>	282.3474	<b>200</b>	145.9858
<b>67</b>	101.5456	<b>134</b>	148.7093		

Fuente: Reporte HidroEsta.

- **Parámetros estadísticos serie generada:**

-----  
Media = 136.4641

Varianza = 2381.4808

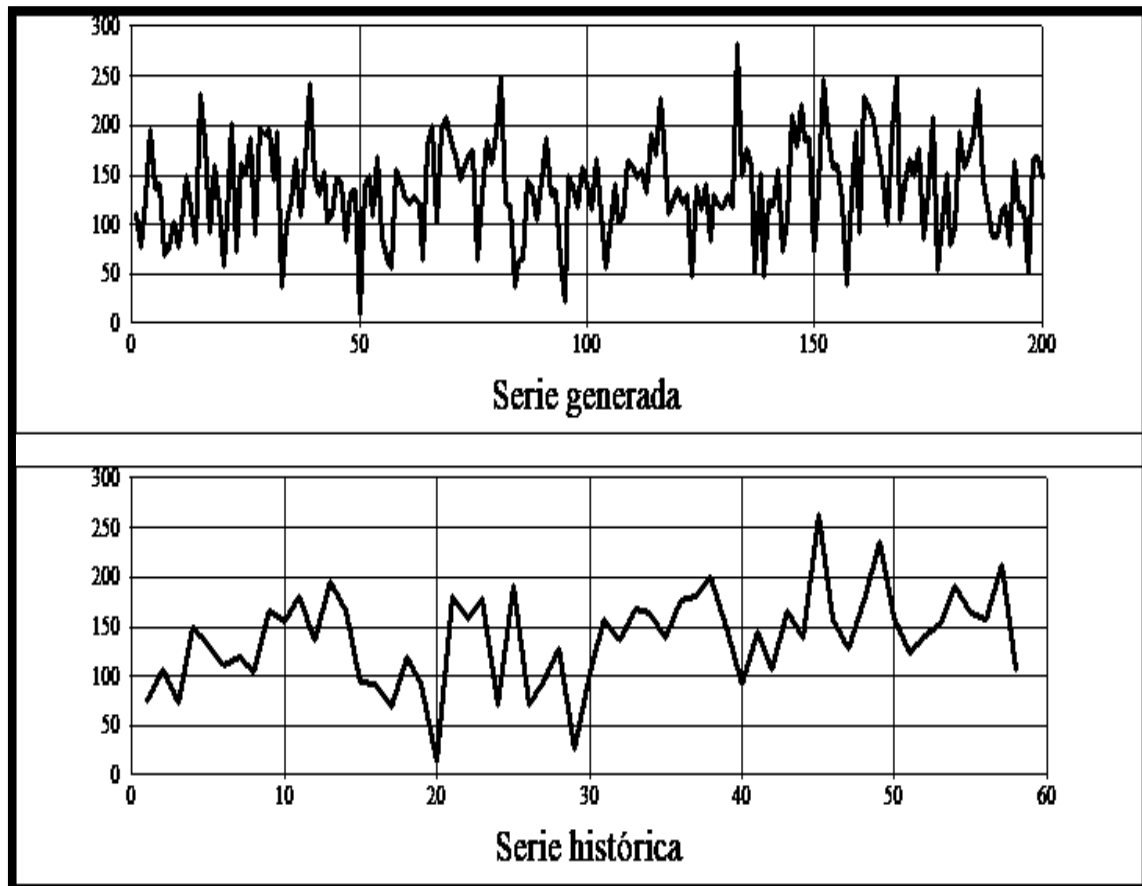
Desviación estándar = 48.8004

Coefficiente de variación = 0.3576

Sesgo = 0.0763

Curtosis = 2.9905

*Graficar Series.*



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

### 1.3.5. Precipitaciones máximas en 500 años

- **Parámetros estadísticos muestrales:**

-----  
Media = 138.6190

Varianza = 2236.0257

Desviación estándar = 47.2866

Coefficiente de variación = 0.3411

Sesgo = -0.1771

Curtosis = 3.5919

- **Parámetros del modelo autorregresivo AR (1):**

-----

c0 = 2197.4735

c1 = 436.6500

ro1 = 0.1987

Se = 46.3437

*Serie de Datos Generados.*

N°	X	N°	X	N°	X
1	119.5906	168	138.9344	335	167.49
2	153.1219	169	77.5398	336	100.6155
3	204.7993	170	56.7153	337	128.6199
4	149.8316	171	156.3483	338	155.0014
5	174.6511	172	97.2932	339	234.6903
6	115.7349	173	176.6267	340	210.6783
7	191.6352	174	214.44	341	198.2234
8	182.236	175	143.4961	342	4.8221
9	176.2057	176	142.7613	343	54.7604
10	177.2468	177	168.5678	344	141.3033
11	121.7334	178	89.3687	345	130.9598
12	152.5904	179	187.5226	346	111.7074
13	156.6291	180	168.6686	347	169.6516
14	131.7908	181	163.6321	348	163.4933
15	2.5294	182	232.5585	349	229.4096
16	134.3943	183	128.3135	350	97.8782
17	119.4043	184	168.7507	351	172.2113

<b>18</b>	133.0011	<b>185</b>	109.9717	<b>352</b>	124.6572
<b>19</b>	126.4924	<b>186</b>	189.0532	<b>353</b>	127.6639
<b>20</b>	90.5519	<b>187</b>	195.0504	<b>354</b>	114.5353
<b>21</b>	100.5957	<b>188</b>	217.6378	<b>355</b>	142.6321
<b>22</b>	180.3371	<b>189</b>	141.3252	<b>356</b>	155.8782
<b>23</b>	263.6079	<b>190</b>	114.4465	<b>357</b>	147.6236
<b>24</b>	219.7592	<b>191</b>	77.589	<b>358</b>	170.8707
<b>25</b>	123.0871	<b>192</b>	185.8569	<b>359</b>	162.6498
<b>26</b>	124.5708	<b>193</b>	116.4474	<b>360</b>	111.0105
<b>27</b>	205.0421	<b>194</b>	148.1638	<b>361</b>	127.9009
<b>28</b>	119.1861	<b>195</b>	94.8221	<b>362</b>	162.833
<b>29</b>	143.4872	<b>196</b>	114.2871	<b>363</b>	98.2153
<b>30</b>	173.802	<b>197</b>	175.7823	<b>364</b>	62.197
<b>31</b>	149.1093	<b>198</b>	169.0789	<b>365</b>	110.6391
<b>32</b>	174.7677	<b>199</b>	91.9257	<b>366</b>	160.6895
<b>33</b>	103.5345	<b>200</b>	142.6742	<b>367</b>	130.3229
<b>34</b>	146.2386	<b>201</b>	225.7743	<b>368</b>	183.009
<b>35</b>	171.54	<b>202</b>	206.1229	<b>369</b>	138.6176
<b>36</b>	118.2933	<b>203</b>	245.8488	<b>370</b>	111.7871
<b>37</b>	168.4809	<b>204</b>	142.129	<b>371</b>	91.1492
<b>38</b>	150.5446	<b>205</b>	173.8431	<b>372</b>	74.9858
<b>39</b>	81.0445	<b>206</b>	133.3822	<b>373</b>	139.4132
<b>40</b>	174.3602	<b>207</b>	150.8789	<b>374</b>	213.9764
<b>41</b>	177.0682	<b>208</b>	194.3915	<b>375</b>	108.5157
<b>42</b>	170.3846	<b>209</b>	63.6297	<b>376</b>	123.2833
<b>43</b>	143.6499	<b>210</b>	145.549	<b>377</b>	165.6694
<b>44</b>	94.8001	<b>211</b>	169.3741	<b>378</b>	117.7359
<b>45</b>	135.8857	<b>212</b>	136.9647	<b>379</b>	126.6869
<b>46</b>	190.6534	<b>213</b>	149.1884	<b>380</b>	132.1491
<b>47</b>	111.0567	<b>214</b>	235.9792	<b>381</b>	195.0114
<b>48</b>	116.9538	<b>215</b>	153.1823	<b>382</b>	111.547
<b>49</b>	94.6686	<b>216</b>	171.6513	<b>383</b>	97.2413
<b>50</b>	85.0199	<b>217</b>	93.3525	<b>384</b>	185.4799
<b>51</b>	55.0579	<b>218</b>	150.4213	<b>385</b>	198.8133
<b>52</b>	125.2747	<b>219</b>	98.1856	<b>386</b>	144.6273
<b>53</b>	127.2294	<b>220</b>	162.5048	<b>387</b>	126.9241
<b>54</b>	87.8691	<b>221</b>	171.2943	<b>388</b>	57.9978
<b>55</b>	143.8547	<b>222</b>	108.0303	<b>389</b>	135.3927

<b>56</b>	113.813	<b>223</b>	195.4153	<b>390</b>	101.6419
<b>57</b>	196.4214	<b>224</b>	93.3238	<b>391</b>	39.8028
<b>58</b>	65.2881	<b>225</b>	148.8435	<b>392</b>	58.4457
<b>59</b>	88.7514	<b>226</b>	154.4002	<b>393</b>	158.8129
<b>60</b>	141.0233	<b>227</b>	195.5321	<b>394</b>	77.502
<b>61</b>	105.0332	<b>228</b>	148.2345	<b>395</b>	80.0861
<b>62</b>	179.5945	<b>229</b>	162.4464	<b>396</b>	22.3014
<b>63</b>	179.1913	<b>230</b>	187.0977	<b>397</b>	87.023
<b>64</b>	114.2779	<b>231</b>	82.9824	<b>398</b>	222.9685
<b>65</b>	146.0049	<b>232</b>	223.3748	<b>399</b>	144.6651
<b>66</b>	43.8787	<b>233</b>	159.0201	<b>400</b>	26.1519
<b>67</b>	120.4209	<b>234</b>	161.8783	<b>401</b>	1.8854
<b>68</b>	70.2433	<b>235</b>	146.6981	<b>402</b>	125.9319
<b>69</b>	55.8213	<b>236</b>	125.0102	<b>403</b>	159.64
<b>70</b>	160.9909	<b>237</b>	74.8622	<b>404</b>	121.2827
<b>71</b>	105.1735	<b>238</b>	117.1883	<b>405</b>	141.7332
<b>72</b>	149.6418	<b>239</b>	114.7704	<b>406</b>	175.0504
<b>73</b>	164.2638	<b>240</b>	127.8326	<b>407</b>	125.8828
<b>74</b>	163.2011	<b>241</b>	151.4574	<b>408</b>	203.3696
<b>75</b>	178.129	<b>242</b>	83.116	<b>409</b>	136.7473
<b>76</b>	114.3296	<b>243</b>	83.6762	<b>410</b>	105.9179
<b>77</b>	136.0239	<b>244</b>	78.8491	<b>411</b>	166.7363
<b>78</b>	143.6877	<b>245</b>	66.1821	<b>412</b>	161.5899
<b>79</b>	157.9241	<b>246</b>	19.6019	<b>413</b>	124.7221
<b>80</b>	107.274	<b>247</b>	101.6421	<b>414</b>	156.1954
<b>81</b>	143.5722	<b>248</b>	135.0401	<b>415</b>	13.7054
<b>82</b>	100.5503	<b>249</b>	18.5849	<b>416</b>	231.8537
<b>83</b>	195.0577	<b>250</b>	118.6009	<b>417</b>	120.3586
<b>84</b>	223.3459	<b>251</b>	124.6739	<b>418</b>	166.1222
<b>85</b>	107.2383	<b>252</b>	54.5367	<b>419</b>	176.7389
<b>86</b>	181.9557	<b>253</b>	88.3374	<b>420</b>	96.0459
<b>87</b>	40.546	<b>254</b>	185.7759	<b>421</b>	216.7085
<b>88</b>	142.8197	<b>255</b>	107.5201	<b>422</b>	141.8922
<b>89</b>	23.5295	<b>256</b>	97.1692	<b>423</b>	150.205
<b>90</b>	155.2406	<b>257</b>	137.4798	<b>424</b>	162.8468
<b>91</b>	172.9549	<b>258</b>	185.1502	<b>425</b>	141.29
<b>92</b>	186.0443	<b>259</b>	206.6901	<b>426</b>	194.0152
<b>93</b>	130.5363	<b>260</b>	193.1857	<b>427</b>	194.0922

<b>94</b>	117.6355	<b>261</b>	141.9447	<b>428</b>	180.3462
<b>95</b>	99.4545	<b>262</b>	112.1313	<b>429</b>	147.6219
<b>96</b>	196.2394	<b>263</b>	100.9071	<b>430</b>	195.5751
<b>97</b>	199.8602	<b>264</b>	90.3127	<b>431</b>	124.0471
<b>98</b>	114.149	<b>265</b>	97.4136	<b>432</b>	145.5625
<b>99</b>	120.3804	<b>266</b>	113.6088	<b>433</b>	163.9037
<b>100</b>	149.4408	<b>267</b>	191.544	<b>434</b>	174.77
<b>101</b>	174.5283	<b>268</b>	181.2962	<b>435</b>	121.6863
<b>102</b>	166.5871	<b>269</b>	165.1663	<b>436</b>	122.814
<b>103</b>	89.3605	<b>270</b>	133.5441	<b>437</b>	182.5581
<b>104</b>	137.7531	<b>271</b>	133.287	<b>438</b>	57.9917
<b>105</b>	99.649	<b>272</b>	41.4251	<b>439</b>	180.3423
<b>106</b>	48.4362	<b>273</b>	82.2023	<b>440</b>	154.0225
<b>107</b>	40.4153	<b>274</b>	180.0557	<b>441</b>	78.0695
<b>108</b>	68.2425	<b>275</b>	181.5029	<b>442</b>	66.9514
<b>109</b>	126.7805	<b>276</b>	104.2257	<b>443</b>	80.1367
<b>110</b>	130.6819	<b>277</b>	83.6587	<b>444</b>	189.8611
<b>111</b>	127.8888	<b>278</b>	111.5423	<b>445</b>	118.0085
<b>112</b>	134.0869	<b>279</b>	186.5813	<b>446</b>	202.8722
<b>113</b>	108.9648	<b>280</b>	285.874	<b>447</b>	123.0082
<b>114</b>	128.0837	<b>281</b>	251.944	<b>448</b>	189.7302
<b>115</b>	85.7795	<b>282</b>	180.5415	<b>449</b>	64.6979
<b>116</b>	154.8309	<b>283</b>	182.921	<b>450</b>	154.4184
<b>117</b>	116.0445	<b>284</b>	131.4681	<b>451</b>	136.033
<b>118</b>	190.6448	<b>285</b>	157.8068	<b>452</b>	153.5146
<b>119</b>	150.7434	<b>286</b>	170.6435	<b>453</b>	145.6526
<b>120</b>	181.6112	<b>287</b>	202.5069	<b>454</b>	112.864
<b>121</b>	169.2765	<b>288</b>	65.6014	<b>455</b>	203.5479
<b>122</b>	122.1702	<b>289</b>	61.8129	<b>456</b>	67.4
<b>123</b>	169.7985	<b>290</b>	213.0131	<b>457</b>	159.9806
<b>124</b>	57.4934	<b>291</b>	111.2632	<b>458</b>	165.1824
<b>125</b>	160.4508	<b>292</b>	82.5156	<b>459</b>	141.5795
<b>126</b>	168.5257	<b>293</b>	89.9997	<b>460</b>	134.5878
<b>127</b>	174.2298	<b>294</b>	2.9262	<b>461</b>	150.3905
<b>128</b>	115.7792	<b>295</b>	95.5589	<b>462</b>	183.7084
<b>129</b>	107.1703	<b>296</b>	111.6677	<b>463</b>	139.013
<b>130</b>	162.8484	<b>297</b>	119.0528	<b>464</b>	114.6715
<b>131</b>	103.7912	<b>298</b>	101.2727	<b>465</b>	135.505



<b>132</b>	126.526	<b>299</b>	109.4289	<b>466</b>	148.9285
<b>133</b>	164.268	<b>300</b>	107.5482	<b>467</b>	119.4039
<b>134</b>	156.3116	<b>301</b>	145.8673	<b>468</b>	133.8673
<b>135</b>	157.5903	<b>302</b>	161.3862	<b>469</b>	143.9131
<b>136</b>	100.6271	<b>303</b>	252.4041	<b>470</b>	142.6603
<b>137</b>	117.3247	<b>304</b>	219.4596	<b>471</b>	157.2558
<b>138</b>	154.7168	<b>305</b>	109.0551	<b>472</b>	140.5838
<b>139</b>	115.7744	<b>306</b>	56.4125	<b>473</b>	150.4074
<b>140</b>	96.4894	<b>307</b>	81.5636	<b>474</b>	235.5308
<b>141</b>	193.097	<b>308</b>	151.6941	<b>475</b>	210.6114
<b>142</b>	208.3847	<b>309</b>	202.12	<b>476</b>	263.1808
<b>143</b>	211.9345	<b>310</b>	116.8997	<b>477</b>	180.9875
<b>144</b>	149.0464	<b>311</b>	136.124	<b>478</b>	75.0135
<b>145</b>	51.1057	<b>312</b>	112.8406	<b>479</b>	75.0193
<b>146</b>	230.4135	<b>313</b>	42.7126	<b>480</b>	139.5489
<b>147</b>	179.4696	<b>314</b>	58.5578	<b>481</b>	113.4254
<b>148</b>	172.3284	<b>315</b>	137.9222	<b>482</b>	77.9141
<b>149</b>	96.4088	<b>316</b>	76.2346	<b>483</b>	199.3229
<b>150</b>	99.6427	<b>317</b>	97.9285	<b>484</b>	97.4957
<b>151</b>	84.4365	<b>318</b>	182.6657	<b>485</b>	141.2761
<b>152</b>	143.0296	<b>319</b>	165.6067	<b>486</b>	203.1722
<b>153</b>	110.9762	<b>320</b>	120.3425	<b>487</b>	197.3562
<b>154</b>	88.3023	<b>321</b>	194.3721	<b>488</b>	127.5252
<b>155</b>	133.1625	<b>322</b>	146.6834	<b>489</b>	147.2521
<b>156</b>	160.4291	<b>323</b>	58.5916	<b>490</b>	127.418
<b>157</b>	148.5073	<b>324</b>	178.8361	<b>491</b>	141.9378
<b>158</b>	77.1437	<b>325</b>	156.8	<b>492</b>	158.0454
<b>159</b>	137.903	<b>326</b>	172.4985	<b>493</b>	170.7087
<b>160</b>	98.6624	<b>327</b>	135.857	<b>494</b>	227.2509
<b>161</b>	98.0463	<b>328</b>	130.8093	<b>495</b>	177.0427
<b>162</b>	30.9603	<b>329</b>	237.2529	<b>496</b>	20.9015
<b>163</b>	214.3948	<b>330</b>	210.6847	<b>497</b>	112.4642
<b>164</b>	146.3906	<b>331</b>	157.3921	<b>498</b>	269.8549
<b>165</b>	78.3631	<b>332</b>	190.0512	<b>499</b>	101.5267
<b>166</b>	179.4896	<b>333</b>	145.5055	<b>500</b>	148.7577
<b>167</b>	146.4079	<b>334</b>	155.2969		

Fuente: Reporte HidroEsta.

- **Parámetros estadísticos serie generada:**

-----  
Media = 138.0606

Varianza = 2329.4236

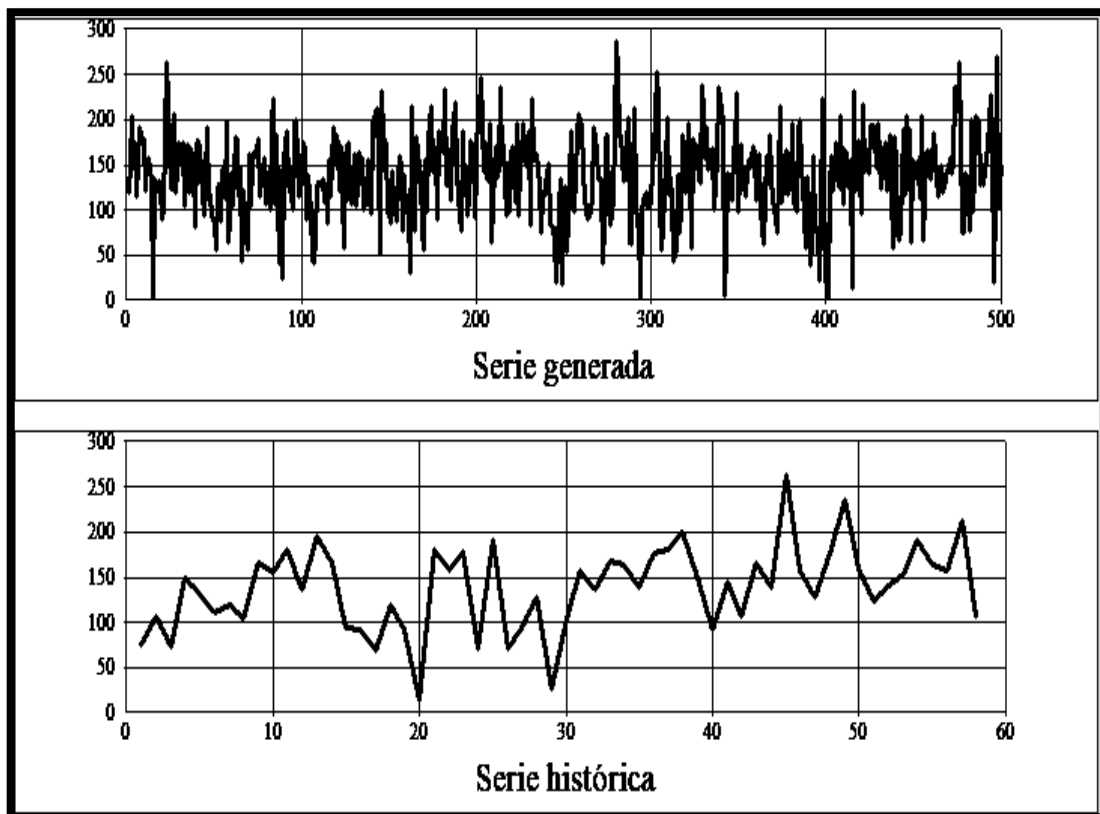
Desviación estándar = 48.2641

Coefficiente de variación = 0.3496

Sesgo = -0.1343

Curtosis = 3.1851

*Serie de Datos Generados.*



Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

#### **1.4. Procedimiento para la determinación de caudales máximos**

Actualmente puede ver una variedad de Métodos utilizados para ejecutar cálculos hidrológicos que han producido buenos resultados y han hecho contribuciones significativas al estudio de estos problemas hidrológicos., para este caso haremos uso del Método Normal ya que se ajusta

mejor, el cual nos permitirá determinar los caudales máximos de la subcuenca Capillamayo a través de datos de precipitaciones máximas.

#### 1.4.1. Datos de control para realizar la simulación

Al software se le alimenta con datos del día de inicio y finalización de análisis y los datos de precipitación para diferentes duraciones en función de la precipitación máxima en 24 horas para cada caso.

Antes de realizar el análisis de la Subcuenca del río Capillamayo se tiene que ingresar la fecha y hora que el programa está generando los caudales máximos.

#### 1.4.2. Cálculo hidráulico de la subcuenca Capillamayo

Se quiere efectuar el cálculo del máximo caudal en la subcuenca Capillamayo de Chivay, del distrito de Coporaque, para periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 años y una duración de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos. Se tiene información de precipitación máxima en 24 horas para los años indicados en el registro señalado de la estación Chivay, que servirá para las determinaciones indicadas.

### 1.5. Discusión

#### 1.5.1. Procedimiento para la determinación de caudales máximos

Actualmente puede ver una variedad de Métodos utilizados para ejecutar cálculos hidrológicos que han producido buenos resultados y han hecho contribuciones significativas al estudio de estos problemas hidrológicos., para este caso haremos uso del Método Normal ya que se ajusta mejor, el cual nos permitirá determinar los caudales máximos de la subcuenca Capillamayo a través de datos de precipitaciones máximas.

##### 1.5.1.1. Distribución de frecuencia (frecuencia vs frecuencia acumulado)

##### 1.5.1.1.1. Análisis de frecuencia: normal

*Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.*

M	X	P(X)	F (Z) Ordinario	F (Z) Mom Lineal Delta	
1	14.6	0.0169	0.0044	0.0041	0.0126
2	26.5	0.0339	0.0089	0.0085	0.025
3	67.9	0.0508	0.0674	0.0661	0.0165

4	71	0.0678	0.0764	0.075	0.0086
5	71.9	0.0847	0.0791	0.0778	0.0056
6	73.7	0.1017	0.0849	0.0835	0.0168
7	75.5	0.1186	0.091	0.0896	0.0277
8	91	0.1356	0.157	0.1554	0.0214
9	91.6	0.1525	0.16	0.1585	0.0075
10	92.2	0.1695	0.1631	0.1616	0.0064
11	93.7	0.1864	0.1711	0.1695	0.0154
12	94.8	0.2034	0.177	0.1755	0.0263
13	104.5	0.2203	0.2353	0.2339	0.015
14	104.6	0.2373	0.2359	0.2345	0.0013
15	106.5	0.2542	0.2485	0.2471	0.0057
16	106.9	0.2712	0.2512	0.2498	0.02
17	107.4	0.2881	0.2546	0.2532	0.0336
18	110.9	0.3051	0.2789	0.2776	0.0262
19	118.4	0.322	0.3345	0.3335	0.0124
20	119.8	0.339	0.3453	0.3444	0.0063
21	123.3	0.3559	0.373	0.3722	0.0171
22	127.4	0.3729	0.4062	0.4056	0.0333
23	128.2	0.3898	0.4128	0.4122	0.023
24	132.7	0.4068	0.4502	0.4499	0.0434
25	135.8	0.4237	0.4762	0.4761	0.0525
26	136.4	0.4407	0.4813	0.4812	0.0406
27	137.5	0.4576	0.4906	0.4905	0.0329

28	138.8	0.4746	0.5015	0.5015	0.027
29	141.3	0.4915	0.5226	0.5228	0.0311
30	144.8	0.5085	0.552	0.5523	0.0435
31	148.1	0.5254	0.5795	0.58	0.054
32	149.9	0.5424	0.5943	0.5949	0.0519
33	154.2	0.5593	0.6291	0.6299	0.0698
34	156.4	0.5763	0.6466	0.6475	0.0703
35	156.8	0.5932	0.6497	0.6506	0.0565
36	157	0.6102	0.6513	0.6522	0.0411
37	158.6	0.6271	0.6637	0.6647	0.0366
38	158.6	0.6441	0.6637	0.6647	0.0196
39	158.7	0.661	0.6645	0.6655	0.0034
40	163.2	0.678	0.6984	0.6996	0.0204
41	164.4	0.6949	0.7072	0.7084	0.0123
42	165	0.7119	0.7115	0.7128	0.0003
43	165.6	0.7288	0.7159	0.7171	0.013
44	166.4	0.7458	0.7216	0.7228	0.0242
45	168.4	0.7627	0.7356	0.7369	0.0271
46	176	0.7797	0.7854	0.7869	0.0057
47	176.5	0.7966	0.7885	0.79	0.0081
48	178.1	0.8136	0.7981	0.7996	0.0154
49	180	0.8305	0.8092	0.8108	0.0213
50	180.7	0.8475	0.8132	0.8148	0.0342
51	180.8	0.8644	0.8138	0.8154	0.0506

52	190	0.8814	0.8614	0.8629	0.02
53	190.9	0.8983	0.8656	0.8671	0.0328
54	195.5	0.9153	0.8855	0.887	0.0298
55	198.9	0.9322	0.8988	0.9003	0.0334
56	212.7	0.9492	0.9414	0.9426	0.0078
57	236.6	0.9661	0.9809	0.9815	0.0148
58	262.3	0.9831	0.9955	0.9958	0.0125

Fuente: Reporte HidroEsta.

-----

- **Ajuste con momentos ordinarios:**

-----

Como el delta teórico 0.0703, es menor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

-----

- **Parámetros de la distribución normal:**

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de localización ( $X_m$ )= 138.619

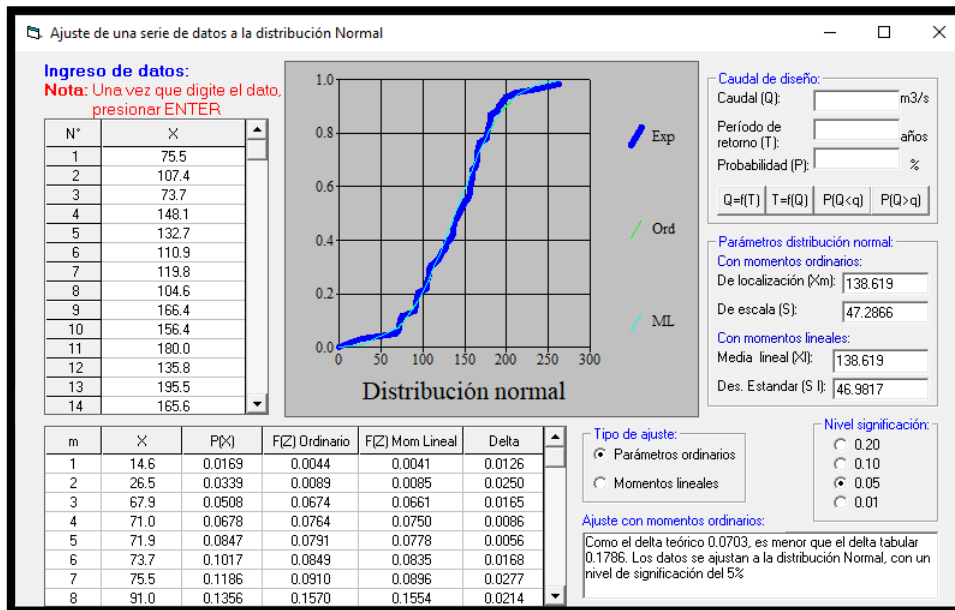
Parámetro de escala ( $S$ )= 47.2866

**Con momentos lineales:**

Media lineal ( $X_l$ )= 138.619

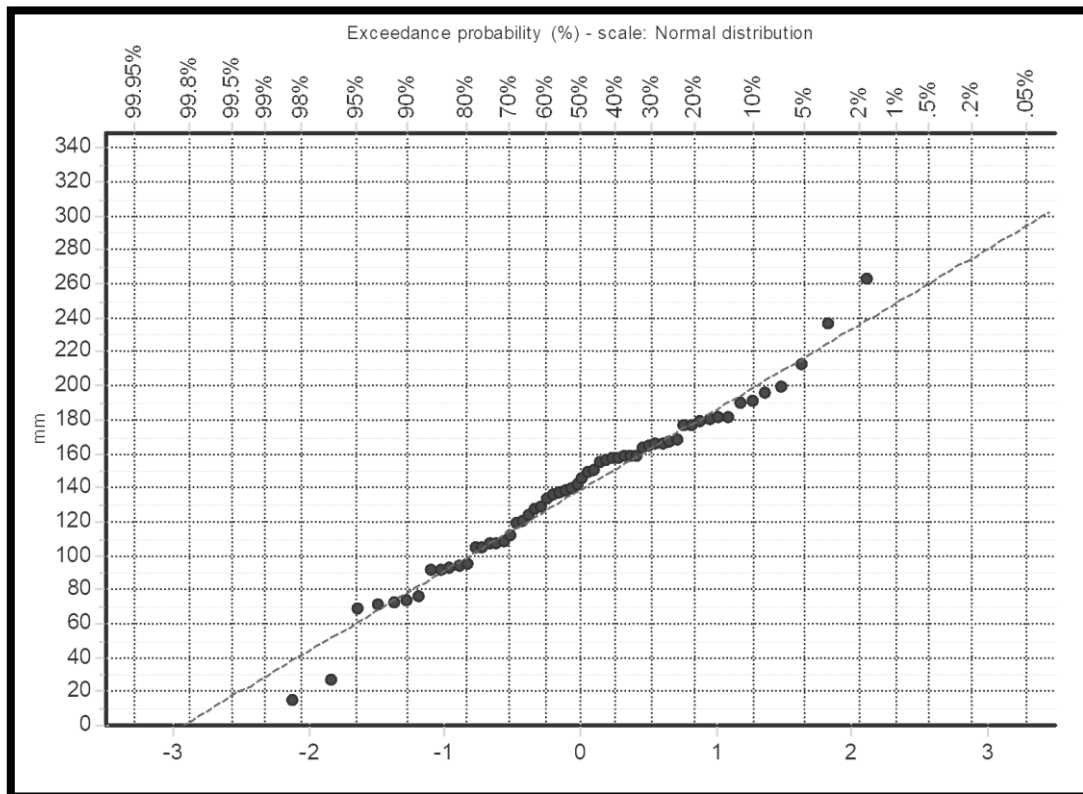
Desviación estándar lineal ( $S_l$ )= 46.9817

Datos Hidrometeorológicos Normal.



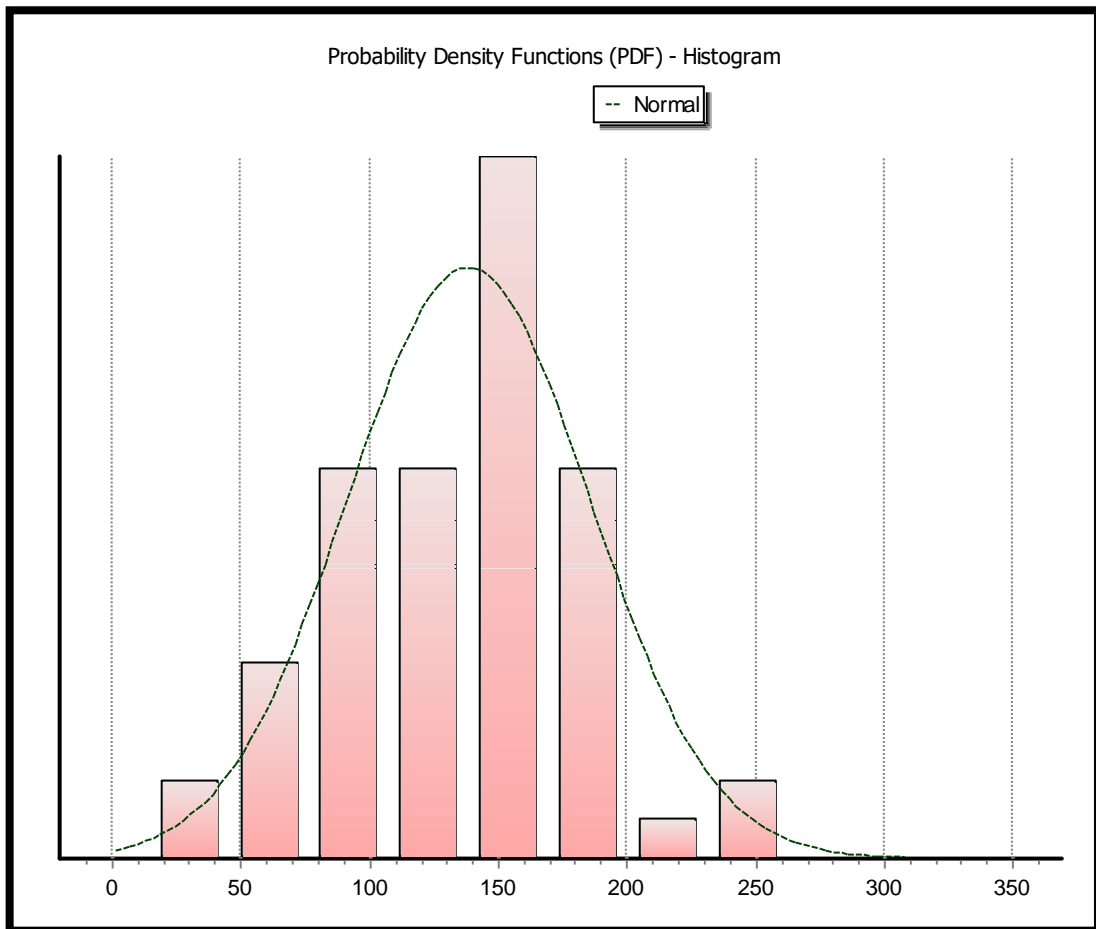
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Análisis de Frecuencia Normal.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

*Hidrograma Normal.*



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

**1.5.1.1.2. Análisis De Frecuencia: Log Normal 2 Parámetros**

*Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.*

<b>M</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>F(Z)Mom Lineal</b>	<b>Delta</b>
1	14.6	0.0169	0.0000	0.0000	0.0169
2	26.5	0.0339	0.0005	0.0001	0.0334
3	67.9	0.0508	0.0924	0.0623	0.0415
4	71	0.0678	0.1089	0.0768	0.0411



5	71.9	0.0847	0.1139	0.0813	0.0292
6	73.7	0.1017	0.1243	0.0907	0.0226
7	75.5	0.1186	0.135	0.1007	0.0163
8	91	0.1356	0.2387	0.2053	0.1031
9	91.6	0.1525	0.243	0.2099	0.0905
10	92.2	0.1695	0.2474	0.2145	0.0779
11	93.7	0.1864	0.2582	0.2262	0.0718
12	94.8	0.2034	0.2662	0.2348	0.0628
13	104.5	0.2203	0.3374	0.3136	0.1171
14	104.6	0.2373	0.3382	0.3144	0.1009
15	106.5	0.2542	0.3521	0.3301	0.0979
16	106.9	0.2712	0.3551	0.3334	0.0839
17	107.4	0.2881	0.3587	0.3376	0.0706
18	110.9	0.3051	0.3842	0.3666	0.0791
19	118.4	0.322	0.4377	0.428	0.1157
20	119.8	0.339	0.4475	0.4392	0.1085
21	123.3	0.3559	0.4715	0.467	0.1156
22	127.4	0.3729	0.4989	0.4988	0.126
23	128.2	0.3898	0.5042	0.5048	0.1143
24	132.7	0.4068	0.5331	0.5383	0.1263

25	135.8	0.4237	0.5524	0.5606	0.1286
26	136.4	0.4407	0.556	0.5648	0.1153
27	137.5	0.4576	0.5627	0.5725	0.1051
28	138.8	0.4746	0.5705	0.5815	0.0959
29	141.3	0.4915	0.5852	0.5984	0.0936
30	144.8	0.5085	0.6051	0.6212	0.0966
31	148.1	0.5254	0.6232	0.6419	0.0978
32	149.9	0.5424	0.6328	0.6528	0.0905
33	154.2	0.5593	0.655	0.6779	0.0957
34	156.4	0.5763	0.6659	0.6902	0.0896
35	156.8	0.5932	0.6679	0.6924	0.0746
36	157	0.6102	0.6688	0.6935	0.0587
37	158.6	0.6271	0.6765	0.7021	0.0494
38	158.6	0.6441	0.6765	0.7021	0.0325
39	158.7	0.661	0.677	0.7026	0.016
40	163.2	0.678	0.6978	0.7258	0.0199
41	164.4	0.6949	0.7032	0.7317	0.0083
42	165	0.7119	0.7058	0.7346	0.006
43	165.6	0.7288	0.7085	0.7375	0.0204
44	166.4	0.7458	0.7119	0.7413	0.0338

45	168.4	0.7627	0.7204	0.7506	0.0423
46	176	0.7797	0.7508	0.7835	0.0289
47	176.5	0.7966	0.7527	0.7855	0.0439
48	178.1	0.8136	0.7586	0.7919	0.0549
49	180	0.8305	0.7655	0.7992	0.065
50	180.7	0.8475	0.768	0.8018	0.0794
51	180.8	0.8644	0.7684	0.8022	0.096
52	190	0.8814	0.799	0.8341	0.0824
53	190.9	0.8983	0.8018	0.8369	0.0965
54	195.5	0.9153	0.8154	0.8508	0.0998
55	198.9	0.9322	0.8249	0.8604	0.1073
56	212.7	0.9492	0.8589	0.8935	0.0903
57	236.6	0.9661	0.9031	0.9338	0.063
58	262.3	0.9831	0.9353	0.9604	0.0478

Fuente: Reporte HidroEsta.

- 
- Ajuste con momentos ordinarios:
- 

Como el delta teórico 0.1286, es menor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos se ajustan a la distribución logNormal 2 parámetros, con  
 un nivel de significación del 5%

-----

- Parámetros de la distribución logNormal:

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de escala ( $\mu_y$ ) = 4.8486

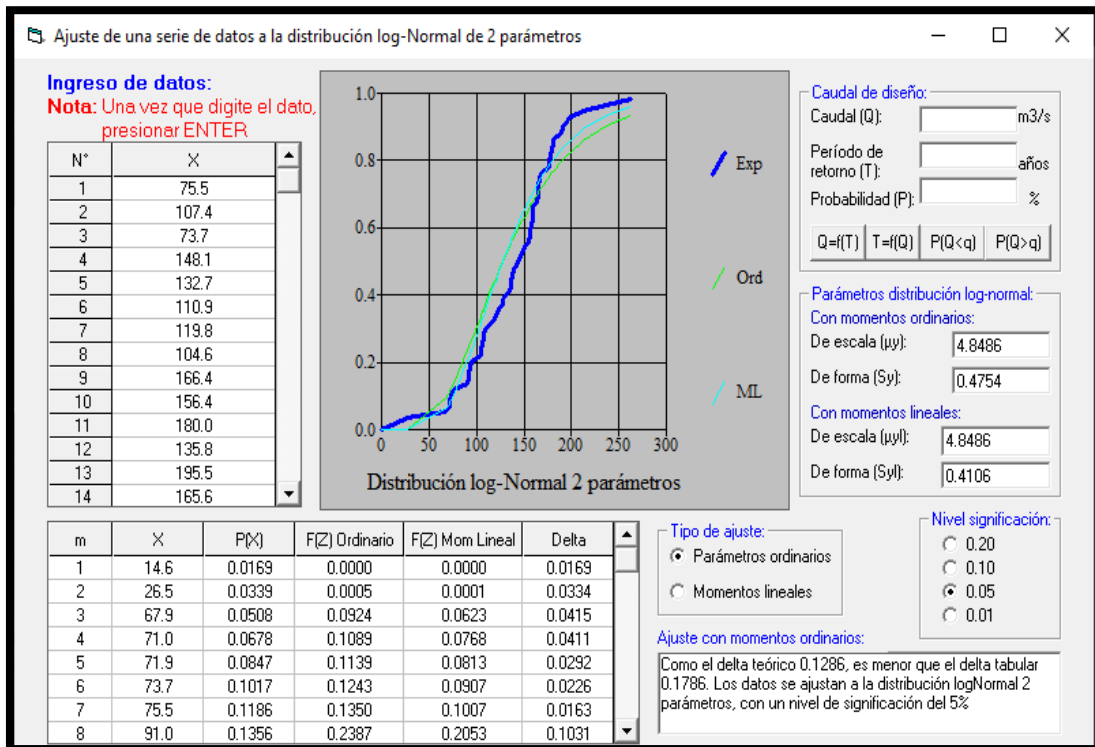
Parámetro de forma ( $S_y$ )= 0.4754

**Con momentos lineales:**

Parámetro de escala ( $\mu_{yl}$ ) = 4.8486

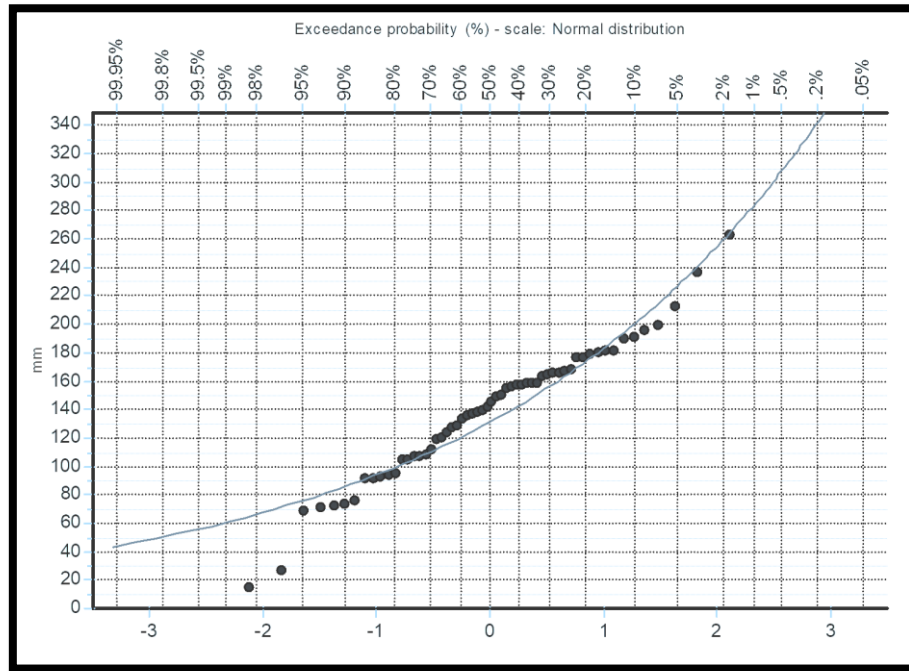
Parámetro de forma ( $S_{yl}$ )= 0.4106

*Datos Hidrometeorológicos LogNormal.*



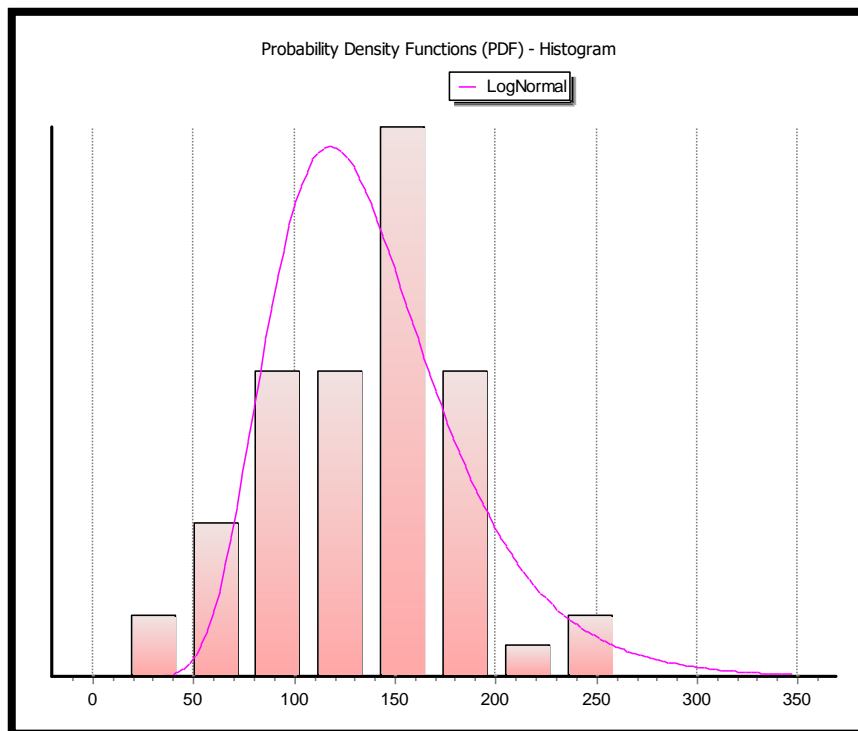
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

*Análisis de Frecuencia Log Normal 2 Parámetros.*



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

*Hidrograma Log Normal 2.*



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

### 1.5.1.1.3. Ajuste serie de datos a la distribución Log-Pearson tipo III

*Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.*

<b>M</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>F(Z)Mom Lineal</b>	<b>Delta</b>
1	14.6	0.0169	0	0	0.0169
2	26.5	0.0339	0	0	0.0339
3	67.9	0.0508	0	0	0.0508
4	71	0.0678	0	0	0.0678
5	71.9	0.0847	0	0	0.0847
6	73.7	0.1017	0	0	0.1017
7	75.5	0.1186	0	0	0.1186
8	91	0.1356	0	0	0.1356
9	91.6	0.1525	0	0	0.1525
10	92.2	0.1695	0	0	0.1695
11	93.7	0.1864	0	0	0.1864
12	94.8	0.2034	0	0	0.2034
13	104.5	0.2203	0	0	0.2203
14	104.6	0.2373	0	0	0.2373
15	106.5	0.2542	0	0	0.2542
16	106.9	0.2712	0	0	0.2712
17	107.4	0.2881	0	0	0.2881

18	110.9	0.3051	0	0	0.3051
19	118.4	0.322	0	0	0.322
20	119.8	0.339	0	0	0.339
21	123.3	0.3559	0	0	0.3559
22	127.4	0.3729	0	0	0.3729
23	128.2	0.3898	0	0	0.3898
24	132.7	0.4068	0	0	0.4068
25	135.8	0.4237	0	0	0.4237
26	136.4	0.4407	0	0	0.4407
27	137.5	0.4576	0	0	0.4576
28	138.8	0.4746	0	0	0.4746
29	141.3	0.4915	0	0	0.4915
30	144.8	0.5085	0	0	0.5085
31	148.1	0.5254	0	0	0.5254
32	149.9	0.5424	0	0	0.5424
33	154.2	0.5593	0	0	0.5593
34	156.4	0.5763	0	0	0.5763
35	156.8	0.5932	0	0	0.5932
36	157	0.6102	0	0	0.6102
37	158.6	0.6271	0	0	0.6271

38	158.6	0.6441	0	0	0.6441
39	158.7	0.661	0	0	0.661
40	163.2	0.678	0	0	0.678
41	164.4	0.6949	0	0	0.6949
42	165	0.7119	0	0	0.7119
43	165.6	0.7288	0	0	0.7288
44	166.4	0.7458	0	0	0.7458
45	168.4	0.7627	0	0	0.7627
46	176	0.7797	0	0	0.7797
47	176.5	0.7966	0	0	0.7966
48	178.1	0.8136	0	0	0.8136
49	180	0.8305	0	0	0.8305
50	180.7	0.8475	0	0	0.8475
51	180.8	0.8644	0	0	0.8644
52	190	0.8814	0	0	0.8814
53	190.9	0.8983	0	0	0.8983
54	195.5	0.9153	0	0	0.9153
55	198.9	0.9322	0	0	0.9322
56	212.7	0.9492	0	0	0.9492
57	236.6	0.9661	0	0	0.9661



58	262.3	0.9831	0	0	0.9831
----	-------	--------	---	---	--------

Fuente: Reporte HidroEsta.

- 
- Ajuste con momentos ordinarios:
- 

Los parámetros:  $X_0$ ,  $\gamma$  y  $\beta$  calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos **no se ajustan** a la distribución Log-Pearson tipo 3

-----

- Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:
- 

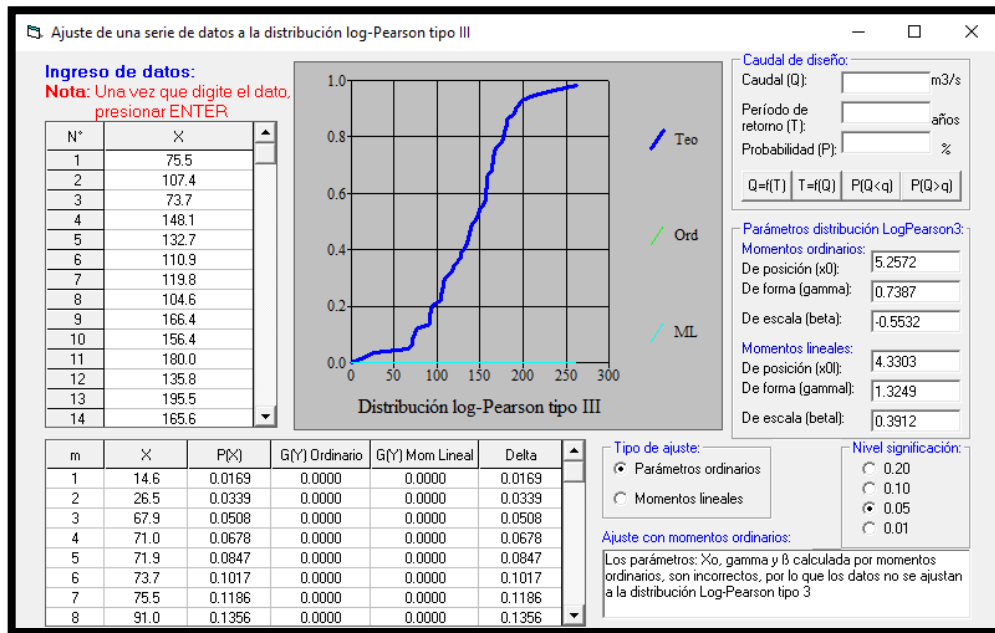
**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de localización ( $X_0$ )= 5.2572  
 Parámetro de forma ( $\gamma$ )= 0.7387  
 Parámetro de escala ( $\beta$ )= -0.5532

**Con momentos lineales:**

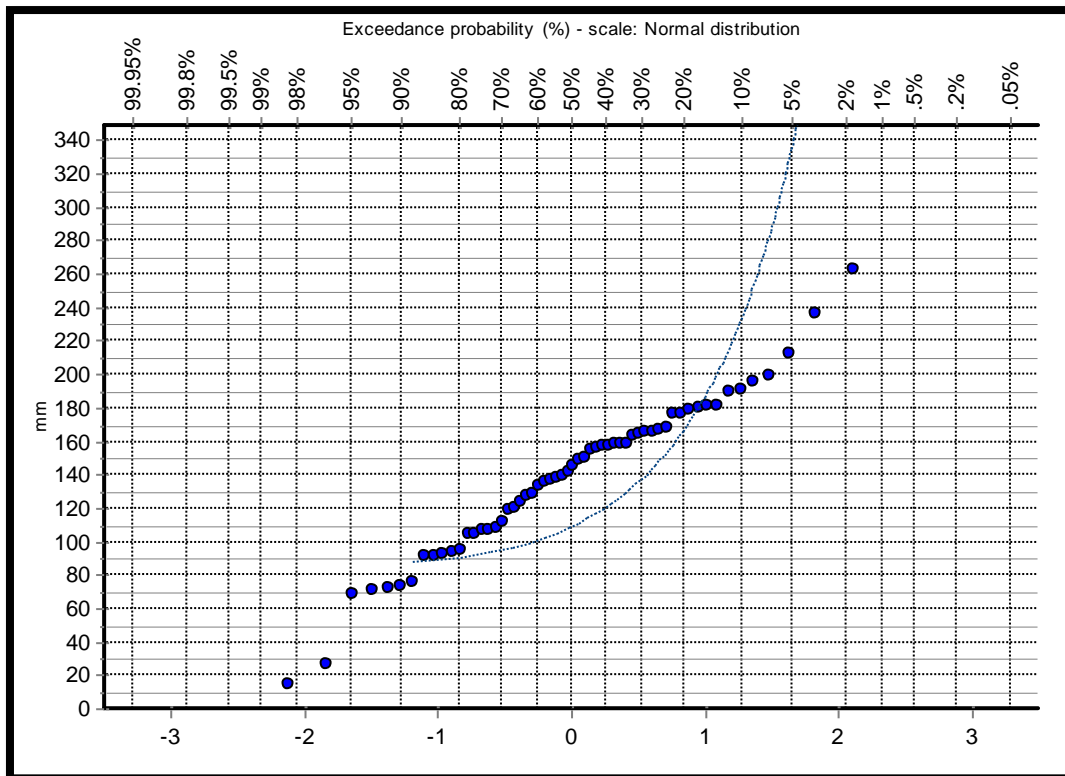
Parámetro de localización ( $X_{0l}$ )= 4.3303  
 Parámetro de forma ( $\gamma_{ml}$ )= 1.3249  
 Parámetro de escala ( $\beta_{ml}$ )= 0.3912

Datos Hidrometeorológicos LogNormal.



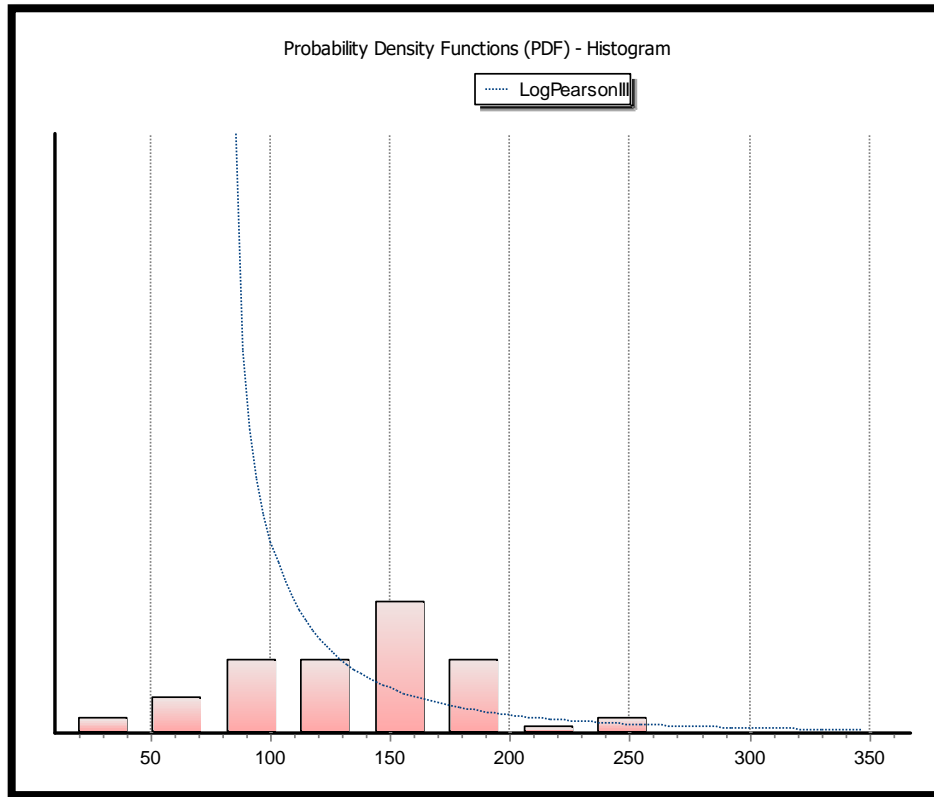
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Análisis de Frecuencia Log Pearson Tipo III.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

*Hidrograma Log Pearson Tipo III.*



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

**1.5.1.1.4. Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel**

*Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.*

<b>M</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>F(Z)Mom Lineal</b>	<b>Delta</b>
1	14.6	0.0169	0	0	0.0169
2	26.5	0.0339	0	0	0.0339
3	67.9	0.0508	0.0219	0.0282	0.029
4	71	0.0678	0.0298	0.0372	0.038
5	71.9	0.0847	0.0324	0.0402	0.0523

6	73.7	0.1017	0.0382	0.0466	0.0635
7	75.5	0.1186	0.0446	0.0537	0.0741
8	91	0.1356	0.1297	0.1422	0.0059
9	91.6	0.1525	0.134	0.1466	0.0185
10	92.2	0.1695	0.1384	0.1511	0.0311
11	93.7	0.1864	0.1498	0.1624	0.0367
12	94.8	0.2034	0.1584	0.171	0.045
13	104.5	0.2203	0.2426	0.254	0.0222
14	104.6	0.2373	0.2435	0.255	0.0062
15	106.5	0.2542	0.2614	0.2724	0.0072
16	106.9	0.2712	0.2652	0.2761	0.006
17	107.4	0.2881	0.27	0.2808	0.0181
18	110.9	0.3051	0.304	0.3138	0.0011
19	118.4	0.322	0.3785	0.3857	0.0564
20	119.8	0.339	0.3924	0.3991	0.0534
21	123.3	0.3559	0.4271	0.4325	0.0712
22	127.4	0.3729	0.4671	0.471	0.0942
23	128.2	0.3898	0.4748	0.4784	0.085
24	132.7	0.4068	0.5172	0.5192	0.1105
25	135.8	0.4237	0.5455	0.5464	0.1218

26	136.4	0.4407	0.5509	0.5516	0.1102
27	137.5	0.4576	0.5606	0.5609	0.103
28	138.8	0.4746	0.5719	0.5719	0.0974
29	141.3	0.4915	0.5933	0.5925	0.1018
30	144.8	0.5085	0.622	0.6202	0.1135
31	148.1	0.5254	0.6478	0.6452	0.1224
32	149.9	0.5424	0.6614	0.6583	0.119
33	154.2	0.5593	0.6922	0.6883	0.1328
34	156.4	0.5763	0.7071	0.7028	0.1308
35	156.8	0.5932	0.7097	0.7054	0.1165
36	157	0.6102	0.711	0.7067	0.1009
37	158.6	0.6271	0.7214	0.7168	0.0943
38	158.6	0.6441	0.7214	0.7168	0.0773
39	158.7	0.661	0.722	0.7174	0.061
40	163.2	0.678	0.7496	0.7444	0.0716
41	164.4	0.6949	0.7565	0.7512	0.0616
42	165	0.7119	0.7599	0.7545	0.0481
43	165.6	0.7288	0.7633	0.7579	0.0345
44	166.4	0.7458	0.7678	0.7622	0.022
45	168.4	0.7627	0.7785	0.7728	0.0158

46	176	0.7797	0.8157	0.8096	0.036
47	176.5	0.7966	0.8179	0.8118	0.0213
48	178.1	0.8136	0.825	0.8188	0.0114
49	180	0.8305	0.833	0.8267	0.0025
50	180.7	0.8475	0.8358	0.8296	0.0116
51	180.8	0.8644	0.8362	0.83	0.0282
52	190	0.8814	0.8699	0.8637	0.0114
53	190.9	0.8983	0.8729	0.8667	0.0254
54	195.5	0.9153	0.8869	0.8809	0.0284
55	198.9	0.9322	0.8963	0.8904	0.0359
56	212.7	0.9492	0.9275	0.9223	0.0217
57	236.6	0.9661	0.9614	0.9576	0.0047
58	262.3	0.9831	0.9806	0.9781	0.0025

Fuente: Reporte HidroEsta.

-----

- **Ajuste con momentos ordinarios:**

-----

Como el delta teórico 0.1328, es menor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos **se ajustan** a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

-----

- **Parámetros de la distribución Gumbel:**

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 117.3375

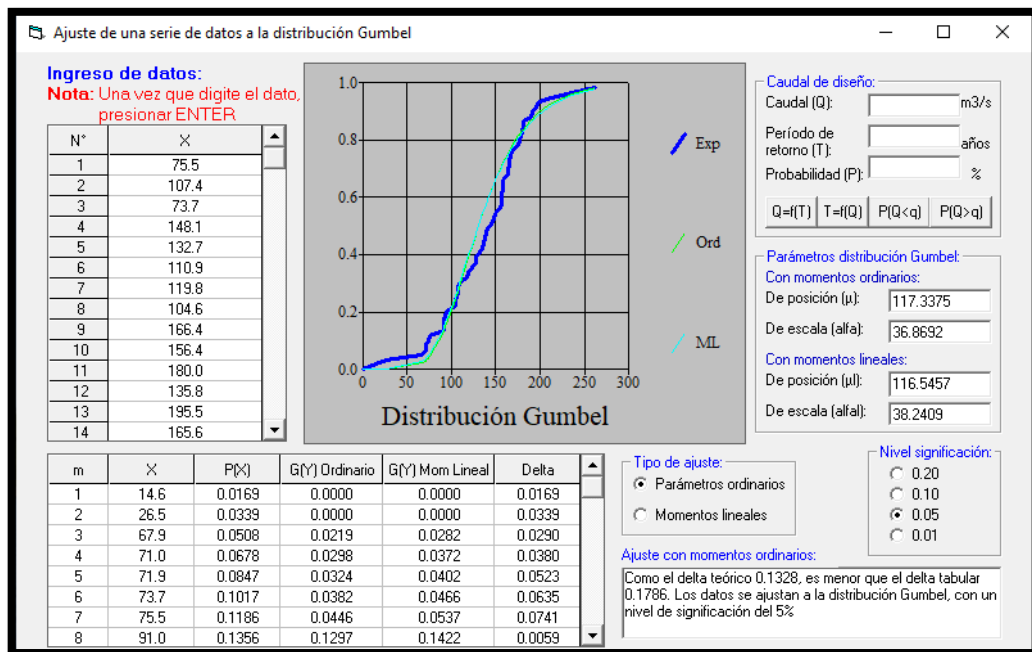
Parámetro de escala (alfa)= 36.8692

**Con momentos lineales:**

Parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 116.5457

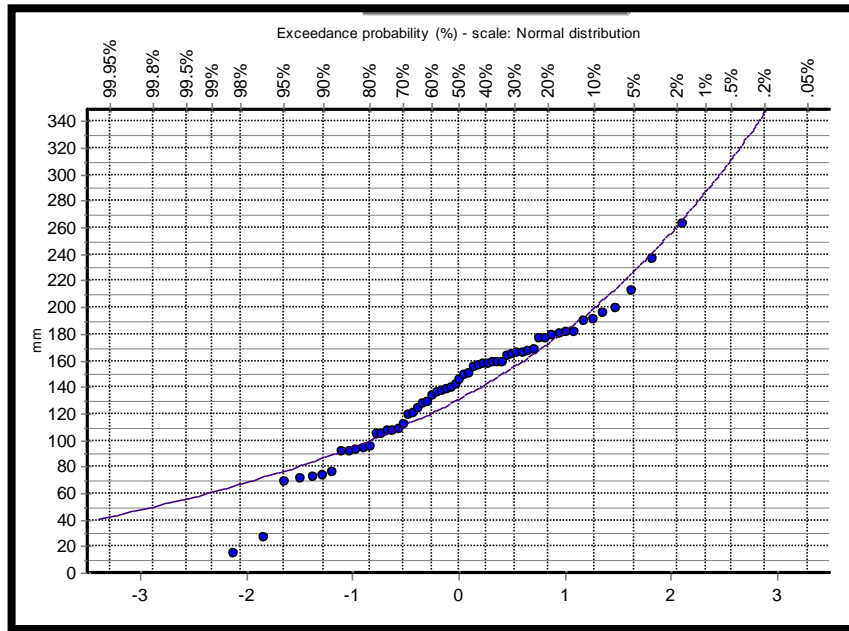
Parámetro de escala (alfal)= 38.2409

*Datos Hidrometereológicos Distribución Gumbel.*



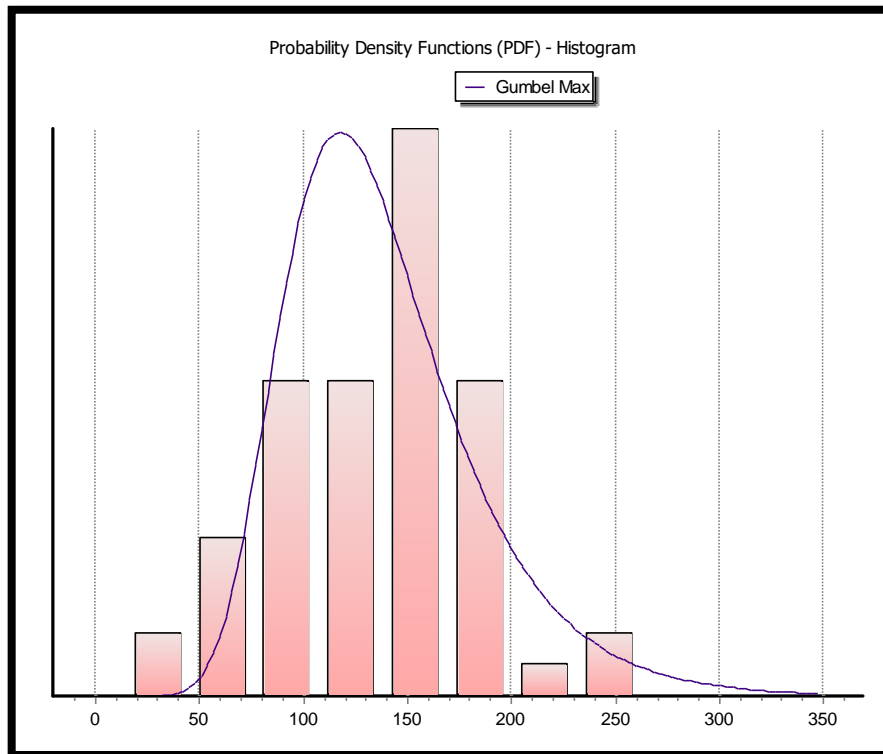
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

*Ajuste de una Serie de Datos a la Distribución Gumbel.*



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

*Hidrograma Distribución Gumbel.*



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.



**1.5.1.1.5. Ajuste de una serie de datos a la distribución Loggumbel o  
distribución De Fréchet**

*Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov.*

<b>M</b>	<b>X</b>	<b>P(X)</b>	<b>F(Z) Ordinario</b>	<b>F(Z)Mom Lineal</b>	<b>Delta</b>
1	14.6	0.0169	0	0	0.0169
2	26.5	0.0339	0	0	0.0339
3	67.9	0.0508	0.0461	0.0246	0.0047
4	71	0.0678	0.0654	0.0391	0.0024
5	71.9	0.0847	0.0716	0.0441	0.0131
6	73.7	0.1017	0.0849	0.0551	0.0168
7	75.5	0.1186	0.0992	0.0674	0.0195
8	91	0.1356	0.2475	0.2138	0.1119
9	91.6	0.1525	0.2536	0.2203	0.1011
10	92.2	0.1695	0.2598	0.2269	0.0903
11	93.7	0.1864	0.2751	0.2433	0.0887
12	94.8	0.2034	0.2864	0.2554	0.083
13	104.5	0.2203	0.3823	0.3607	0.162
14	104.6	0.2373	0.3833	0.3617	0.146
15	106.5	0.2542	0.4011	0.3816	0.1469
16	106.9	0.2712	0.4048	0.3857	0.1336

17	107.4	0.2881	0.4094	0.3908	0.1213
18	110.9	0.3051	0.4408	0.4259	0.1358
19	118.4	0.322	0.5033	0.4957	0.1813
20	119.8	0.339	0.5142	0.5079	0.1752
21	123.3	0.3559	0.5404	0.5371	0.1845
22	127.4	0.3729	0.5693	0.5691	0.1964
23	128.2	0.3898	0.5747	0.5751	0.1848
24	132.7	0.4068	0.6037	0.6072	0.1969
25	135.8	0.4237	0.6223	0.6278	0.1986
26	136.4	0.4407	0.6258	0.6316	0.1852
27	137.5	0.4576	0.6322	0.6385	0.1745
28	138.8	0.4746	0.6395	0.6465	0.1649
29	141.3	0.4915	0.6531	0.6614	0.1615
30	144.8	0.5085	0.6711	0.681	0.1626
31	148.1	0.5254	0.687	0.6982	0.1616
32	149.9	0.5424	0.6954	0.7072	0.153
33	154.2	0.5593	0.7142	0.7274	0.1549
34	156.4	0.5763	0.7232	0.737	0.147
35	156.8	0.5932	0.7249	0.7388	0.1316
36	157	0.6102	0.7257	0.7396	0.1155

37	158.6	0.6271	0.732	0.7463	0.1048
38	158.6	0.6441	0.732	0.7463	0.0879
39	158.7	0.661	0.7324	0.7467	0.0713
40	163.2	0.678	0.7491	0.7644	0.0711
41	164.4	0.6949	0.7534	0.7689	0.0584
42	165	0.7119	0.7555	0.7711	0.0436
43	165.6	0.7288	0.7575	0.7733	0.0287
44	166.4	0.7458	0.7602	0.7761	0.0145
45	168.4	0.7627	0.7669	0.7831	0.0042
46	176	0.7797	0.7901	0.8071	0.0104
47	176.5	0.7966	0.7915	0.8086	0.0051
48	178.1	0.8136	0.796	0.8132	0.0176
49	180	0.8305	0.8011	0.8184	0.0294
50	180.7	0.8475	0.803	0.8203	0.0445
51	180.8	0.8644	0.8032	0.8206	0.0612
52	190	0.8814	0.8256	0.8433	0.0558
53	190.9	0.8983	0.8276	0.8453	0.0707
54	195.5	0.9153	0.8374	0.8552	0.0779
55	198.9	0.9322	0.8442	0.8619	0.088
56	212.7	0.9492	0.8682	0.8855	0.081

57	236.6	0.9661	0.8994	0.9154	0.0667
58	262.3	0.9831	0.9228	0.9371	0.0602

Fuente: Reporte HidroEsta.

-----

- **Ajuste con momentos ordinarios:**

-----

Como el delta teórico 0.1986, es mayor que el delta tabular 0.1786.  
 Los datos no se ajustan a la distribución logGumbel, con un nivel de significación del 5%

-----

- **Parámetros de la distribución logGumbel:**

-----

**Con momentos ordinarios:**

Parámetro de posición ( $\mu$ )= 4.6346

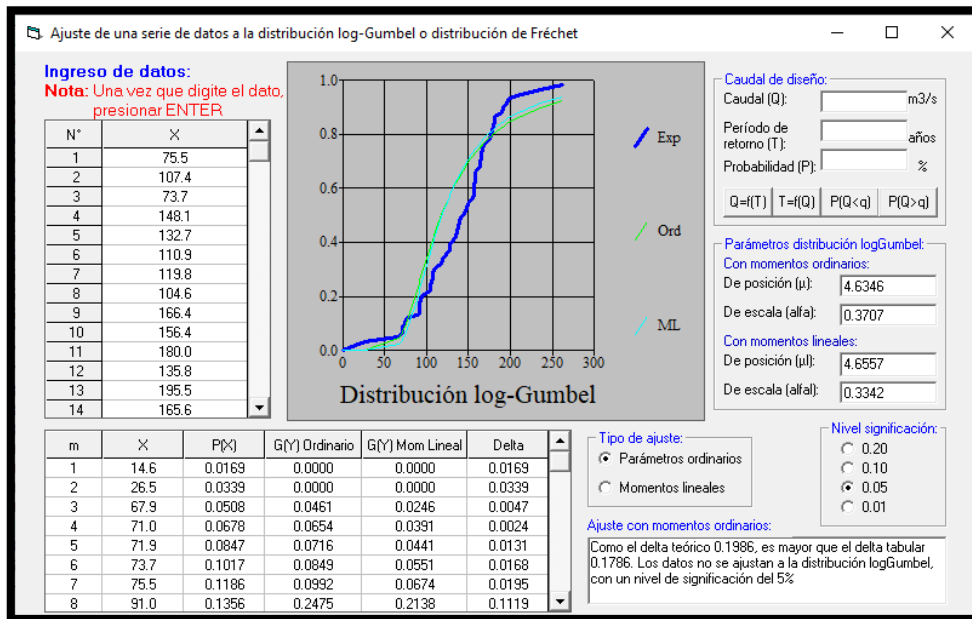
Parámetro de escala (alfa)= 0.3707

**Con momentos lineales:**

Parámetro de posición ( $\mu_l$ )= 4.6557

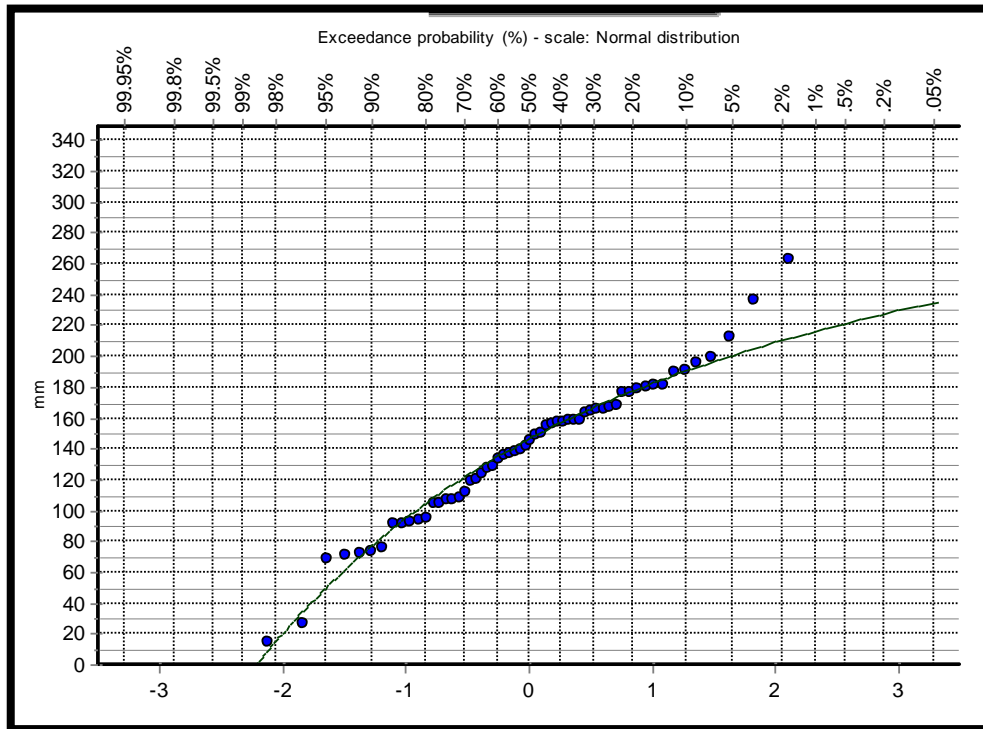
Parámetro de escala (alfal)= 0.3342

Datos Hidrometereológicos Distribución Log Gumbel o Distribución de Fréchet.



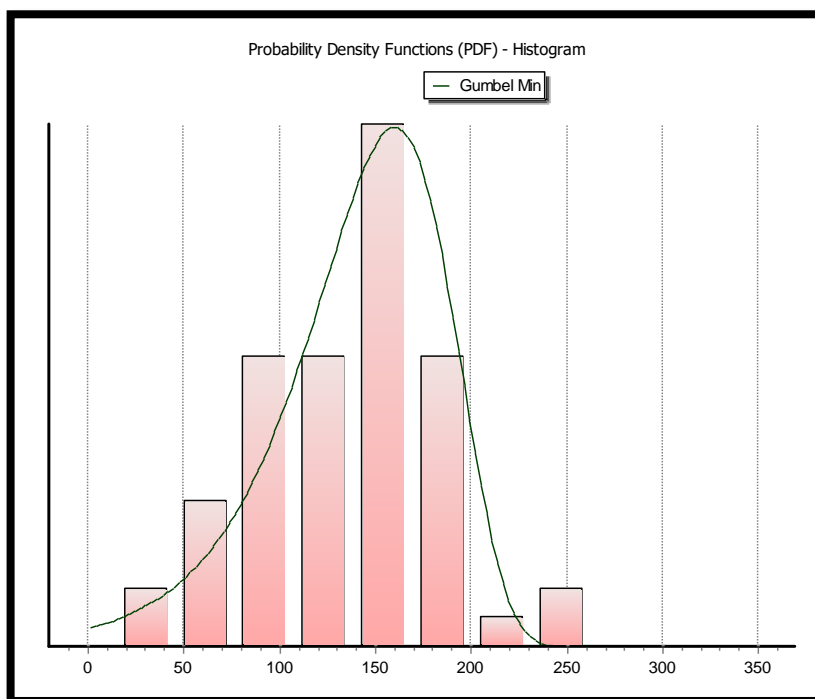
Fuente: Elaboración propia HidroEsta.

Ajuste de una Serie de Datos a la Distribución Log Gumbel o Distribución de Fréchet.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

### Hidrograma Distribución Gumbel.



Fuente: Elaboración propia Hydrognomon.

## 1.6. Resultado

### 1.6.1. Distribución de las precipitaciones

Luego de realizar las pruebas de ajuste para los 05 tipos de distribución de la Estación Meteorológica de Chivay se tiene:

Distribución Normal	: 0.0703
Log Normal 2 Parámetros	: 0.1286
Gumbel	: 0.1328
Log Pearson tipo III	: No se ajusta
Log Gumbel	: 0.1986

De acuerdo a los valores críticos de la Prueba de Kolgomorov – Smirnov para un nivel de significancia de 0.05 para 58 datos, resulta:  $\Delta$  **Tabular** = **0.0703**.

Luego:

$$0.0703 < 0.1286 < 0.1328 < 0.1479 < 0.1986$$

$$\Delta_{\text{máx.}} < \Delta_{\text{Tab}}$$

Por lo tanto, se puede concluir que 05 distribuciones se ajustan a la Prueba de Kolgomorov – Smirnov y que solamente la distribución Log Pearson tipo III no se ajusta para el análisis de frecuencia con márgenes de error menores a lo permitido para una confiabilidad del 95%, y que es factible utilizar los datos meteorológicos para determinar las precipitaciones diarias máximas de 24 horas para diferentes tiempos de retorno.

## **1.6.2. Procedimiento para la determinación de caudales máximos**

Actualmente puede ver una variedad de Métodos utilizados para ejecutar cálculos hidrológicos que han producido buenos resultados y han hecho contribuciones significativas al estudio de estos problemas hidrológicos, para este caso haremos uso del Método Normal ya que se ajusta mejor, el cual nos permitirá determinar los caudales máximos de la subcuenca Capillamayo a través de datos de precipitaciones máximas.

### **1.6.2.1. Datos de control para realizar la simulación**

Al software se le alimenta con datos del día de inicio y finalización de análisis y los datos de precipitación para diferentes duraciones en función de la precipitación máxima en 24 horas para cada caso.

Antes de realizar el análisis de la Subcuenca del río Capillamayo se tiene que ingresar la fecha y hora que el programa está generando los caudales máximos.

## **1.6.3. Cálculo hidráulico de la subcuenca Capillamayo**

Se quiere efectuar el cálculo del máximo caudal en la subcuenca Capillamayo de Chivay, del distrito de Coporaque, para periodos de retorno de 50, 100, 200, 500 años y una duración de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos. Se tiene información de precipitación máxima en 24 horas para los años indicados en el registro señalado de la estación Chivay, que servirá para las determinaciones indicadas.

*Cuadro de Informativo de la Subcuenca Capillamayo.*

<b>Estación</b>	<b>Chivay</b>
Altitud	3635 m.s.n.m
Latitud	-15.623810°
Longitud	-71.645759°

Distrito	Coporaque
cuenca	Río Capillamayo

Fuente: Elaboración Propia.

### 1.6.3.1. Distribución del método normal

#### 1.6.3.1.1. Intensidad de lluvia

La estación Chivay, ubicada en la zona no cuenta con registros pluviográficos que permitan obtener las intensidades máximas. Sin embargo, pueden calcularse a partir de las lluvias máximas para los periodos de retorno y duración considerados. Aplicar la fórmula planteada por Dyck y Peschke:

$$Pd = \frac{P_{24hr}}{24} \sqrt{\frac{24}{d}}$$

$P_{24hr}$  = precipitación máxima en 24 horas

d = duración en horas (fracción del tiempo en minutos considerados)

Pd = intensidad en mm/hora para la duración considerada

Con la finalidad de obtener información de precipitación máxima en 24 hr. Para los diferentes periodos de retorno y que permite tener la confiabilidad de su recurrencia se evaluara a través de métodos de formula empírica del método racional y de distribución de frecuencias.

*Probabilidades.*

1.-Para un periodo de retorno de 50 años $P = 1 - \frac{1}{T}$ $P = 1 - \frac{1}{50}$ <u><b>P(x) = 0.98</b></u>	2.-Para un periodo de retorno de 100 años $P = 1 - \frac{1}{T}$ $P = 1 - \frac{1}{100}$ <u><b>P(x) = 0.99</b></u>
--	--



3.-Para un periodo de retorno de 200 años $P = 1 - \frac{1}{200}$ <b><math>P(x) = 0.995</math></b>	4.-Para un periodo de retorno de 500 años $P = 1 - \frac{1}{500}$ <b><math>P(x) = 0.998</math></b>
--	--

Fuente: Elaboración propia.

### 1.6.3.1.2. Calculo de intensidad por el método normal

*Según Distribución Normal*

normal	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-4	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00003	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
-3.9	0.00005	0.00005	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00003
-3.8	0.00007	0.00007	0.00007	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00005	0.00005	0.00005
-3.7	0.00011	0.0001	0.0001	0.0001	0.00009	0.00009	0.00008	0.00008	0.00008	0.00008
-3.6	0.00016	0.00015	0.00015	0.00014	0.00014	0.00013	0.00013	0.00012	0.00012	0.00011
-3.5	0.00023	0.00022	0.00022	0.00021	0.0002	0.00019	0.00019	0.00018	0.00017	0.00017
-3.4	0.00034	0.00032	0.00031	0.0003	0.00029	0.00028	0.00027	0.00026	0.00025	0.00024
-3.3	0.00048	0.00047	0.00045	0.00043	0.00042	0.0004	0.00039	0.00038	0.00036	0.00035
-3.2	0.00069	0.00066	0.00064	0.00062	0.0006	0.00058	0.00056	0.00054	0.00052	0.0005
-3.1	0.00097	0.00094	0.0009	0.00087	0.00084	0.00082	0.00079	0.00076	0.00074	0.00071
-3	0.00135	0.00131	0.00126	0.00122	0.00118	0.00114	0.00111	0.00107	0.00104	0.001
-2.9	0.00187	0.00181	0.00175	0.00169	0.00164	0.00159	0.00154	0.00149	0.00144	0.00139
-2.8	0.00256	0.00248	0.0024	0.00233	0.00226	0.00219	0.00212	0.00205	0.00199	0.00193
-2.7	0.00347	0.00336	0.00326	0.00317	0.00307	0.00298	0.00289	0.0028	0.00272	0.00264

-2.6	0.00466	0.00453	0.0044	0.00427	0.00415	0.00402	0.00391	0.00379	0.00368	0.00357
-2.5	0.00621	0.00604	0.00587	0.0057	0.00554	0.00539	0.00523	0.00508	0.00494	0.0048
-2.4	0.0082	0.00798	0.00776	0.00755	0.00734	0.00714	0.00695	0.00676	0.00657	0.00639
-2.3	0.01072	0.01044	0.01017	0.0099	0.00964	0.00939	0.00914	0.00889	0.00866	0.00842
-2.2	0.0139	0.01355	0.01321	0.01287	0.01255	0.01222	0.01191	0.0116	0.0113	0.01101
-2.1	0.01786	0.01743	0.017	0.01659	0.01618	0.01578	0.01539	0.015	0.01463	0.01426
-2	0.02275	0.02222	0.02169	0.02118	0.02068	0.02018	0.0197	0.01923	0.01876	0.01831
-1.9	0.02872	0.02807	0.02743	0.0268	0.02619	0.02559	0.025	0.02442	0.02385	0.0233
-1.8	0.03593	0.03515	0.03438	0.03362	0.03288	0.03216	0.03144	0.03074	0.03005	0.02938
-1.7	0.04457	0.04363	0.04272	0.04182	0.04093	0.04006	0.0392	0.03836	0.03754	0.03673
-1.6	0.0548	0.0537	0.05262	0.05155	0.0505	0.04947	0.04846	0.04746	0.04648	0.04551
-1.5	0.06681	0.06552	0.06426	0.06301	0.06178	0.06057	0.05938	0.05821	0.05705	0.05592
-1.4	0.08076	0.07927	0.0778	0.07636	0.07493	0.07353	0.07215	0.07078	0.06944	0.06811
-1.3	0.0968	0.0951	0.09342	0.09176	0.09012	0.08851	0.08692	0.08534	0.08379	0.08226
-1.2	0.11507	0.11314	0.11123	0.10935	0.10749	0.10565	0.10383	0.10204	0.10027	0.09853
-1.1	0.13567	0.1335	0.13136	0.12924	0.12714	0.12507	0.12302	0.121	0.119	0.11702
-1	0.15866	0.15625	0.15386	0.15151	0.14917	0.14686	0.14457	0.14231	0.14007	0.13786
-0.9	0.18406	0.18141	0.17879	0.17619	0.17361	0.17106	0.16853	0.16602	0.16354	0.16109
-0.8	0.21186	0.20897	0.20611	0.20327	0.20045	0.19766	0.19489	0.19215	0.18943	0.18673
-0.7	0.24196	0.23885	0.23576	0.2327	0.22965	0.22663	0.22363	0.22065	0.2177	0.21476
-0.6	0.27425	0.27093	0.26763	0.26435	0.26109	0.25785	0.25463	0.25143	0.24825	0.2451

-0.5	0.30854	0.30503	0.30153	0.29806	0.2946	0.29116	0.28774	0.28434	0.28096	0.2776
-0.4	0.34458	0.3409	0.33724	0.3336	0.32997	0.32636	0.32276	0.31918	0.31561	0.31207
-0.3	0.38209	0.37828	0.37448	0.3707	0.36693	0.36317	0.35942	0.35569	0.35197	0.34827
-0.2	0.42074	0.41683	0.41294	0.40905	0.40517	0.40129	0.39743	0.39358	0.38974	0.38591
-0.1	0.46017	0.4562	0.45224	0.44828	0.44433	0.44038	0.43644	0.43251	0.42858	0.42465
0	0.5	0.50399	0.50798	0.51197	0.51595	0.51994	0.52392	0.5279	0.53188	0.53586
0.1	0.53983	0.5438	0.54776	0.55172	0.55567	0.55962	0.56356	0.56749	0.57142	0.57535
0.2	0.57926	0.58317	0.58706	0.59095	0.59483	0.59871	0.60257	0.60642	0.61026	0.61409
0.3	0.61791	0.62172	0.62552	0.6293	0.63307	0.63683	0.64058	0.64431	0.64803	0.65173
0.4	0.65542	0.6591	0.66276	0.6664	0.67003	0.67364	0.67724	0.68082	0.68439	0.68793
0.5	0.69146	0.69497	0.69847	0.70194	0.7054	0.70884	0.71226	0.71566	0.71904	0.7224
0.6	0.72575	0.72907	0.73237	0.73565	0.73891	0.74215	0.74537	0.74857	0.75175	0.7549
0.7	0.75804	0.76115	0.76424	0.7673	0.77035	0.77337	0.77637	0.77935	0.7823	0.78524
0.8	0.78814	0.79103	0.79389	0.79673	0.79955	0.80234	0.80511	0.80785	0.81057	0.81327
0.9	0.81594	0.81859	0.82121	0.82381	0.82639	0.82894	0.83147	0.83398	0.83646	0.83891
1	0.84134	0.84375	0.84614	0.84849	0.85083	0.85314	0.85543	0.85769	0.85993	0.86214
1.1	0.86433	0.8665	0.86864	0.87076	0.87286	0.87493	0.87698	0.879	0.881	0.88298
1.2	0.88493	0.88686	0.88877	0.89065	0.89251	0.89435	0.89617	0.89796	0.89973	0.90147
1.3	0.9032	0.9049	0.90658	0.90824	0.90988	0.91149	0.91308	0.91466	0.91621	0.91774
1.4	0.91924	0.92073	0.9222	0.92364	0.92507	0.92647	0.92785	0.92922	0.93056	0.93189
1.5	0.93319	0.93448	0.93574	0.93699	0.93822	0.93943	0.94062	0.94179	0.94295	0.94408

1.6	0.9452	0.9463	0.94738	0.94845	0.9495	0.95053	0.95154	0.95254	0.95352	0.95449
1.7	0.95543	0.95637	0.95728	0.95818	0.95907	0.95994	0.9608	0.96164	0.96246	0.96327
1.8	0.96407	0.96485	0.96562	0.96638	0.96712	0.96784	0.96856	0.96926	0.96995	0.97062
1.9	0.97128	0.97193	0.97257	0.9732	0.97381	0.97441	0.975	0.97558	0.97615	0.9767
2	0.97725	0.97778	0.97831	0.97882	0.97932	0.97982	0.9803	0.98077	0.98124	0.98169
2.1	0.98214	0.98257	0.983	0.98341	0.98382	0.98422	0.98461	0.985	0.98537	0.98574
2.2	0.9861	0.98645	0.98679	0.98713	0.98745	0.98778	0.98809	0.9884	0.9887	0.98899
2.3	0.98928	0.98956	0.98983	0.9901	0.99036	0.99061	0.99086	0.99111	0.99134	0.99158
2.4	0.9918	0.99202	0.99224	0.99245	0.99266	0.99286	0.99305	0.99324	0.99343	0.99361
2.5	0.99379	0.99396	0.99413	0.9943	0.99446	0.99461	0.99477	0.99492	0.99506	0.9952
2.6	0.99534	0.99547	0.9956	0.99573	0.99585	0.99598	0.99609	0.99621	0.99632	0.99643
2.7	0.99653	0.99664	0.99674	0.99683	0.99693	0.99702	0.99711	0.9972	0.99728	0.99736
2.8	0.99744	0.99752	0.9976	0.99767	0.99774	0.99781	0.99788	0.99795	0.99801	0.99807
2.9	0.99813	0.99819	0.99825	0.99831	0.99836	0.99841	0.99846	0.99851	0.99856	0.99861
3	0.99865	0.99869	0.99874	0.99878	0.99882	0.99886	0.99889	0.99893	0.99896	0.999
3.1	0.99903	0.99906	0.9991	0.99913	0.99916	0.99918	0.99921	0.99924	0.99926	0.99929
3.2	0.99931	0.99934	0.99936	0.99938	0.9994	0.99942	0.99944	0.99946	0.99948	0.9995
3.3	0.99952	0.99953	0.99955	0.99957	0.99958	0.9996	0.99961	0.99962	0.99964	0.99965
3.4	0.99966	0.99968	0.99969	0.9997	0.99971	0.99972	0.99973	0.99974	0.99975	0.99976
3.5	0.99977	0.99978	0.99978	0.99979	0.9998	0.99981	0.99981	0.99982	0.99983	0.99983
3.6	0.99984	0.99985	0.99985	0.99986	0.99986	0.99987	0.99987	0.99988	0.99988	0.99989

3.7	0.99989	0.9999	0.9999	0.9999	0.99991	0.99991	0.99992	0.99992	0.99992	0.99992
3.8	0.99993	0.99993	0.99993	0.99994	0.99994	0.99994	0.99994	0.99995	0.99995	0.99995
3.9	0.99995	0.99995	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99996	0.99997	0.99997
4	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99997	0.99998	0.99998	0.99998	0.99998

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

*Interpolación De Cálculo De Intensidades*

<b>Interpolado Para 50 Años</b>			
	2.05	0.97982	<b>50 años</b>
Z=	2.054	0.98	Intensidad = <b>57.21</b>
	2.06	0.9803	

<b>Interpolado Para 100 Años</b>			
	2.32	0.98983	<b>100 años</b>
Z=	2.326	0.99	Intensidad = <b>62.46</b>
	2.33	0.9901	

<b>Interpolado para 200 años</b>			
	2.57	0.99492	<b>200 años</b>
Z=	2.576	0.995	Intensidad = <b>67.26</b>
	2.58	0.99506	

Interpolado para 500 años			
	2.87	0.99795	500 años Intensidad = <b>73.09</b>
Z=	2.878	0.998	
	2.88	0.99801	

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

*Según Distribución Normal.*

Distribución Normal		
T	Intensidad mm/hr	Prob(Pmax<=x)
50	57.21	0.98
100	62.46	0.99
200	67.26	0.995
500	73.09	0.998

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

### 1.6.3.1.3. Según el criterio de Dyck y Peschke

- **Cálculo de intensidades y tiempo de duración**

Las precipitaciones máximas para una duración de 5, 10, 15, 20, 30 y 60 minutos, está en función de la precipitación máxima de 24 horas de acuerdo a la siguiente ecuación empírica:

$$Pd = \frac{P_{24h}}{24} \sqrt{\frac{24}{d}}$$

Donde:

P24h: Precipitación máxima en 24 horas

d: Duración en horas (fracción del tiempo en minutos considerados)

Pd: Intensidad en mm/hora por la duración considerada

Aplicando la formula calculamos para cada periodo de retorno y minutos de duración.

Para periodo de retorno en 50 años con una duración de 5 minutos

Dato: P24h = 57.21

Los 5 minutos convertido en horas = 5/60

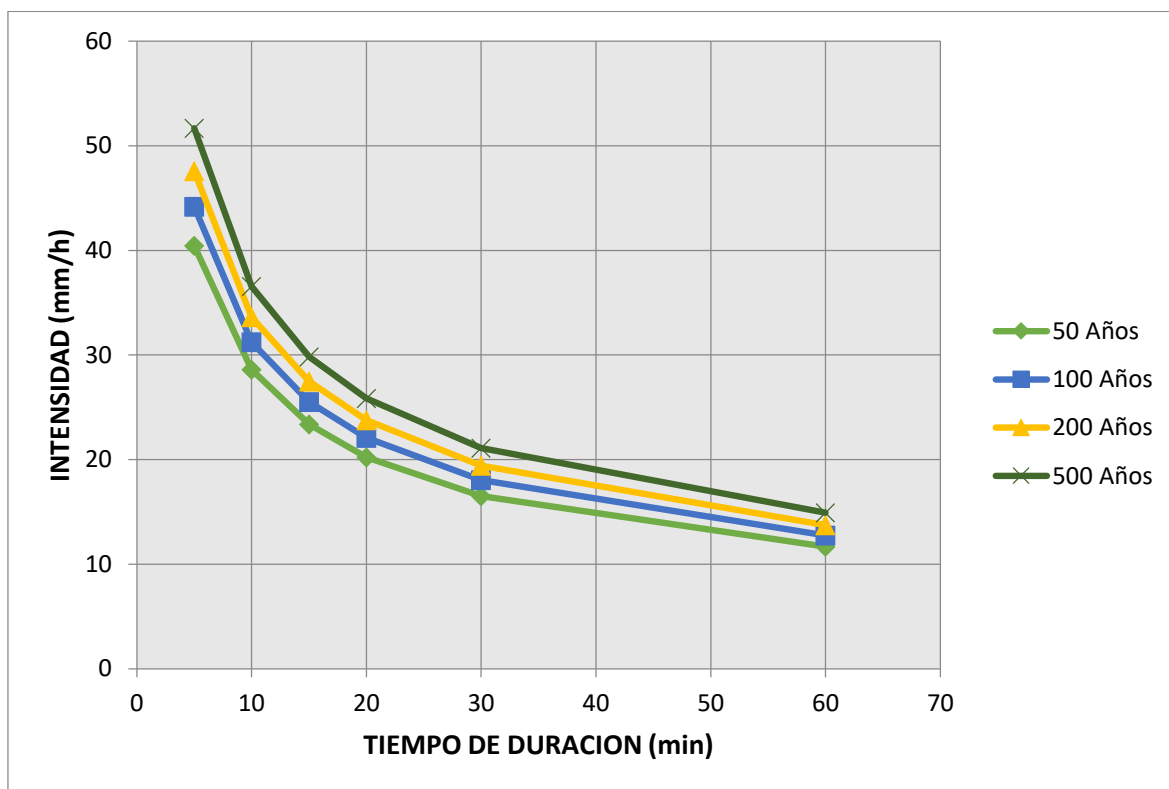
$$Pd = \frac{57.21}{24} \sqrt{\frac{24}{5/60}} = 40.45 \text{ mm/hr}$$

*Intensidades – Tiempo de Duración.*

Tabla de intensidades - Tiempo de duración						
Frecuencia	Duración en minutos					
años	5	10	15	20	30	60
50	40.45	28.61	23.36	20.23	16.52	11.68
100	44.17	31.23	25.50	22.08	18.03	12.75
200	47.56	33.63	27.46	23.78	19.42	13.73
500	51.68	36.55	29.84	25.84	21.10	14.92

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

*Hidrograma Intensidades – Tiempo de Duración.*



Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

#### 1.6.3.1.4. Cálculo de caudales máximos

- **Método SCS**

Otro procedimiento recomendable para estimar los gastos máximos en cuencas rurales y urbanas, así como la forma del hidrograma correspondiente, es el desarrollado por el Soil Conservation Service de Estados Unidos, método conocido como procedimiento de la curva número. Esta metodología cuenta con dos etapas o pasos: calcular el volumen escurrido o lluvia efectiva y estimar el caudal máximo y la forma del hidrograma de la crecida.



Valores de curvas numero para áreas urbanas

Cobertura superficie	% imp	Grupo de suelo			
		A	B	C	D
Desarrollado :					
Prados y parques					
pasto < 50%		68	79	86	89
pasto 50%-75%		49	69	79	84
pasto > 75%		39	61	74	80
Areas impermeables:					
Estacionamientos pavimentados		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Grava		76	85	89	91
Tierra		72	82	87	89
Distritos urbanos:					
Comercial	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residencial:					
sitios 500 m <sup>2</sup> o menor	65	77	85	90	92
sitios 1000 m <sup>2</sup>	38	61	75	83	87
sitios 2000 m <sup>2</sup>	25	54	70	80	85
sitios 5000 m <sup>2</sup>	20	51	68	79	84
sitios 10000 m <sup>2</sup>	12	46	65	77	82
Areas en desarrollo:					
Areas nuevas poca vegetación		77	86	91	94

Fuente: SCS (1986) TR 55.

El potencial máximo de retención de agua es función de la curva número y se calcula como sigue:

- **Determinamos el valor de curvas número "CN"**

$$A = \frac{1000}{CN} - 10$$

CN = 49 arenosos o limo - areniscos Grupo - A pasto 50%-75%

S= 10.408

▪ Cálculo de “CN” ponderado

	CN	AREA (km)
A - pasto 50%-75%	49	11.4

CN Ponderado = 49

Abstracciones Iniciales “Ia”

$$Ia = \frac{5000}{CN} - 50.8$$

La = 52.873 mm

▪ Calculo del tiempo de concentración “tc”

*Tiempos de Concentración*

Autor	Expresión	Observaciones
Kirpich (1940)	$T=0.0195 \cdot L^{0.77} / S^{0.385}$	SCS áreas rurales
California Culverts Practice (1942)	$T=56.867 \cdot (L^1/H)^{0.385}$	Cuencas de montaña
Izzard (1946)	$T=525.28 \cdot (0.000276i+c) \cdot L^{0.33} / (i^{0.667} S^{0.333})$	Experimentos de laboratorio
Federal Aviation Agency (1970)	$T=3.26 \cdot (1.1-C) \cdot L^{0.5} / S^{0.33}$	Aeropuertos
Morgali y Linsley (1965)	$T=7 \cdot L^{0.6} \cdot n^{0.6} / (i^{0.4} \cdot S^{0.3})$	Flujo superficial
SCS(1975)	$T=258.7 \cdot L^{0.8} \cdot ((1000/CN)-9)^{0.7} / 1900 \cdot S^{0.5}$	Cuencas rurales

Fuente: SCS (1986).

**Nota:**

T= tiempo de concentración

L= longitud de escurrimiento superficial

L= longitud cauce

S= pendiente

H= diferencia de alturas en cuenca

I= intensidad de lluvia

C= coeficiente de escurrimiento

CN= curva numero

n= rugosidad superficial de Manning

▪ **SCS áreas naturales**

Aplicamos el método Kirpich (1940)

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

L= 5597 m

H= 1606 m – 352 m = 1254 m

**Tc= 26.673 min**

▪ **Cálculo del tiempo de retardo**

Lag Time = 0.6\*tc

**Lag Time = 16.004 min**

▪ **Área total de la subcuenca en Km2**

DISTRITO	Área Km2
Subcuenca Capillamayo	11.400

$$Tc = 0,000323 \cdot \left( \frac{L^{0,77}}{S^{0,385}} \right)$$

$$A = \frac{1000}{CN} - 10$$

S= 10.408

$$Tc = 0,000323 \left[ \frac{(1.350m)^{0,77}}{0,111^{0,385}} \right]$$

$$I = \frac{615 \cdot Tr^{0.18}}{(D + 5)^{0.685}}$$

*Distribución normal*

<b>Distribución Normal</b>		
T	Intensidad mm/hr	Prob(Pmax<=x)
50	57.21	0.98
100	62.46	0.99
200	67.26	0.995
500	73.09	0.998

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

Valores del coeficiente de escorrentía que se muestran se han obtenido a partir de parcelas experimentales la pendiente es de 8.6%.

*Tabla de Prevert (1986)*

Uso del suelo	Pendiente (%)	Textura del suelo		
		Arenoso – limoso Limoso - arenoso	Limoso Limoso - arenoso	Arcilloso
Bosque	0 – 5	0.10	0.30	0.40
	5 – 10	0.25	0.35	0.50
	10 – 30	0.30	0.40	0.60
	>30	0.32	0.42	0.63
Pastizal	0 – 5	0.15	0.35	0.45
	5 – 10	0.30	0.40	0.55
	10 – 30	0.35	0.45	0.65
	>30	0.37	0.47	0.68
Cultivo agrícola	0 – 5	0.30	0.50	0.60
	5 – 10	0.40	0.66	0.70
	10 – 30	0.50	0.70	0.80
	>30	0.53	0.74	0.84

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.

Coefficiente de escorrentía =	<b>0.30</b>
-------------------------------	-------------

- **Cálculo De Caudal Máximo Para La Cuencas**

Insertando al software hec-hms CN, la, Lag Time y Tc y las 58 precipitaciones máximas

The screenshot displays the HEC-HMS 4.3 software interface. The main window shows a project named "caudales maximos" with a basin model "Capillamayo" and a sink "Sink-1". The "Control Specifications" for "Control 1" are visible, including start and end dates and times. The "Basin Model [Capillamayo] Current Run [Run 1]" window shows a diagram of the basin model with a flow path from "capillamayo" to "Sink-1". The "Summary Results for Sink 'Sink-1'" window shows the simulation results for Run 1, including peak and total outflow values.

**Control Specifications for Control 1:**

Name:	Control 1
Description:	
*Start Date (ddMMYYYY):	30oct1964
*Start Time (H:M):	07:00
*End Date (ddMMYYYY):	01nov1964
*End Time (H:M):	12:00
Time Interval:	10 Minutes

**Summary Results for Sink "Sink-1" (Run 1):**

Project:	Ejemplo04
Simulation Run:	Run 1
Sink:	Sink-1
Basin Model:	Damas
Meteorologic Model:	Met 1
Control Specifications:	Control 1
Volume Units:	<input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3
Computed Results:	
Peak Outflow:	54.350 (M3/S)
Date/Time of Peak Outflow:	31oct1985, 01:40 (MM)
Total Outflow:	

## **COPORAQUE**

$Q_{\max 50} =$	54.350	$m^3/s$
$Q_{\max 100} =$	59.337	$m^3/s$
$Q_{\max 200} =$	63.897	$m^3/s$
$Q_{\max 500} =$	69.436	$m^3/s$

### **1.6.3.2. Proceso final en el software HEC-RAS**

El Software realiza varias simulaciones con diferentes modelos meteorológicos, realizando combinaciones con las especificaciones de control, Subcuenca lo que facilita en el procesamiento de múltiples datos.

### **1.7. Datos de control para realizar la simulación**

Al software se le alimenta con datos del día de inicio y finalización de análisis y los datos de precipitación para diferentes duraciones en función de la precipitación máxima en 24 horas para cada caso.

Antes de realizar el análisis de la Subcuenca del río Capillamayo se tiene que ingresar la fecha y hora que el programa está generando los caudales máximos.

#### **1.7.1. Procedimiento para elaborar mapa de riesgo**

Para realizar el modelamiento hidráulico con el software Hec-Ras, se hizo previamente un levantamiento topográfico de la zona en estudio que está ubicado en el distrito de Coporaque provincia de Chivay.

Del tramo que comprende desde el Puente Nueva Esperanza hasta las faldas del distrito de Coporaque.

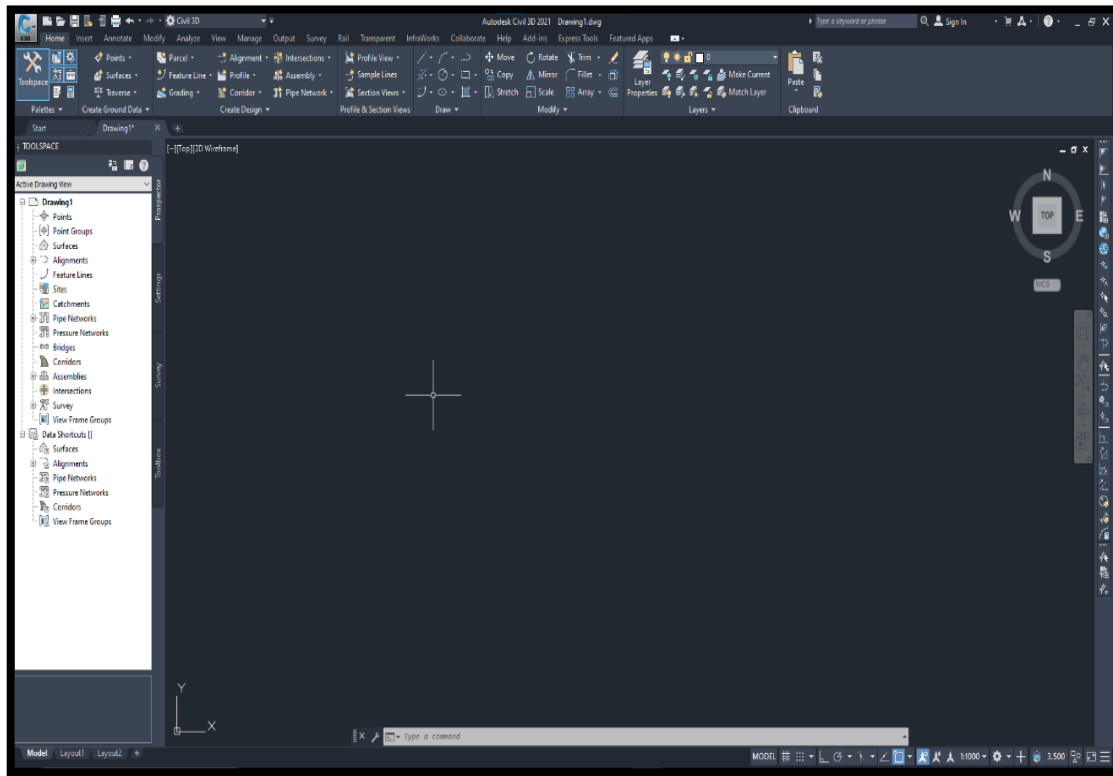
##### **1.7.1.1. Procedimiento para desarrollar el modelo en HEC-RAS empleando la extensión Del AUTOCAD CIVIL 3D 2021**

###### **1.7.1.1.1. Trabajos previos en AutoCAD Civil 3D 2021**

Primeramente, se realiza la exportación de los puntos en Excel obtenidos en el levantamiento Topográfico, a lo largo del tramo en estudio del río

“Capillamayo” a la plataforma del software AutoCAD civil 3D como se puede apreciar en la siguiente figura 11.

*Configuración preliminar de coordenadas UTM.*



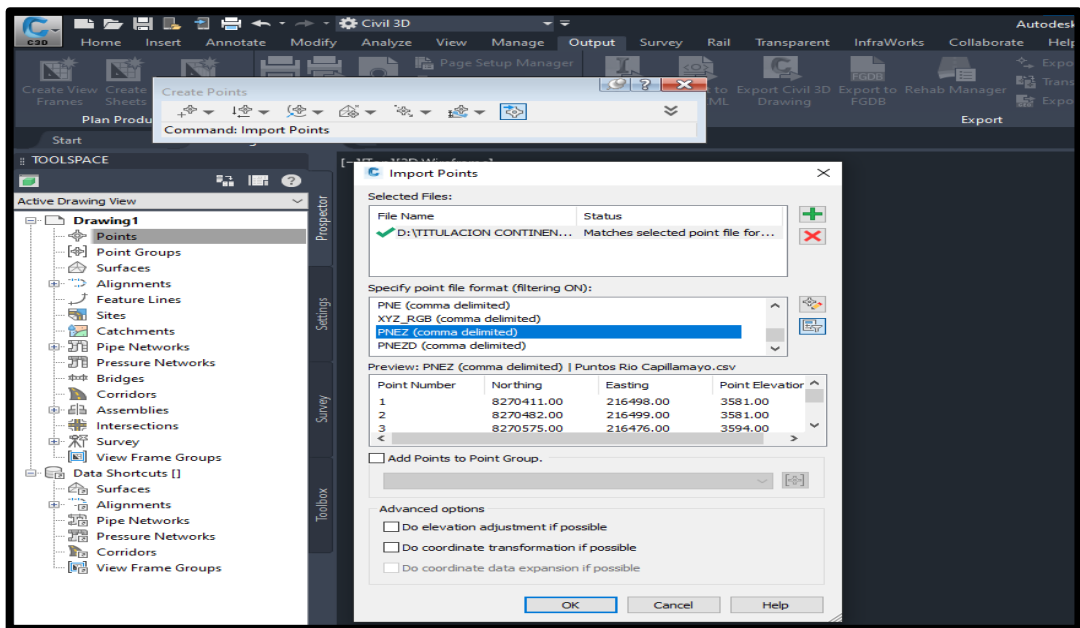
Fuente: Software AutoCAD Civil 3D 2021.

- Iniciamos el software AutoCAD civil 3D 2021.

Con la herramienta DRAWING se selecciona la configuración con la que se trabajará como el sistema de coordenadas WGS-84 zona 19 Sur para la presente investigación, también se configura la escala, unidades métricas y las unidades angulares con las que se desea trabajar.

Configurado la plataforma de trabajo en el software AutoCAD civil 3D 2021 se procede a cargar todos los puntos obtenidos en el levantamiento topográfico desde un archivo EXCEL con la herramienta que se encuentran en la pestaña HOME/POINTS/POINT CREATION/IMPORT POINTS donde se carga los puntos del levantamiento topográfico según el orden que se encuentren los datos en el archivo EXCEL para nuestro caso el orden es PNEZ que viene a ser el punto, norte, este, altitud.

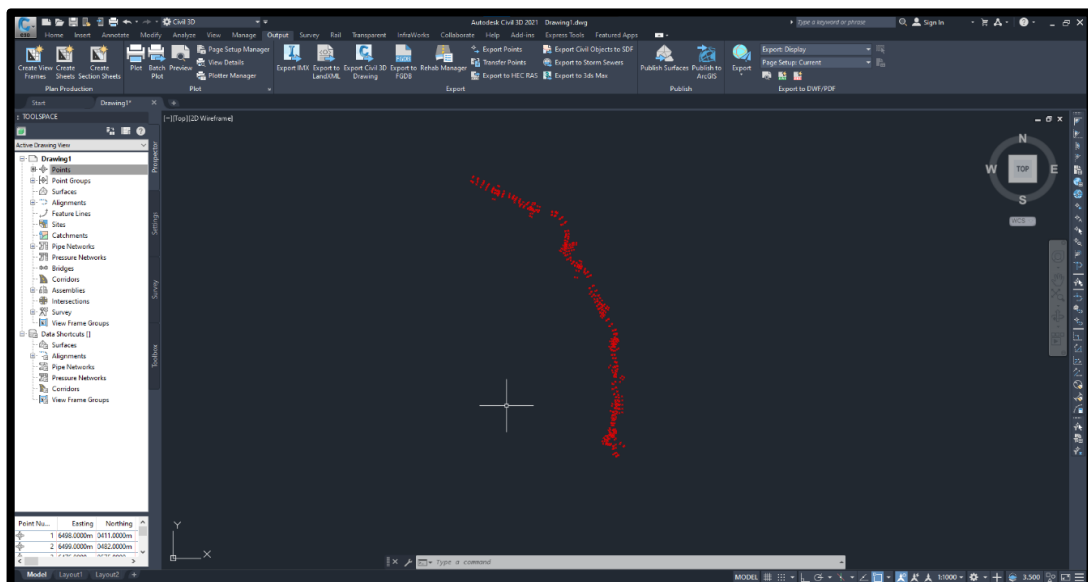
## Importación de Puntos Topográficos.



Fuente: Software AutoCAD Civil 3D 2021.

En la siguiente imagen se puede observar una nube de puntos de un levantamiento realizado en la zona de estudio.

## Importación de Puntos Topográficos.

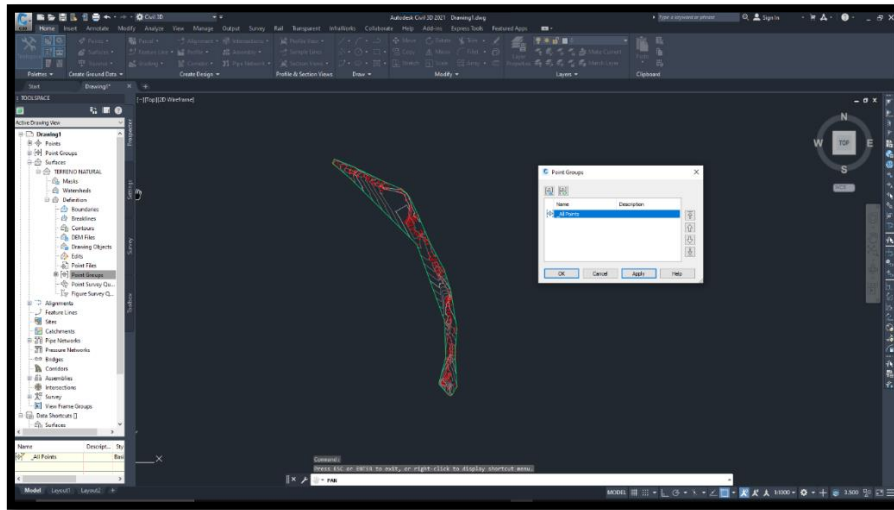


Fuente: Software AutoCAD Civil 3D 2021.

Luego se procede a generar la superficie de la zona en estudio con curvas de nivel, cómo se visualiza en la figura 14.



*Generando Curvas de Nivel.*

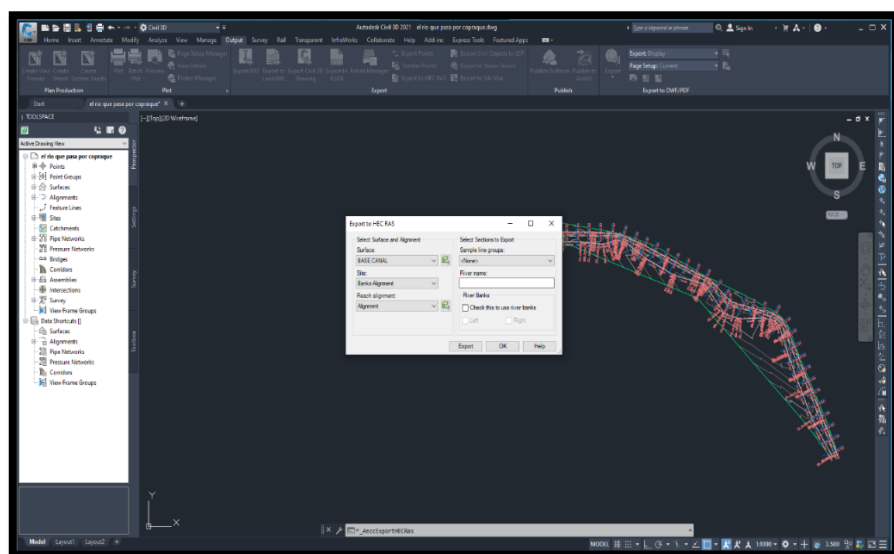


Fuente: Software AutoCAD Civil 3D 2021.

#### **1.7.1.1.2. Exportación del archivo para trabajar en software HEC-RAS.**

La exportación del software AutoCAD Civil 3D 2021 al software HEC-RAS se realiza con la herramienta SURFACE/BASE CANAL, SITE/BANKS-ALIGNMENT, REACH ALIGNMENT/ALIGNMET, donde se asigna la ubicación y nombre del archivo de cada tramo.

*Generando el flujo del río y lado derecho e izquierdo del río Capillamay y exportar la geometría para trabajar en software HEC-RAS.*

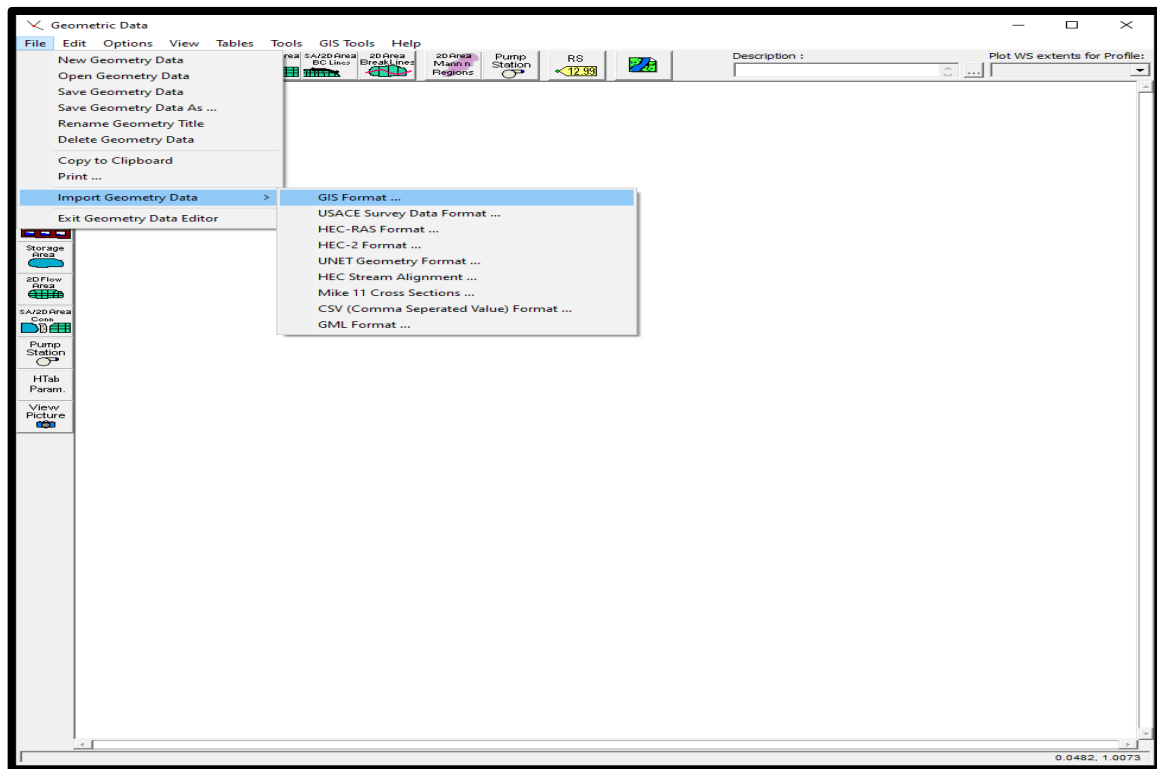


Fuente: Software AutoCAD Civil 3D 2021.

### 1.7.1.1.3. Importación de datos de la geometría en HEC-RAS.

Iniciamos el software HEC-RAS, se configura las unidades con las que se desea trabajar que tiene que estar con las mismas unidades con las que se trabajó en el software AutoCad Civil 3D 2021 para la presente investigación se trabajó con las unidades del sistema Metric, el siguiente paso es la creación de un archivo nuevo con las herramientas FILE/NEW PROJECT y se genera el nuevo archivo de nombre Rio Capillamayo Chivay Coporaque de trabajo con el cual se desarrolla la simulación.

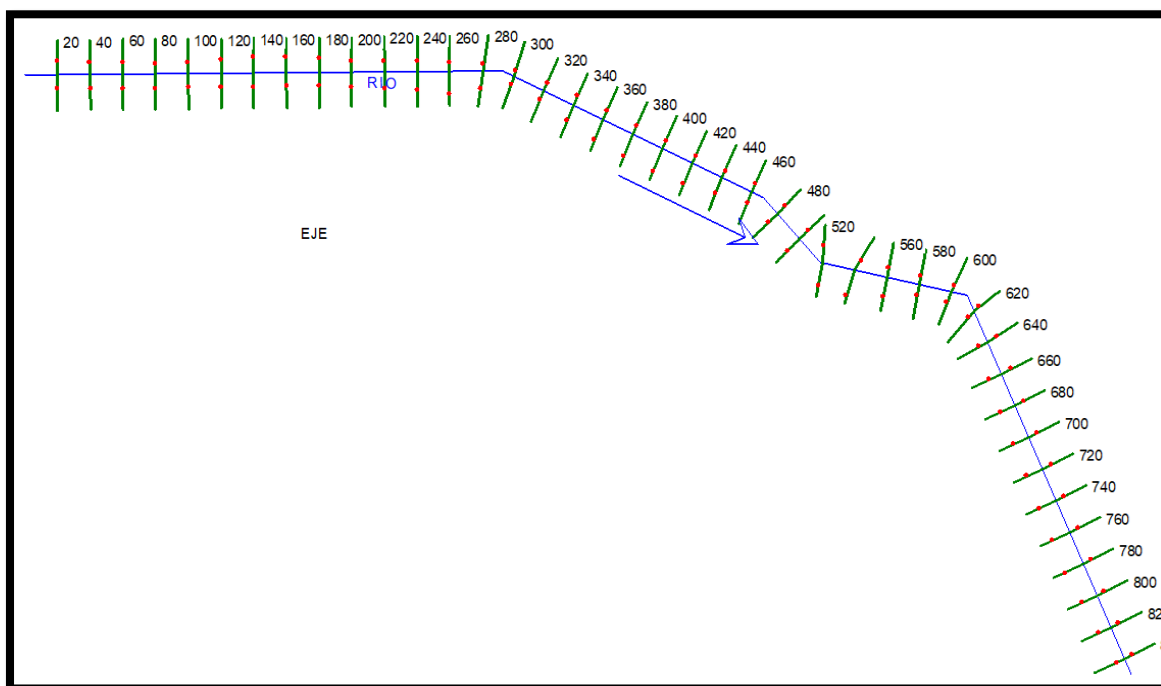
*Proceso de importar la geometría al software HEC-RAS.*



Fuente: Software HEC-RAS.

Para realizar la importación de las secciones geométricas se utiliza la opción GEOMETRIC DATA donde se apertura una ventana y con las herramientas FILE/IMPORT/GEOMETRY DATA/GIS FORMAT se importa el archivo SDF generado con el Civil 3D y exportado HEC-RAS de cada uno de los tramos en estudio.

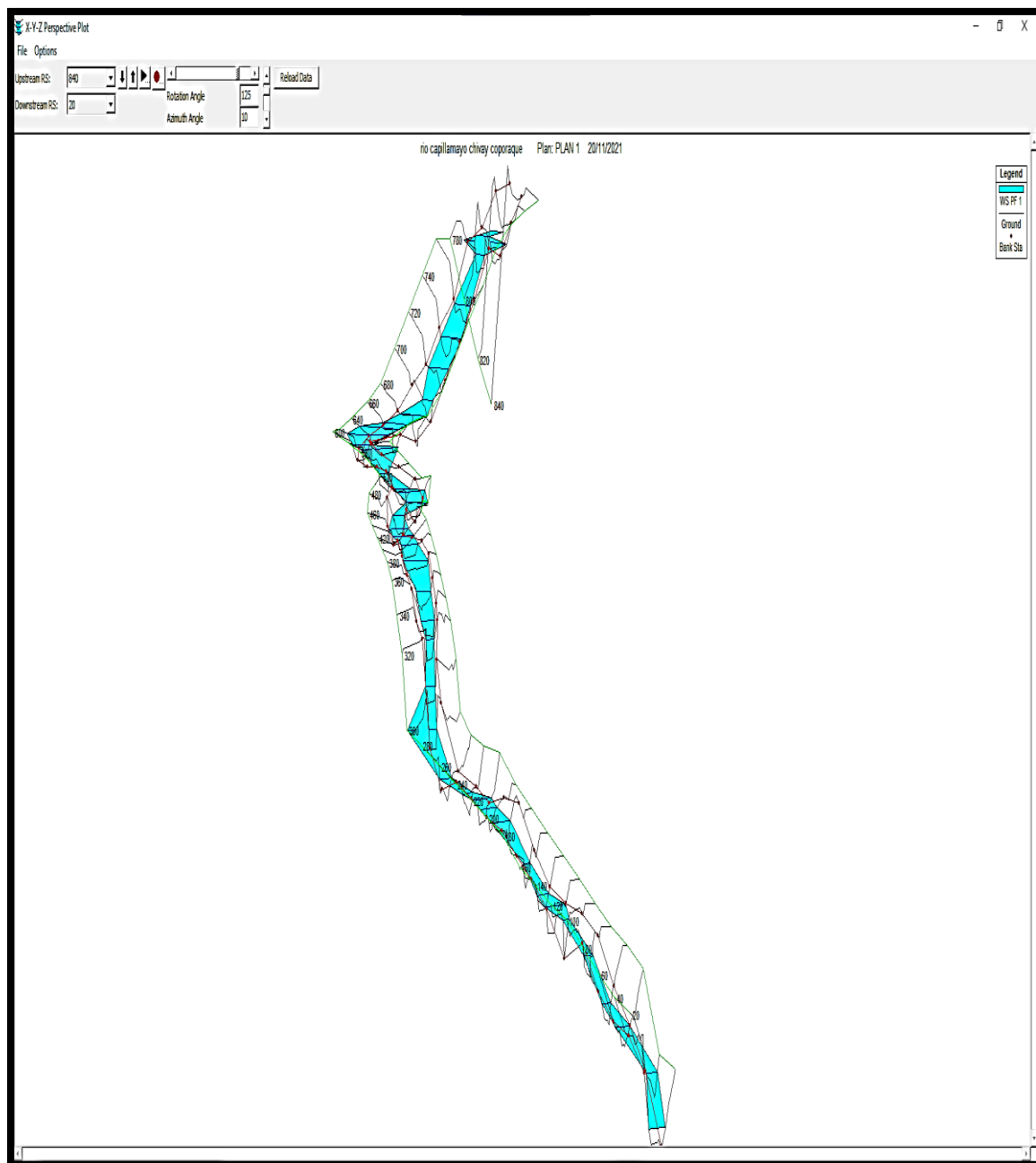
*Secciones del cauce del río.*



Fuente: Software HEC-RAS.

Se ingresa los valores de coeficiente de Manning que corresponde para el tramo en estudio del río Capillamayo.

*Ventanas para visualizar todas las secciones de los tramos en estudio.*



Fuente: Software HEC-RAS.

Se ingresa los valores de coeficiente de Manning que corresponde para cada uno de los tramos en estudio.

Tablas para visualizar todas las secciones de los tramos en estudio.

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
Arroyos naturales - arroyos menores (ancho superior en la zona de inundación <100 pies)			
<b>1. Canales principales</b>			
a. Limpio, recto, lleno, sin grietas ni piscinas profundas.	0.025	0.030	0.033
segundo. Igual que el anterior, pero más piedras y malezas.	0.030	0.035	0.040
do. Limpio, sinuoso, algunas piscinas y cardúmenes.	0.033	0.040	0.045
re. Igual que el anterior, pero algunas malas hierbas y piedras.	0.035	0.045	0.050
mi. Igual que arriba, etapas más bajas, pendientes y secciones más ineficaces.	0.040	0.048	0.055
F. igual que "d" con más piedras	0.045	0.050	0.060
sol. Alcances lentos, maleza, pozas profundas.	0.050	0.070	0.080
h. Alcances muy húmedos, pozos profundos o vías de inundación con una gran cantidad de madera y maleza.	0.075	0.100	0.150
<b>5. Canales forrados o construidos.</b>			
a. Cemento			
1. superficie limpia	0.010	0.011	0.013
2. mortero	0.011	0.013	0.015
segundo. Madera			
1. planeado, sin tratar	0.010	0.012	0.014
2. planeado, creosoteado	0.011	0.012	0.015
3. sin planar	0.011	0.013	0.015
4. Tabla con listones.	0.012	0.015	0.018
5. forrado con papel de techo	0.010	0.014	0.017
do. Hormigón			
1. acabado llano	0.011	0.013	0.015
2. acabado flotante	0.013	0.015	0.016
3. Acabado, con grava en el fondo.	0.015	0.017	0.020
4. sin terminar	0.014	0.017	0.020
5. gunita, buena sección.	0.016	0.019	0.023
6. gunita, sección ondulada.	0.018	0.022	0.025
7. en buena roca excavada	0.017	0.020	
8. en roca excavada irregular	0.022	0.027	
re. Flotador inferior de hormigón acabado con laterales de:			
1. piedra vestida en mortero	0.015	0.017	0.020
2. Piedra aleatoria en mortero.	0.017	0.020	0.024
3. Mampostería de escombros de cemento, enlucida.	0.016	0.020	0.024
4. mampostería de escombros de cemento	0.020	0.025	0.030
5. escombros secos o riprap	0.020	0.030	0.035
mi. Fondo de grava con lados de:			

Fuente: Valores de Manning para canales (Chow, 1959).

#### 1.7.1.1.4. Insertar datos del flujo

Se inserta los caudales máximos determinados para los diferentes períodos de retorno en el tramo en estudio, para realizar este proceso se aplica la opción STEADY FLOW DATA donde se apertura una ventana donde se configura el número de períodos de retorno con el que se desea trabajar que se denomina PROFILES.

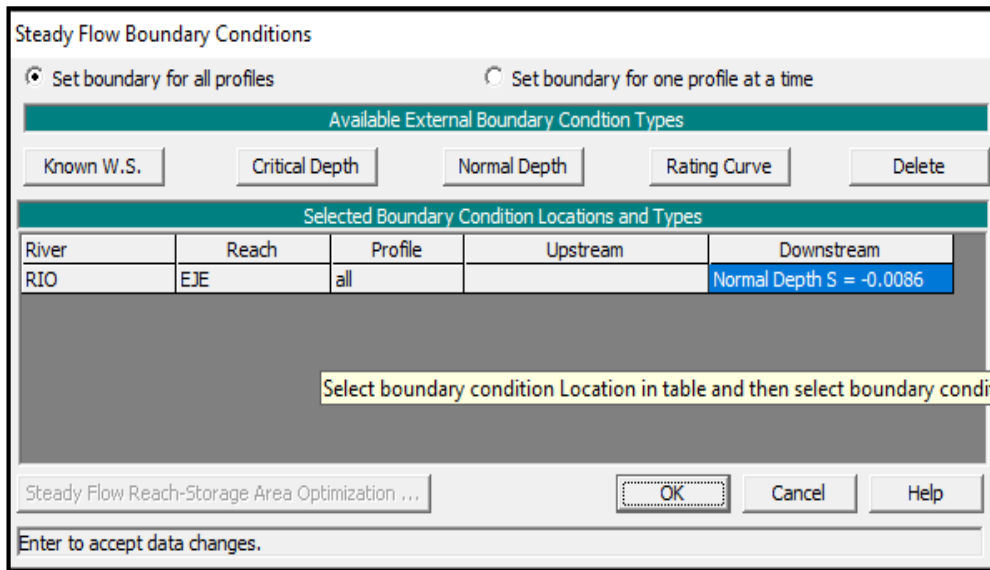
*Ventana para ingresar los caudales máximos determinados por el método Normal.*

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates				
River	Reach	RS	T=50 AÑOS	T=100 AÑOS	T=200 AÑOS	T=500 AÑOS	
1	RIO	EJE	840	54.35	59.337	63.897	69.436

Fuente: Software HEC-RAS.

El software HEC-RAS se alimenta con el siguiente parámetro de pendiente con la siguiente herramienta STEADY FLOW BOUNDARY CONDITIONS, donde para el presente estudio realizaremos un análisis en régimen subcrítico y solo necesitamos la pendiente en un extremo del tramo en estudio que es aguas abajo se selecciona la opción NORMAL DEPTH donde se ingresa las pendientes del tramo en estudio del río Capillamayo.

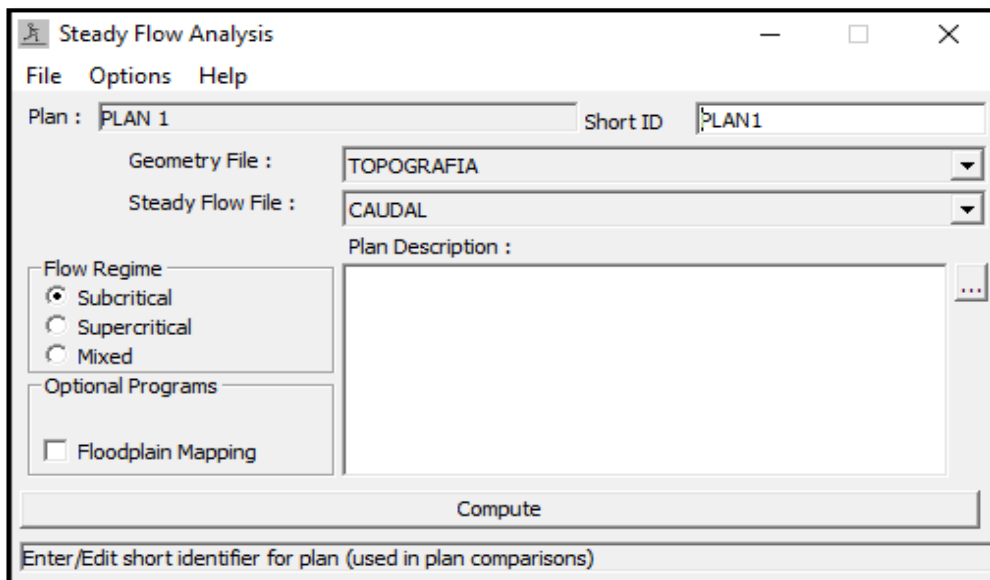
*Ventana para ingresar las pendientes determinadas.*



Fuente: Software HEC-RAS.

Con la opción STEADY FLOW SIMULATION donde seleccionamos la opción subcritical que es el régimen con el se analiza el presente estudio.

*Ventanas de proceso final para generar la simulación del flujo.*



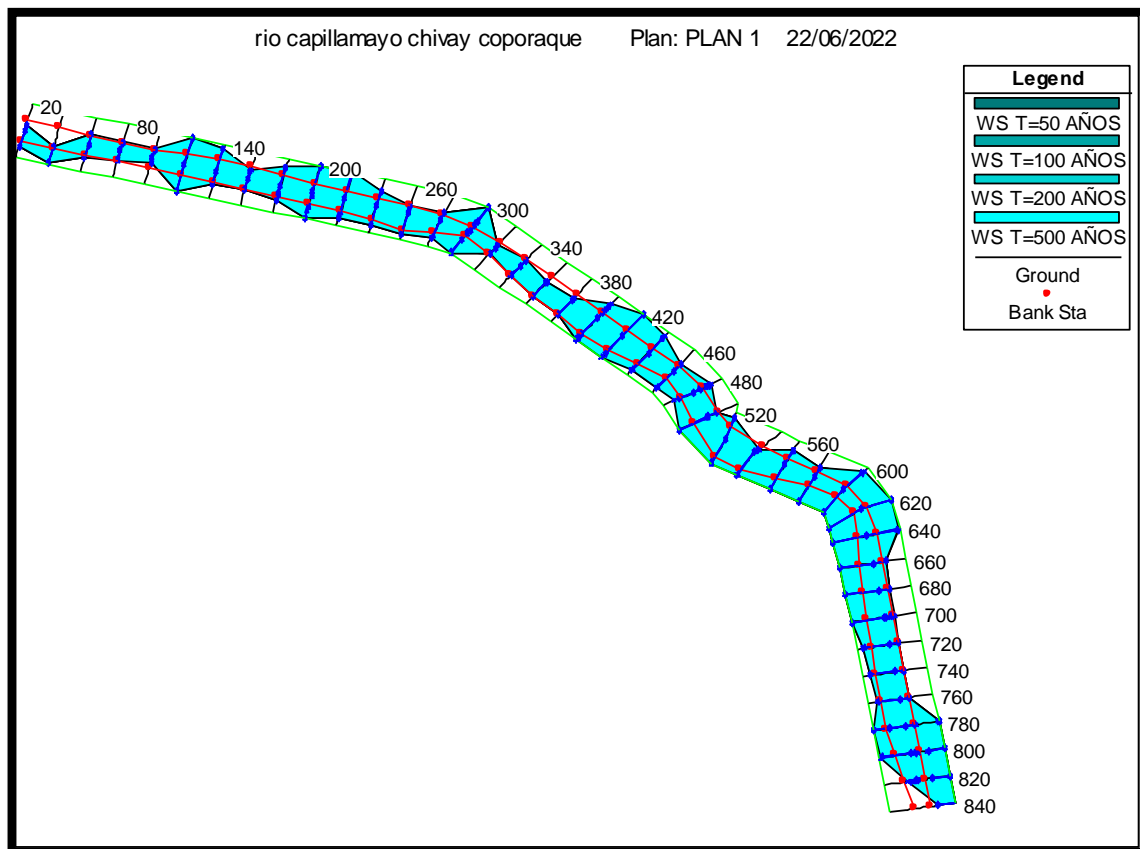
Fuente: Software HEC-RAS.

Para concluir se selecciona la opción COMPUTE, y se inicia con la simulación del flujo en la superficie en estudio para el tramo en estudio y para los diferentes períodos de retorno.

#### 1.7.1.1.5. Interpretación de las áreas en riesgo de inundación con software HEC-RAS

La interpretación de áreas con riesgo a inundación se logra a través de un procedimiento sucesivo de pasos que determina empleando software utilizados para estos fines utilizando perspectiva tridimensional que facilita enormemente el trabajo en este tipo de estudios.

*Generación de áreas de inundación y la simulación de flujo en el software HEC-RAS.*



Fuente: Extensión HEC-RAS.

Al realizar los mapas de inundación es aconsejable seccionar cada 20 metros para las zonas con alta probabilidad de riesgo para tener la visualización exacta de los lugares afectados en función a puntos de referencia de la zona.



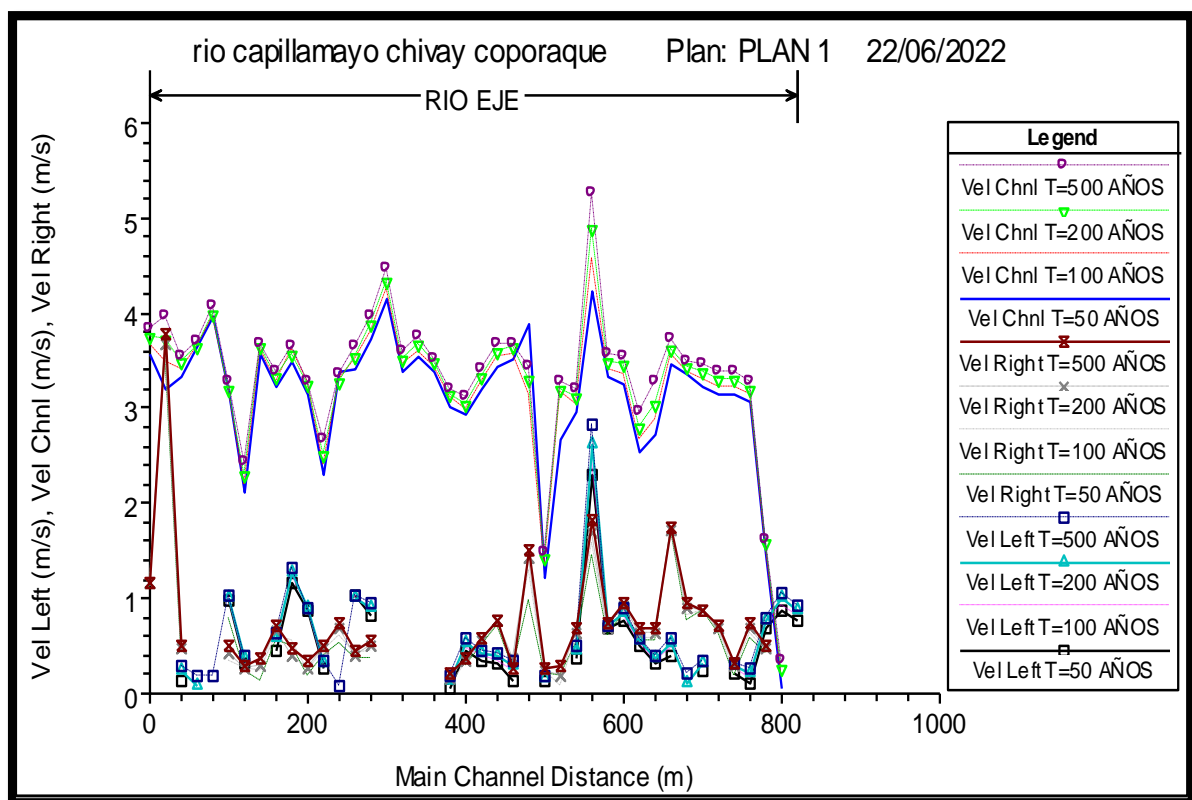
### 1.7.1.1.6. Desarrollo del mapa de zonas de riesgo del río Capillamayo

Se ha desarrollado todo el proceso del presente estudio desde un inicio hasta lograr generar las áreas de inundación y los respectivos tirantes hidráulicos y las velocidades de flujo generados para caudales máximos para diferentes períodos de retorno. Realizado este estudio no podemos precisar los daños que ocasionaría estos fenómenos de inundación a las poblaciones, infraestructura, agricultura etc.

Con el presente estudio determinamos tres parámetros que son muy importantes que son los siguientes; inundación y su respectivo tirante de agua, velocidad de flujo a lo largo del tramo en estudio y zonas de inundación.

Con estos tres parámetros se puede analizar el grado de riesgo que tienen cada zona o tramo en estudio y tomar acciones de mitigación de los mismos.

*Hidrograma Río Capillamayo.*



Fuente: Extensión HEC-RAS.

Reporte De Intensidades Con Referencia A Los Periodos De Retorno.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE	840	T=50 AÑOS	54.35	3614.84	3613.18		3613.21	0.000299		71.72	10.51	0
EJE	840	T=100 AÑOS	59.34	3614.84	3613.26		3613.29	0.000345		72.6	10.58	0
EJE	840	T=200 AÑOS	63.9	3614.84	3613.33		3613.37	0.000389		73.36	10.63	0
EJE	840	T=500 AÑOS	69.44	3614.84	3613.42		3613.46	0.000444		74.25	10.7	0
EJE	820	T=50 AÑOS	54.35	3613.15	3613.16		3613.2	0.000347	0.05	62.81	10.59	0.18
EJE	820	T=100 AÑOS	59.34	3613.15	3613.24		3613.29	0.0004	0.18	63.73	12.37	0.26
EJE	820	T=200 AÑOS	63.9	3613.15	3613.31		3613.36	0.00045	0.27	64.65	13.91	0.3
EJE	820	T=500 AÑOS	69.44	3613.15	3613.39		3613.45	0.000511	0.34	65.88	16.7	0.33
EJE	800	T=50 AÑOS	54.35	3610.75	3613.13		3613.19	0.000286	1.46	61.39	29.36	0.37
EJE	800	T=100 AÑOS	59.34	3610.75	3613.21		3613.28	0.000311	1.52	63.75	30.21	0.39
EJE	800	T=200 AÑOS	63.9	3610.75	3613.27		3613.35	0.000334	1.58	65.87	31.04	0.4
EJE	800	T=500 AÑOS	69.44	3610.75	3613.36		3613.44	0.000369	1.61	68.53	32.67	0.42
EJE	780	T=50 AÑOS	54.35	3610.43	3612.67	3612.67	3613.14	0.002378	3.07	19.69	23.82	0.96
EJE	780	T=100 AÑOS	59.34	3610.43	3612.73	3612.73	3613.22	0.002357	3.15	21.17	24.42	0.96
EJE	780	T=200 AÑOS	63.9	3610.43	3612.79	3612.79	3613.29	0.002332	3.21	22.53	25.1	0.96
EJE	780	T=500 AÑOS	69.44	3610.43	3612.85	3612.85	3613.38	0.002294	3.28	24.23	25.93	0.96
EJE	760	T=50 AÑOS	54.35	3607.06	3608.84	3608.84	3609.35	0.00244	3.15	17.28	18.24	1.01
EJE	760	T=100 AÑOS	59.34	3607.06	3608.91	3608.91	3609.44	0.002319	3.22	18.57	18.77	1
EJE	760	T=200 AÑOS	63.9	3607.06	3608.97	3608.97	3609.52	0.002273	3.29	19.61	19.18	0.99
EJE	760	T=500 AÑOS	69.44	3607.06	3609.03	3609.03	3609.61	0.002235	3.39	20.83	19.65	0.99
EJE	740	T=50 AÑOS	54.35	3604.76	3606.64	3606.64	3607.14	0.002309	3.15	18.27	19.97	1
EJE	740	T=100 AÑOS	59.34	3604.76	3606.7	3606.7	3607.23	0.002264	3.24	19.54	20.3	0.99
EJE	740	T=200 AÑOS	63.9	3604.76	3606.76	3606.76	3607.3	0.002197	3.29	20.78	20.62	0.99
EJE	740	T=500 AÑOS	69.44	3604.76	3606.82	3606.82	3607.4	0.002196	3.39	22.02	20.93	0.99
EJE	720	T=50 AÑOS	54.35	3602.51	3604.7	3604.7	3605.21	0.00244	3.21	18.94	20.83	1.03
EJE	720	T=100 AÑOS	59.34	3602.51	3604.77	3604.77	3605.3	0.002368	3.3	20.28	21.37	1.02
EJE	720	T=200 AÑOS	63.9	3602.51	3604.82	3604.82	3605.38	0.002341	3.38	21.4	21.8	1.02
EJE	720	T=500 AÑOS	69.44	3602.51	3604.89	3604.89	3605.47	0.002246	3.45	22.96	22.4	1.01
EJE	700	T=50 AÑOS	54.35	3600.57	3603.09	3603.09	3603.61	0.001829	3.36	21.03	20.7	0.93
EJE	700	T=100 AÑOS	59.34	3600.57	3603.18	3603.18	3603.71	0.001853	3.38	22.95	21.51	0.93
EJE	700	T=200 AÑOS	63.9	3600.57	3603.25	3603.25	3603.78	0.001903	3.43	24.44	22.87	0.95
EJE	700	T=500 AÑOS	69.44	3600.57	3603.32	3603.32	3603.87	0.001963	3.5	26.15	24.2	0.96
EJE	680	T=50 AÑOS	54.35	3599.49	3601.8	3601.8	3602.26	0.005093	3.47	21.29	26.7	1.36
EJE	680	T=100 AÑOS	59.34	3599.49	3601.85	3601.85	3602.34	0.004945	3.58	22.59	26.83	1.36
EJE	680	T=200 AÑOS	63.9	3599.49	3601.91	3601.91	3602.41	0.004601	3.63	24.08	26.98	1.32
EJE	680	T=500 AÑOS	69.44	3599.49	3601.96	3601.96	3602.49	0.004447	3.73	25.53	27.13	1.32
EJE	660	T=50 AÑOS	54.35	3599.01	3601.39	3601.19	3601.74	0.001338	2.71	24.65	27.61	0.76
EJE	660	T=100 AÑOS	59.34	3599.01	3601.42	3601.25	3601.82	0.001472	2.89	25.48	28.32	0.8
EJE	660	T=200 AÑOS	63.9	3599.01	3601.44	3601.32	3601.89	0.001604	3.05	26.13	28.6	0.84
EJE	660	T=500 AÑOS	69.44	3599.01	3601.45	3601.42	3601.97	0.001856	3.29	26.35	28.66	0.9
EJE	640	T=50 AÑOS	54.35	3599.66	3601.42		3601.7	0.000943	2.54	33.76	39.74	0.68
EJE	640	T=100 AÑOS	59.34	3599.66	3601.46		3601.77	0.001007	2.67	35.36	40.23	0.7
EJE	640	T=200 AÑOS	63.9	3599.66	3601.49	3601.33	3601.83	0.001069	2.79	36.71	40.63	0.73
EJE	640	T=500 AÑOS	69.44	3599.66	3601.52	3601.39	3601.9	0.00117	2.96	37.9	40.98	0.76
EJE	620	T=50 AÑOS	54.35	3599.54	3601.3	3601.3	3601.67	0.001846	3.26	33.89	42.96	0.93
EJE	620	T=100 AÑOS	59.34	3599.54	3601.35	3601.35	3601.73	0.001836	3.35	36.22	42.96	0.94
EJE	620	T=200 AÑOS	63.9	3599.54	3601.39	3601.39	3601.79	0.001889	3.46	37.83	42.96	0.95
EJE	620	T=500 AÑOS	69.44	3599.54	3601.44	3601.44	3601.86	0.001889	3.55	40.15	42.96	0.96
EJE	600	T=50 AÑOS	54.35	3599.26	3601.01	3601.01	3601.48	0.001647	3.33	27.12	35.56	0.9
EJE	600	T=100 AÑOS	59.34	3599.26	3601.07	3601.07	3601.57	0.001635	3.42	29.48	36.71	0.91
EJE	600	T=200 AÑOS	63.9	3599.26	3601.13	3601.13	3601.64	0.001615	3.49	31.7	37.77	0.91
EJE	600	T=500 AÑOS	69.44	3599.26	3601.2	3601.2	3601.73	0.001599	3.57	34.29	38.97	0.91

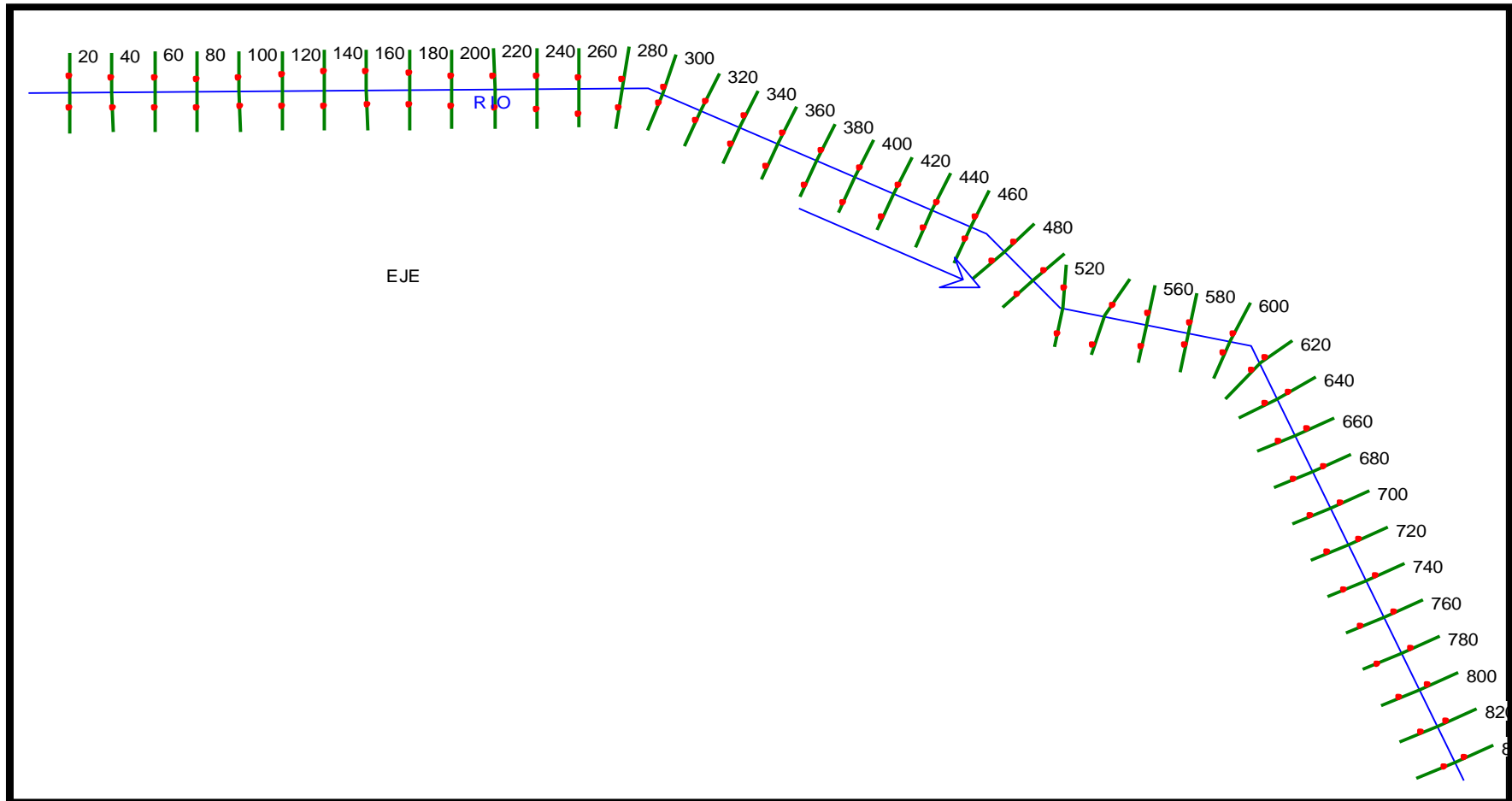
EJE	580	T=50 AÑOS	54.35	3599.12	3600.57	3600.57	3601.19	0.007799	4.24	19.94	28.29	1.65
EJE	580	T=100 AÑOS	59.34	3599.12	3600.58	3600.58	3601.3	0.008902	4.57	20.21	28.3	1.77
EJE	580	T=200 AÑOS	63.9	3599.12	3600.59	3600.59	3601.41	0.01005	4.88	20.38	28.3	1.88
EJE	580	T=500 AÑOS	69.44	3599.12	3600.59	3600.59	3601.55	0.011587	5.27	20.53	28.3	2.02
EJE	560	T=50 AÑOS	54.35	3597.54	3599.74	3599.74	3600.18	0.002247	2.97	21.21	30.72	0.93
EJE	560	T=100 AÑOS	59.34	3597.54	3599.8	3599.8	3600.26	0.002206	3.05	22.97	31.11	0.93
EJE	560	T=200 AÑOS	63.9	3597.54	3599.85	3599.85	3600.32	0.002167	3.12	24.56	31.46	0.93
EJE	560	T=500 AÑOS	69.44	3597.54	3599.91	3599.91	3600.4	0.002149	3.21	26.33	31.84	0.94
EJE	540	T=50 AÑOS	54.35	3596.76	3598.82	3598.61	3599.19	0.00152	2.68	20.63	23.49	0.82
EJE	540	T=100 AÑOS	59.34	3596.76	3598.74	3598.74	3599.25	0.002307	3.17	18.78	21.73	1.01
EJE	540	T=200 AÑOS	63.9	3596.76	3598.8	3598.8	3599.33	0.00222	3.21	20.19	23.34	0.99
EJE	540	T=500 AÑOS	69.44	3596.76	3598.87	3598.87	3599.42	0.002155	3.27	21.79	23.66	0.99
EJE	520	T=50 AÑOS	54.35	3596.31	3599.02		3599.09	0.000151	1.22	48.77	35.21	0.29
EJE	520	T=100 AÑOS	59.34	3596.31	3598.99		3599.09	0.000189	1.35	47.89	34.87	0.32
EJE	520	T=200 AÑOS	63.9	3596.31	3599.04		3599.14	0.0002	1.42	49.57	35.51	0.33
EJE	520	T=500 AÑOS	69.44	3596.31	3599.11		3599.22	0.000208	1.48	52.15	36.46	0.34
EJE	500	T=50 AÑOS	54.35	3596.35	3598.38	3598.38	3599.03	0.002038	3.89	20.79	16.57	0.94
EJE	500	T=100 AÑOS	59.34	3596.35	3598.65	3598.65	3599.05	0.002639	3.16	25.7	24.27	1.03
EJE	500	T=200 AÑOS	63.9	3596.35	3598.67	3598.67	3599.1	0.003094	3.29	26.17	25.51	1.1
EJE	500	T=500 AÑOS	69.44	3596.35	3598.7	3598.7	3599.18	0.003312	3.44	27.12	25.97	1.15
EJE	480	T=50 AÑOS	54.35	3595.77	3597.83	3597.83	3598.46	0.002274	3.52	15.54	13.87	1
EJE	480	T=100 AÑOS	59.34	3595.77	3597.92	3597.92	3598.58	0.002194	3.58	16.89	15.47	0.99
EJE	480	T=200 AÑOS	63.9	3595.77	3598	3598	3598.67	0.00217	3.65	18.05	16.71	0.99
EJE	480	T=500 AÑOS	69.44	3595.77	3598.1	3598.1	3598.79	0.002042	3.67	20.03	21.53	0.97
EJE	460	T=50 AÑOS	54.35	3595.46	3597.03	3597.03	3597.6	0.001968	3.44	19.31	20.75	0.96
EJE	460	T=100 AÑOS	59.34	3595.46	3597.1	3597.1	3597.7	0.001933	3.54	20.86	21.61	0.96
EJE	460	T=200 AÑOS	63.9	3595.46	3597.17	3597.17	3597.79	0.001871	3.6	22.44	22.45	0.95
EJE	460	T=500 AÑOS	69.44	3595.46	3597.25	3597.25	3597.9	0.001827	3.69	24.25	23.37	0.95
EJE	440	T=50 AÑOS	54.35	3595.28	3596.8	3596.8	3597.31	0.00188	3.2	19.46	26.07	0.94
EJE	440	T=100 AÑOS	59.34	3595.28	3596.87	3596.87	3597.4	0.001824	3.28	21.37	28.07	0.94
EJE	440	T=200 AÑOS	63.9	3595.28	3596.94	3596.94	3597.48	0.001765	3.34	23.23	29.9	0.93
EJE	440	T=500 AÑOS	69.44	3595.28	3597.01	3597.01	3597.58	0.001706	3.4	25.53	32.01	0.92
EJE	420	T=50 AÑOS	54.35	3595.03	3596.57	3596.57	3596.99	0.002006	2.94	21.74	33.78	0.94
EJE	420	T=100 AÑOS	59.34	3595.03	3596.63	3596.63	3597.07	0.001886	2.98	24.11	35.79	0.92
EJE	420	T=200 AÑOS	63.9	3595.03	3596.68	3596.68	3597.13	0.001853	3.04	25.9	36.45	0.92
EJE	420	T=500 AÑOS	69.44	3595.03	3596.74	3596.74	3597.21	0.001838	3.13	27.91	38.16	0.92
EJE	400	T=50 AÑOS	54.35	3594.39	3595.58	3595.58	3596.04	0.002378	3.02	18.01	19.66	1.01
EJE	400	T=100 AÑOS	59.34	3594.39	3595.63	3595.63	3596.12	0.00235	3.11	19.1	21.01	1.01
EJE	400	T=200 AÑOS	63.9	3594.39	3595.69	3595.69	3596.2	0.002217	3.15	20.53	25.17	0.99
EJE	400	T=500 AÑOS	69.44	3594.39	3595.76	3595.76	3596.28	0.002116	3.21	22.36	29.68	0.98
EJE	380	T=50 AÑOS	54.35	3591.87	3593.84	3593.84	3594.43	0.002357	3.39	16.04	13.89	1.01
EJE	380	T=100 AÑOS	59.34	3591.87	3593.93	3593.93	3594.53	0.002342	3.44	17.25	14.57	1.01
EJE	380	T=200 AÑOS	63.9	3591.87	3594	3594	3594.62	0.002322	3.48	18.37	15.16	1.01
EJE	380	T=500 AÑOS	69.44	3591.87	3594.09	3594.09	3594.72	0.002288	3.52	19.74	15.87	1.01
EJE	360	T=50 AÑOS	54.35	3590.24	3592.02	3592.02	3592.66	0.002397	3.54	15.36	12.16	1.01
EJE	360	T=100 AÑOS	59.34	3590.24	3592.11	3592.11	3592.77	0.00234	3.6	16.49	12.49	1
EJE	360	T=200 AÑOS	63.9	3590.24	3592.18	3592.18	3592.87	0.002344	3.68	17.38	12.75	1.01
EJE	360	T=500 AÑOS	69.44	3590.24	3592.27	3592.27	3592.98	0.002322	3.75	18.51	13.07	1.01
EJE	340	T=50 AÑOS	54.35	3588.79	3591.39	3591.39	3591.98	0.002748	3.39	16.02	13.92	1.01
EJE	340	T=100 AÑOS	59.34	3588.79	3591.47	3591.47	3592.08	0.002692	3.46	17.14	14.25	1.01
EJE	340	T=200 AÑOS	63.9	3588.79	3591.54	3591.54	3592.17	0.002637	3.52	18.17	14.54	1
EJE	340	T=500 AÑOS	69.44	3588.79	3591.61	3591.61	3592.28	0.002636	3.61	19.25	14.85	1.01

EJE	320	T=50 AÑOS	54.35	3585.99	3588	3588	3588.88	0.002802	4.15	13.1	7.56	1.01
EJE	320	T=100 AÑOS	59.34	3585.99	3588.11	3588.11	3589.03	0.002794	4.25	13.95	7.64	1.01
EJE	320	T=200 AÑOS	63.9	3585.99	3588.21	3588.21	3589.17	0.002772	4.34	14.74	7.71	1
EJE	320	T=500 AÑOS	69.44	3585.99	3588.32	3588.32	3589.33	0.002803	4.46	15.57	7.78	1.01
EJE	300	T=50 AÑOS	54.35	3582.98	3585.36	3585.36	3585.94	0.001603	3.72	25.97	29.24	0.8
EJE	300	T=100 AÑOS	59.34	3582.98	3585.45	3585.45	3586.04	0.001623	3.81	28.54	30.06	0.81
EJE	300	T=200 AÑOS	63.9	3582.98	3585.53	3585.53	3586.13	0.001634	3.88	30.88	30.79	0.81
EJE	300	T=500 AÑOS	69.44	3582.98	3585.62	3585.62	3586.22	0.001641	3.95	33.71	31.65	0.81
EJE	280	T=50 AÑOS	54.35	3579.47	3581.79	3581.79	3582.35	0.002462	3.4	17.78	17.67	1.04
EJE	280	T=100 AÑOS	59.34	3579.47	3581.85	3581.85	3582.45	0.002437	3.51	18.9	18.03	1.04
EJE	280	T=200 AÑOS	63.9	3579.47	3581.93	3581.93	3582.54	0.002251	3.53	20.41	19.37	1.01
EJE	280	T=500 AÑOS	69.44	3579.47	3581.99	3581.99	3582.65	0.002264	3.66	21.59	19.61	1.03
EJE	260	T=50 AÑOS	54.35	3578.62	3580.92	3580.92	3581.5	0.002298	3.39	16.65	15.78	0.99
EJE	260	T=100 AÑOS	59.34	3578.62	3581.06	3581.06	3581.61	0.002099	3.31	18.84	17.2	0.96
EJE	260	T=200 AÑOS	63.9	3578.62	3581.15	3581.15	3581.69	0.00224	3.29	20.49	19.6	0.98
EJE	260	T=500 AÑOS	69.44	3578.62	3581.22	3581.22	3581.78	0.002285	3.35	21.95	21.34	1
EJE	240	T=50 AÑOS	54.35	3578.25	3580.63		3580.9	0.000798	2.31	26.05	24.91	0.61
EJE	240	T=100 AÑOS	59.34	3578.25	3580.69		3580.98	0.000826	2.41	27.55	25.58	0.63
EJE	240	T=200 AÑOS	63.9	3578.25	3580.73		3581.05	0.000874	2.52	28.56	26.03	0.65
EJE	240	T=500 AÑOS	69.44	3578.25	3580.77		3581.12	0.000941	2.66	29.64	26.61	0.68
EJE	220	T=50 AÑOS	54.35	3578.03	3580.41	3580.41	3580.86	0.002363	3.14	22.81	29.38	1
EJE	220	T=100 AÑOS	59.34	3578.03	3580.45	3580.45	3580.94	0.002453	3.27	24.16	31.61	1.03
EJE	220	T=200 AÑOS	63.9	3578.03	3580.53	3580.53	3581.01	0.002201	3.25	26.74	34.2	0.98
EJE	220	T=500 AÑOS	69.44	3578.03	3580.6	3580.6	3581.08	0.002066	3.28	29.26	34.9	0.96
EJE	200	T=50 AÑOS	54.35	3577.36	3579.72	3579.72	3580.19	0.002689	3.48	24.13	25.46	0.97
EJE	200	T=100 AÑOS	59.34	3577.36	3579.77	3579.77	3580.27	0.002798	3.62	25.44	25.89	1
EJE	200	T=200 AÑOS	63.9	3577.36	3579.86	3579.86	3580.35	0.002561	3.57	28.33	32.15	0.97
EJE	200	T=500 AÑOS	69.44	3577.36	3579.93	3579.93	3580.43	0.002561	3.65	30.47	32.57	0.97
EJE	180	T=50 AÑOS	54.35	3574.44	3577.25	3577.25	3577.77	0.002298	3.23	18.75	22.15	0.94
EJE	180	T=100 AÑOS	59.34	3574.44	3577.33	3577.33	3577.86	0.00226	3.28	20.51	23.02	0.94
EJE	180	T=200 AÑOS	63.9	3574.44	3577.39	3577.39	3577.94	0.002257	3.34	21.98	23.72	0.95
EJE	180	T=500 AÑOS	69.44	3574.44	3577.47	3577.47	3578.03	0.002212	3.39	23.92	24.62	0.94
EJE	160	T=50 AÑOS	54.35	3573.05	3574.81	3574.81	3575.46	0.002286	3.58	15.19	11.88	1
EJE	160	T=100 AÑOS	59.34	3573.05	3574.91	3574.91	3575.58	0.002257	3.63	16.4	12.69	1
EJE	160	T=200 AÑOS	63.9	3573.05	3575	3575	3575.68	0.002222	3.65	17.58	13.48	1
EJE	160	T=500 AÑOS	69.44	3573.05	3575.1	3575.1	3575.79	0.002188	3.69	18.98	14.37	1
EJE	140	T=50 AÑOS	54.35	3571.72	3574.21		3574.43	0.000678	2.11	27.97	25.35	0.55
EJE	140	T=100 AÑOS	59.34	3571.72	3574.27		3574.52	0.000691	2.19	29.72	26	0.56
EJE	140	T=200 AÑOS	63.9	3571.72	3574.31		3574.58	0.00074	2.31	30.65	26.21	0.58
EJE	140	T=500 AÑOS	69.44	3571.72	3574.35		3574.65	0.000797	2.43	31.75	26.46	0.61
EJE	120	T=50 AÑOS	54.35	3570.15	3573.95	3573.95	3574.38	0.002891	3.17	23.96	29.93	1.07
EJE	120	T=100 AÑOS	59.34	3570.15	3574.03	3574.03	3574.47	0.002606	3.19	26.71	39.59	1.03
EJE	120	T=200 AÑOS	63.9	3570.15	3574.09	3574.09	3574.53	0.002434	3.21	29.1	39.69	1.01
EJE	120	T=500 AÑOS	69.44	3570.15	3574.15	3574.15	3574.61	0.002334	3.27	31.52	39.8	1
EJE	100	T=50 AÑOS	54.35	3568.96	3571.34	3571.34	3572.13	0.002895	3.95	13.75	8.67	1
EJE	100	T=100 AÑOS	59.34	3568.96	3571.48	3571.48	3572.27	0.002814	3.95	15.01	9.42	1
EJE	100	T=200 AÑOS	63.9	3568.96	3571.58	3571.58	3572.39	0.002815	4	15.97	9.95	1.01
EJE	100	T=500 AÑOS	69.44	3568.96	3571.68	3571.68	3572.53	0.002739	4.07	17.07	10.53	1
EJE	80	T=50 AÑOS	54.35	3565.71	3568.07	3568.07	3568.74	0.002387	3.64	14.95	11.15	1
EJE	80	T=100 AÑOS	59.34	3565.71	3568.18	3568.18	3568.86	0.002348	3.65	16.25	11.91	1
EJE	80	T=200 AÑOS	63.9	3565.71	3568.28	3568.28	3568.96	0.002348	3.66	17.48	13.06	1
EJE	80	T=500 AÑOS	69.44	3565.71	3568.38	3568.38	3569.07	0.002299	3.69	18.85	14.29	1

EJE	60	T=50 AÑOS	54.35	3564.38	3566.39	3566.39	3566.95	0.002282	3.32	16.66	16.37	1.01
EJE	60	T=100 AÑOS	59.34	3564.38	3566.46	3566.46	3567.05	0.002222	3.41	17.81	16.94	1
EJE	60	T=200 AÑOS	63.9	3564.38	3566.52	3566.52	3567.14	0.002157	3.48	18.91	17.46	1
EJE	60	T=500 AÑOS	69.44	3564.38	3566.6	3566.6	3567.24	0.002062	3.55	20.34	18.12	0.98
EJE	40	T=50 AÑOS	54.35	3562.83	3563.27	3563.27	3563.91	0.015472	3.2	15.37	12.21	1.94
EJE	40	T=100 AÑOS	59.34	3562.83	3563.36	3563.36	3564.02	0.015056	3.49	16.43	12.43	1.95
EJE	40	T=200 AÑOS	63.9	3562.83	3563.43	3563.43	3564.12	0.014797	3.72	17.34	12.61	1.96
EJE	40	T=500 AÑOS	69.44	3562.83	3563.51	3563.51	3564.24	0.014577	3.97	18.4	12.82	1.98
EJE	20	T=50 AÑOS	54.35	3557.56	3559.15	3559.15	3559.75	0.00233	3.57	17.86	15.46	1.03
EJE	20	T=100 AÑOS	59.34	3557.56	3559.22	3559.22	3559.86	0.002314	3.67	18.98	15.65	1.03
EJE	20	T=200 AÑOS	63.9	3557.56	3559.29	3559.29	3559.96	0.002267	3.75	20.09	15.84	1.03
EJE	20	T=500 AÑOS	69.44	3557.56	3559.37	3559.37	3560.07	0.002231	3.84	21.36	16.05	1.03

Fuente: Extensión HEC-RAS.

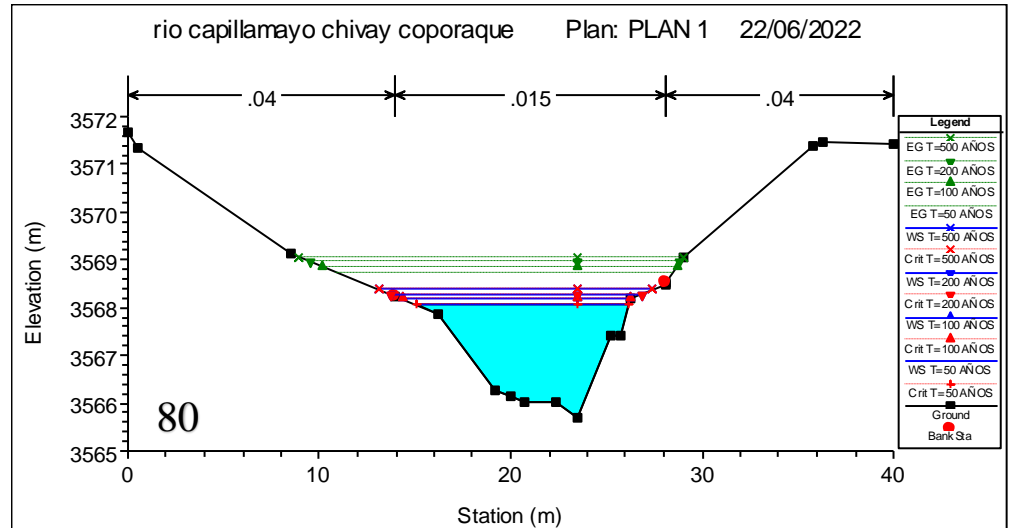
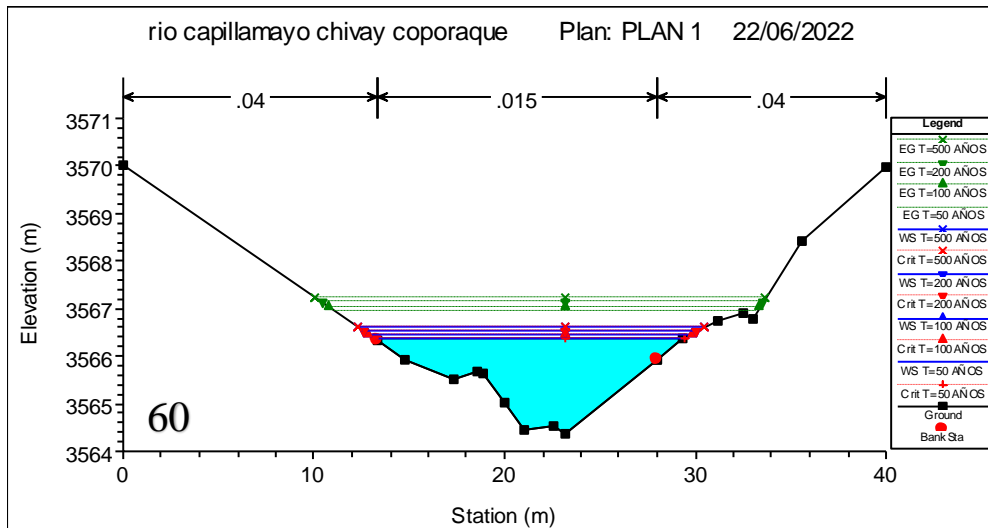
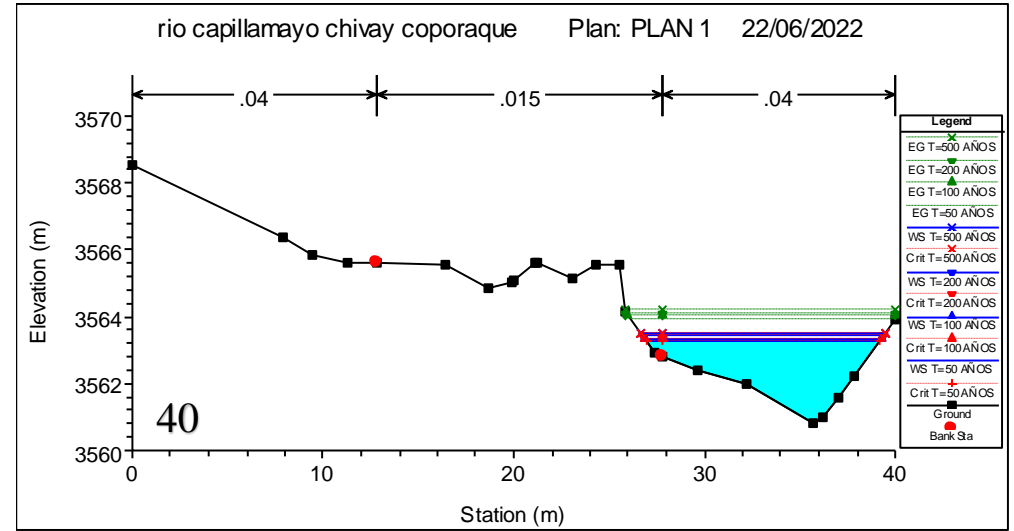
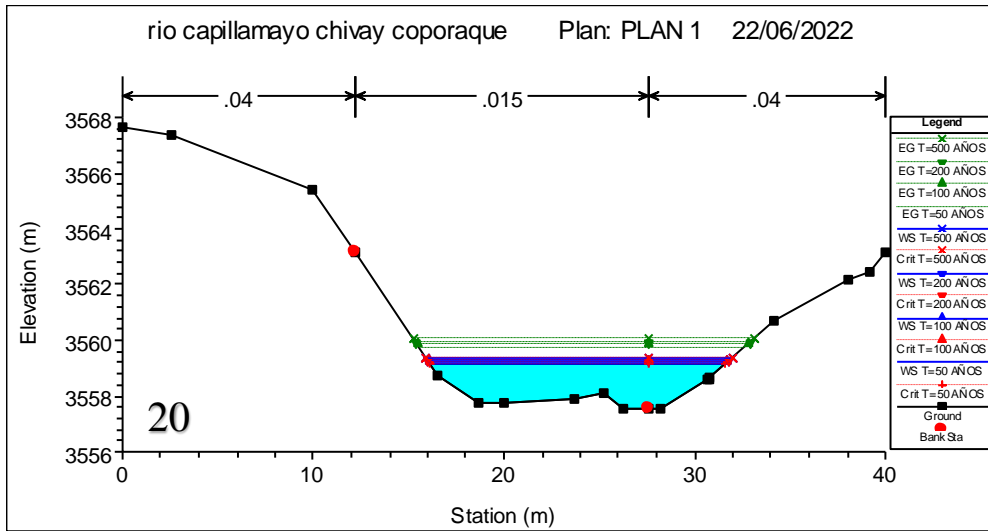
*Sentido y Muestreo de eje del Río Capillamayo.*

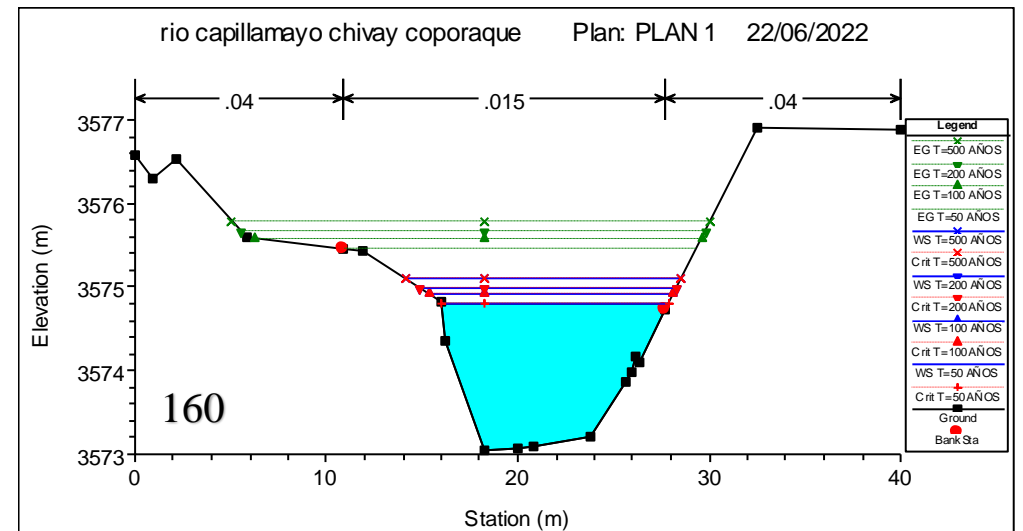
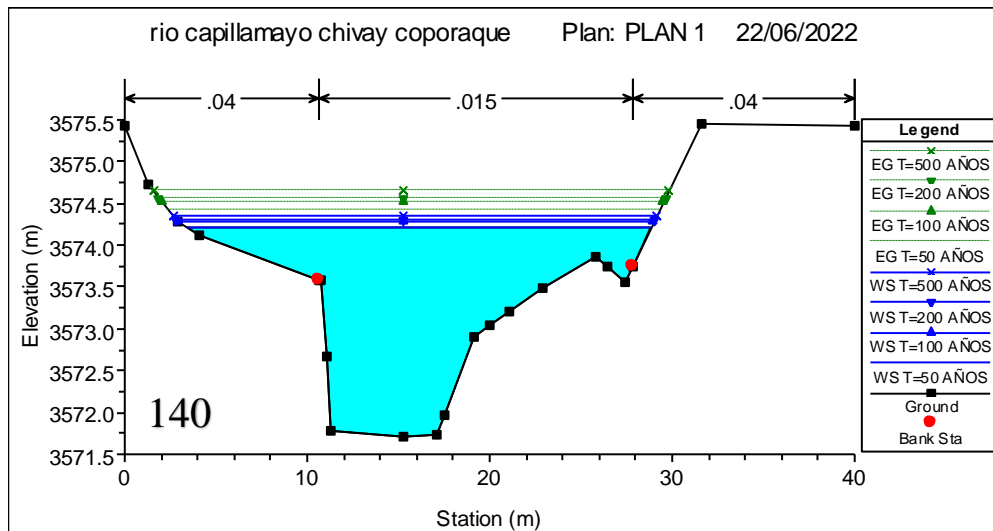
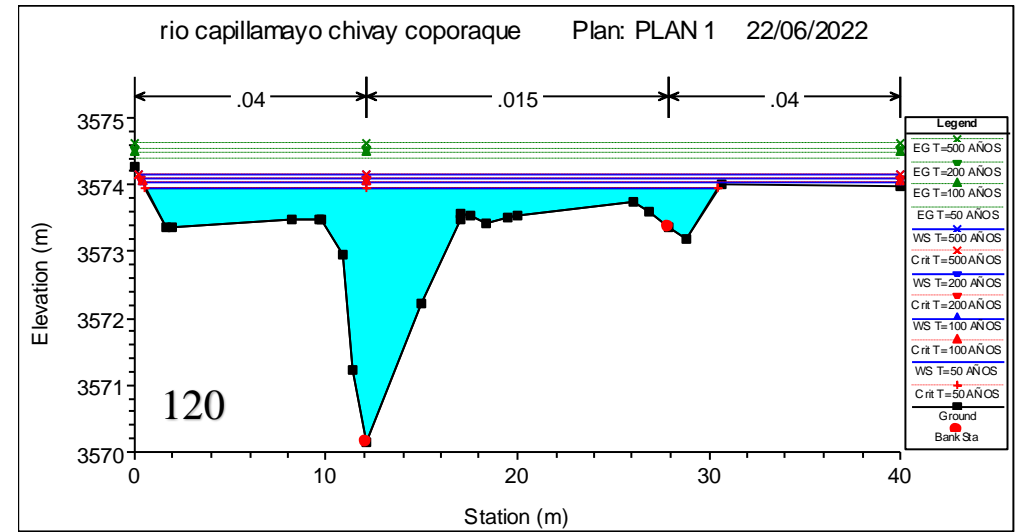
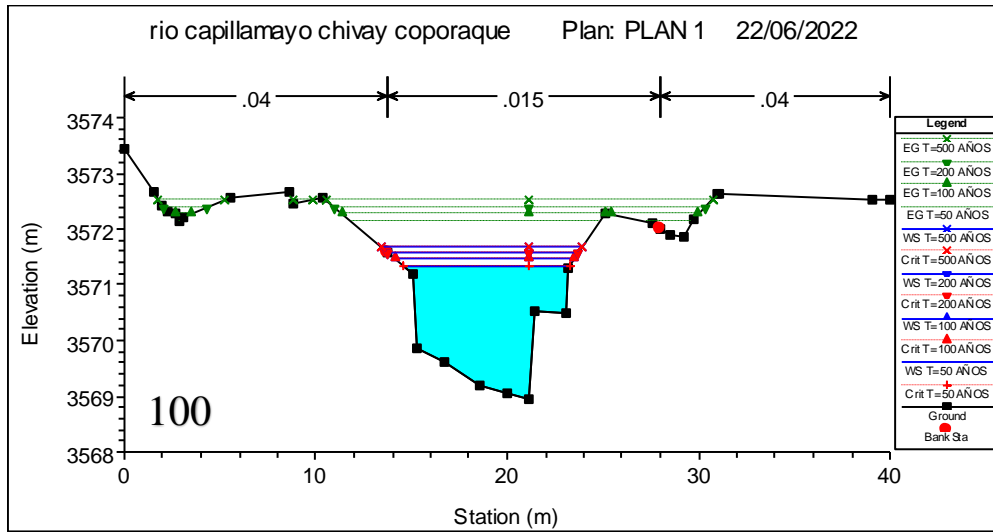


Fuente: Extensión HEC-RAS.

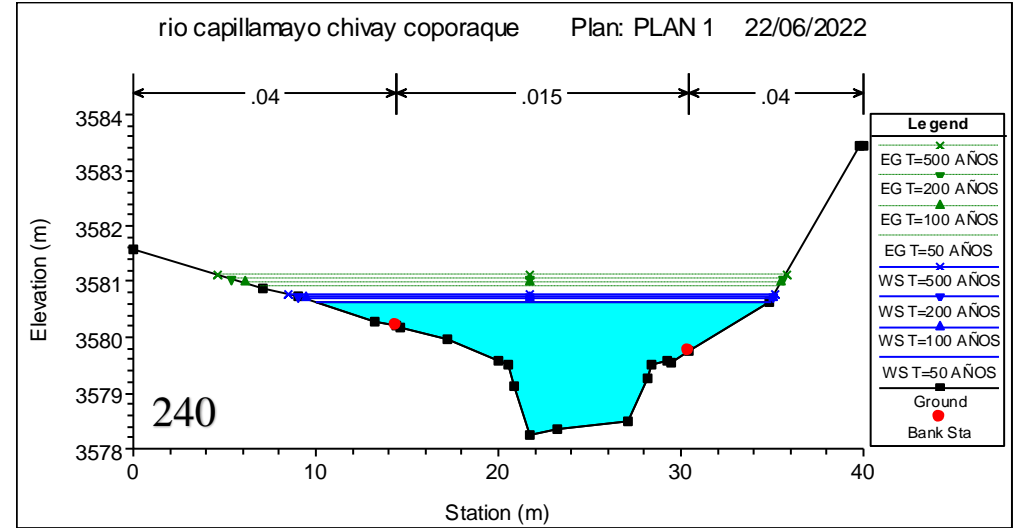
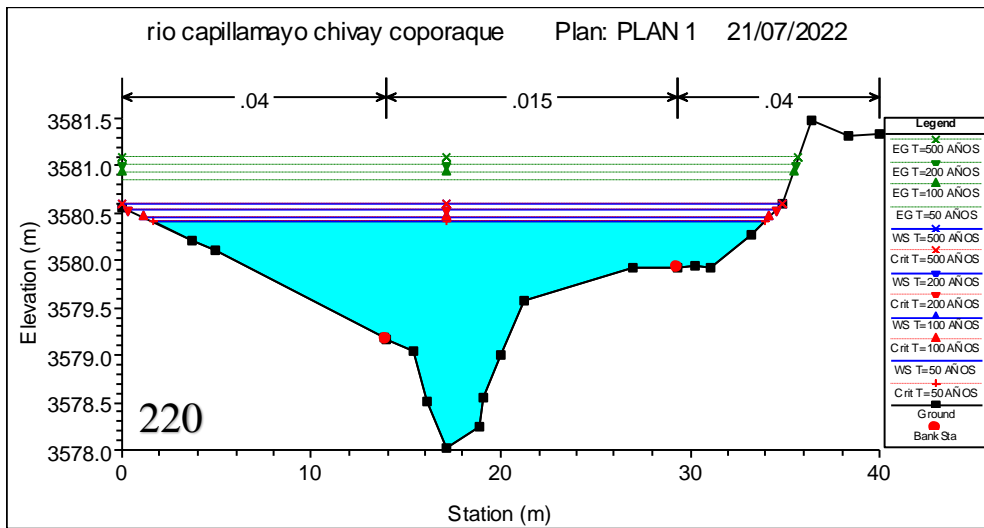
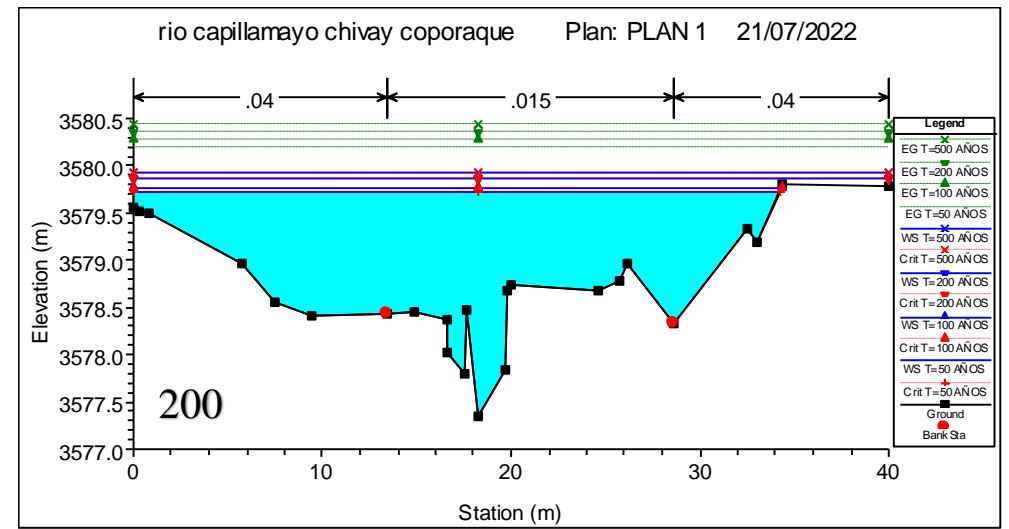
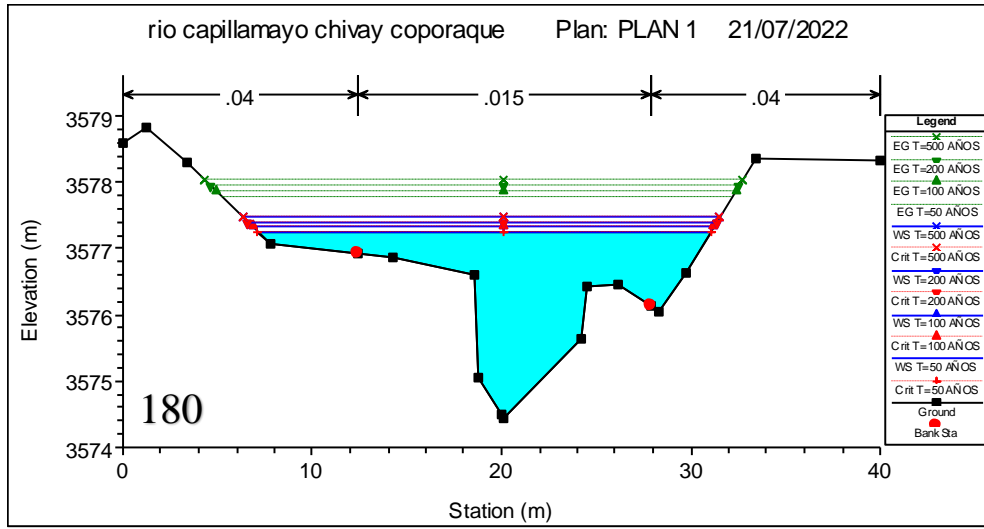
## ANEXO E

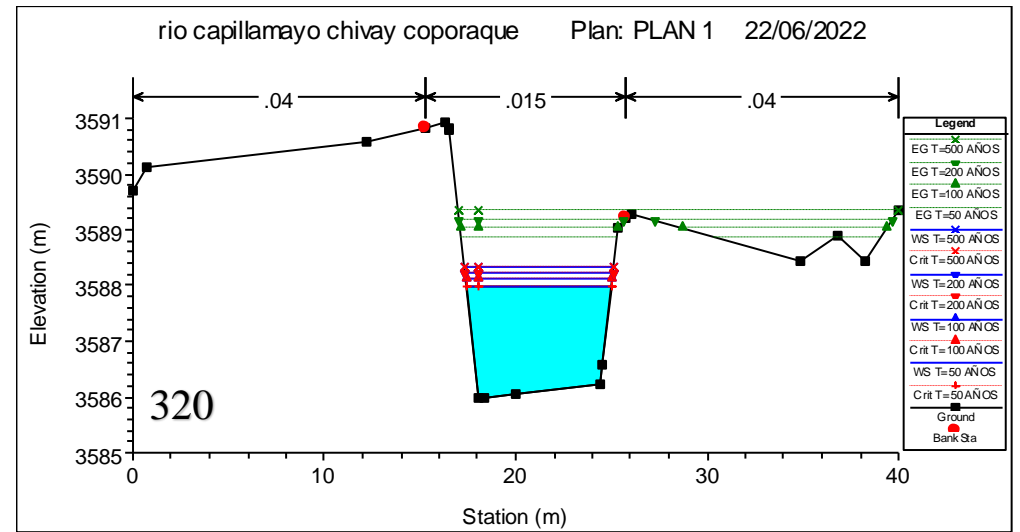
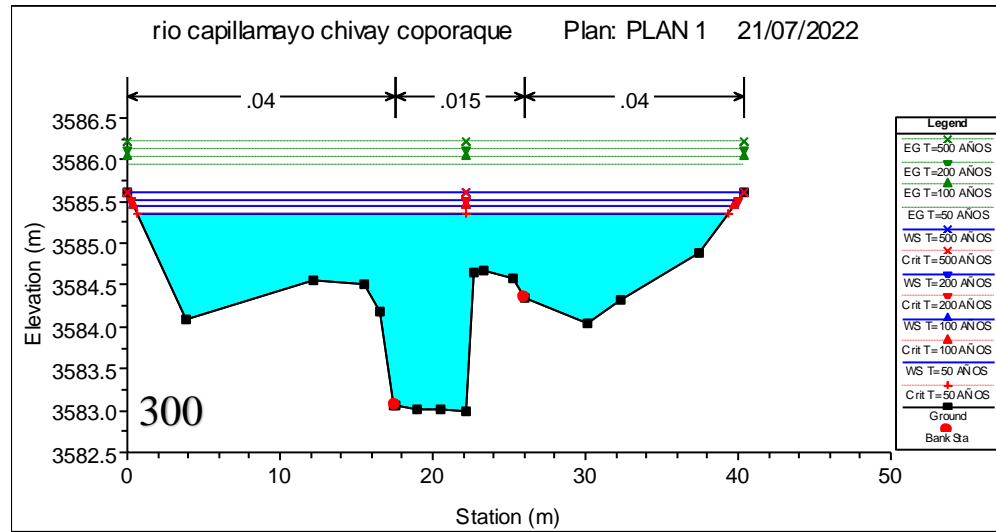
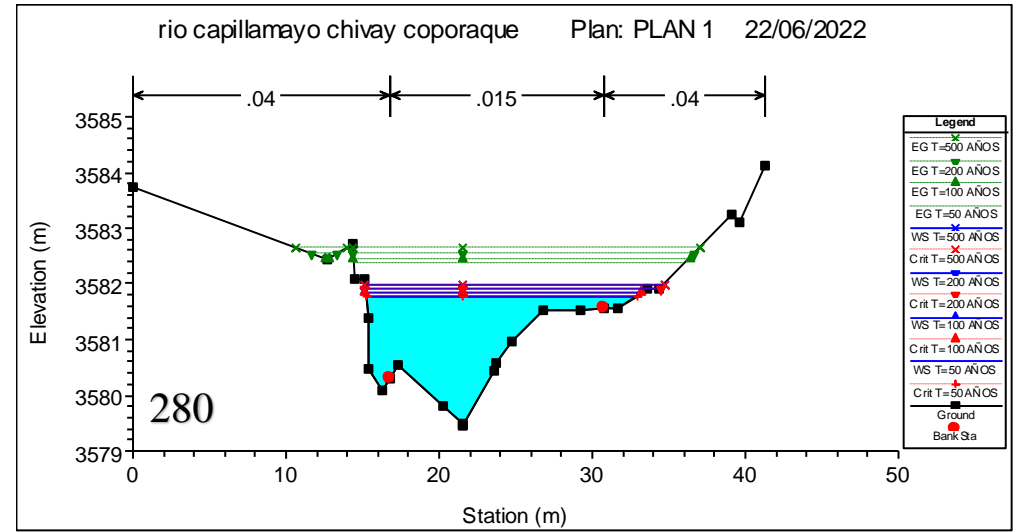
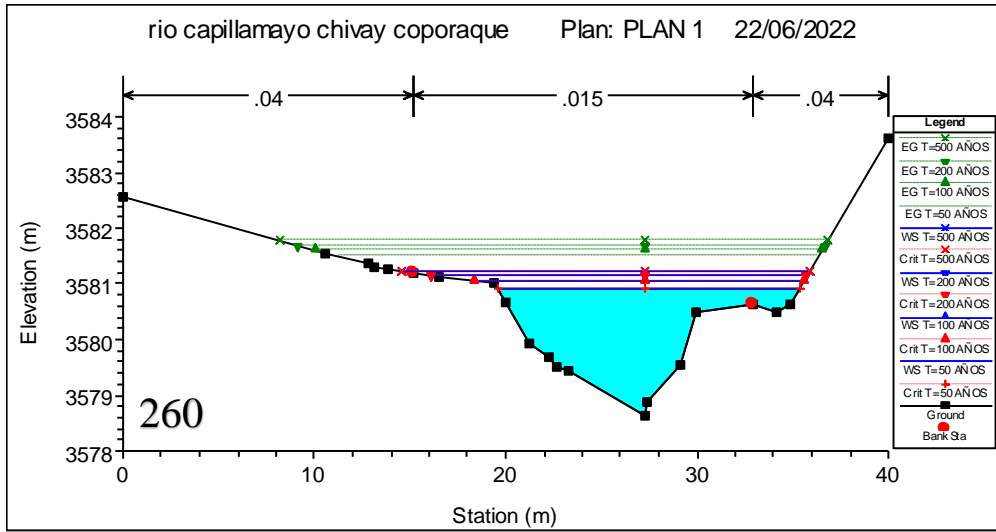
*Ventanas para visualizar todas las secciones de los tramos en estudio a cada 20m.*

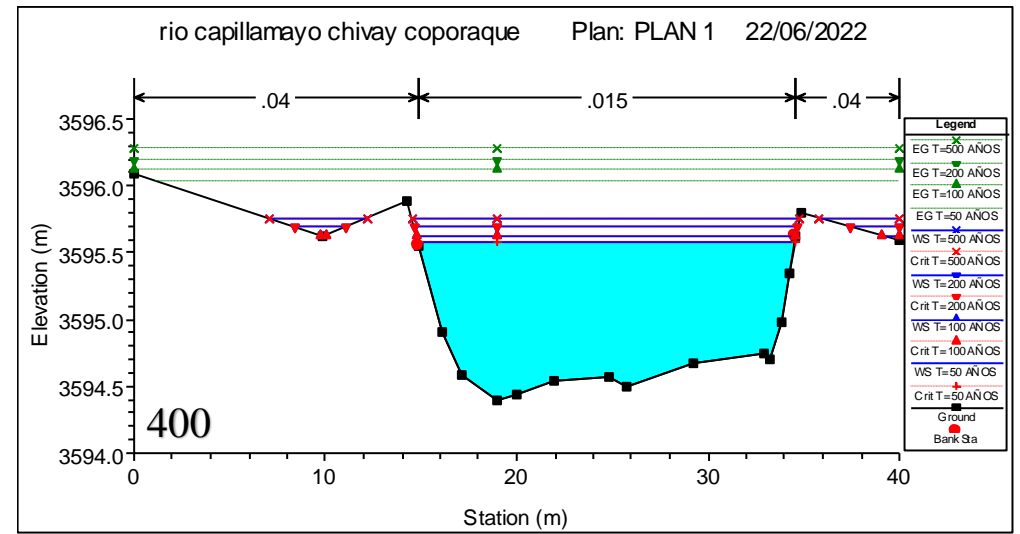
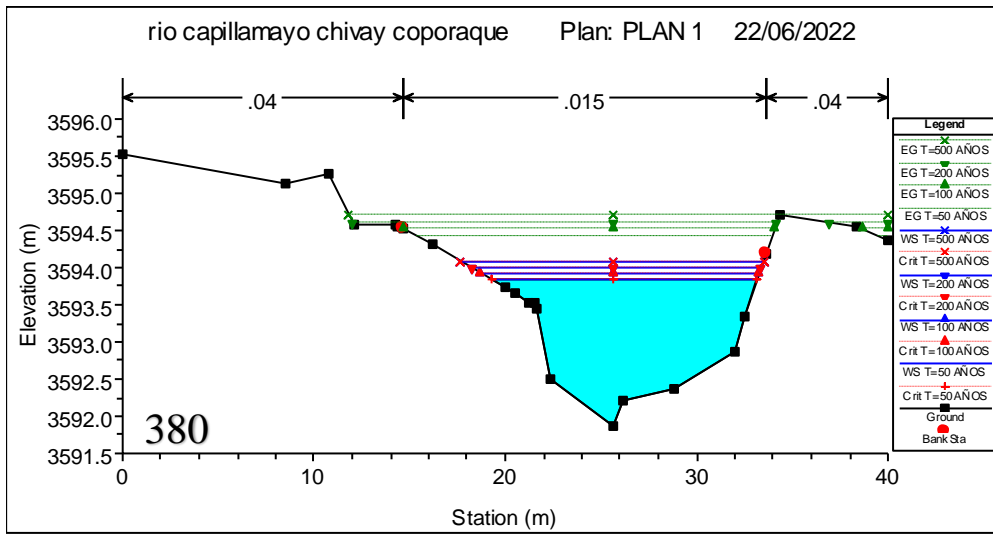
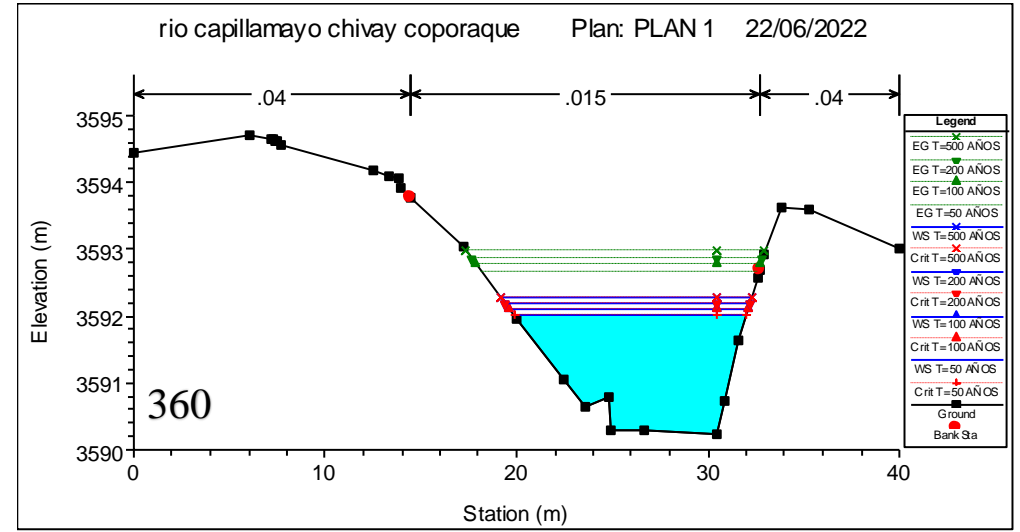
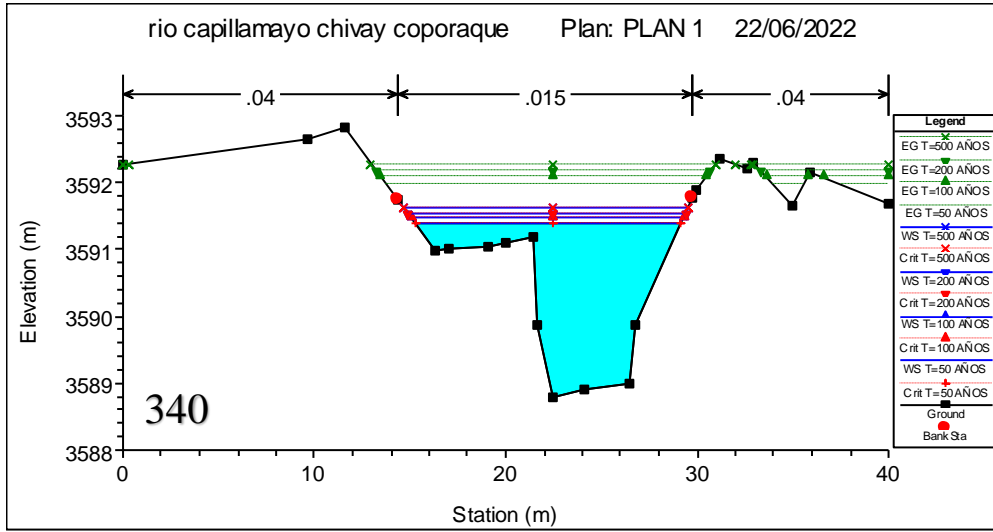


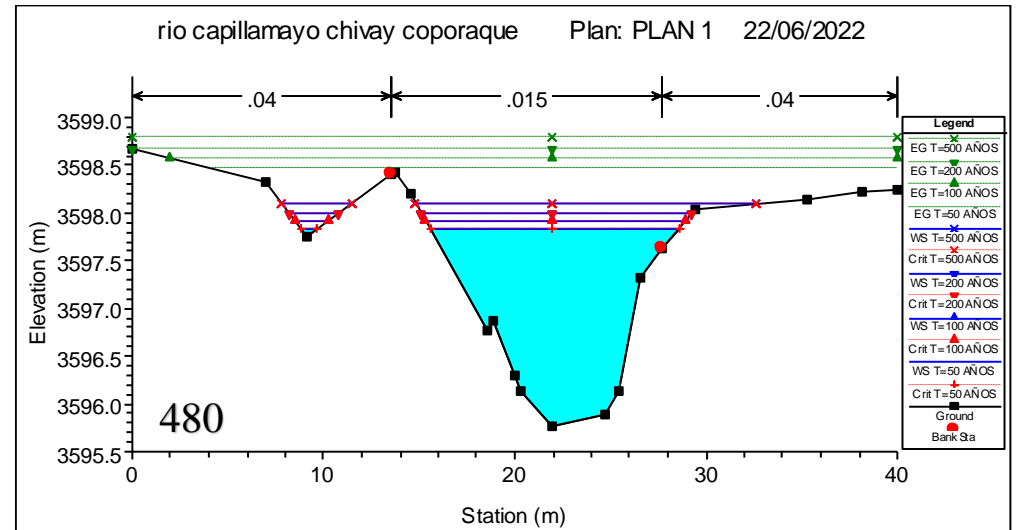
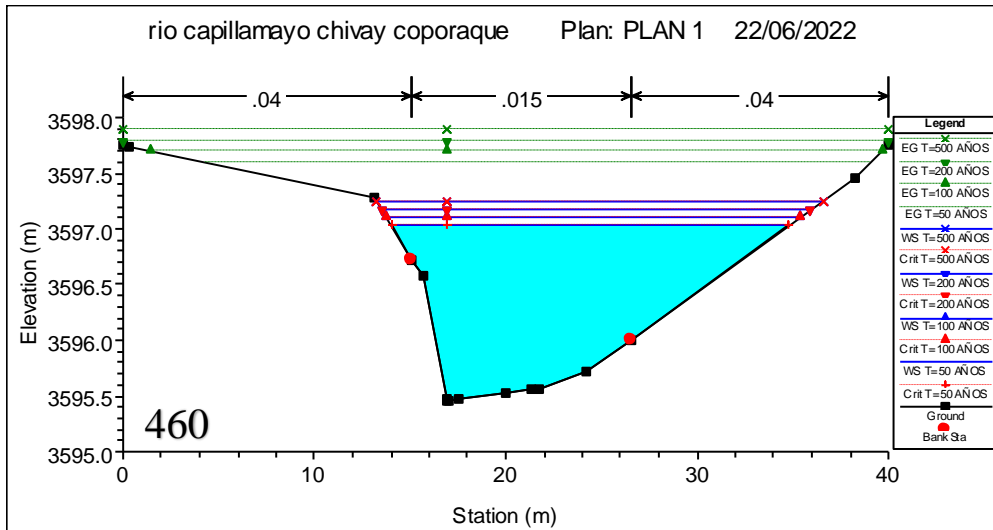
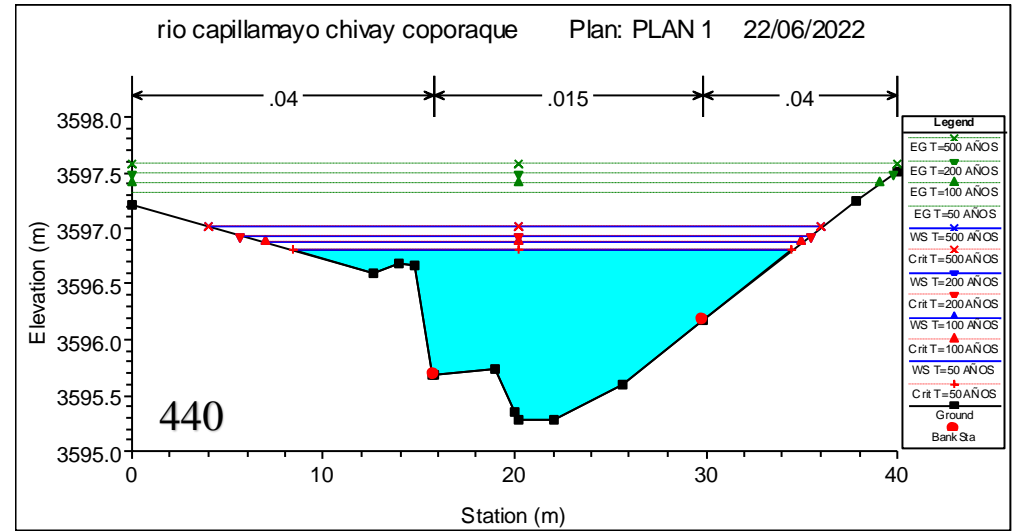
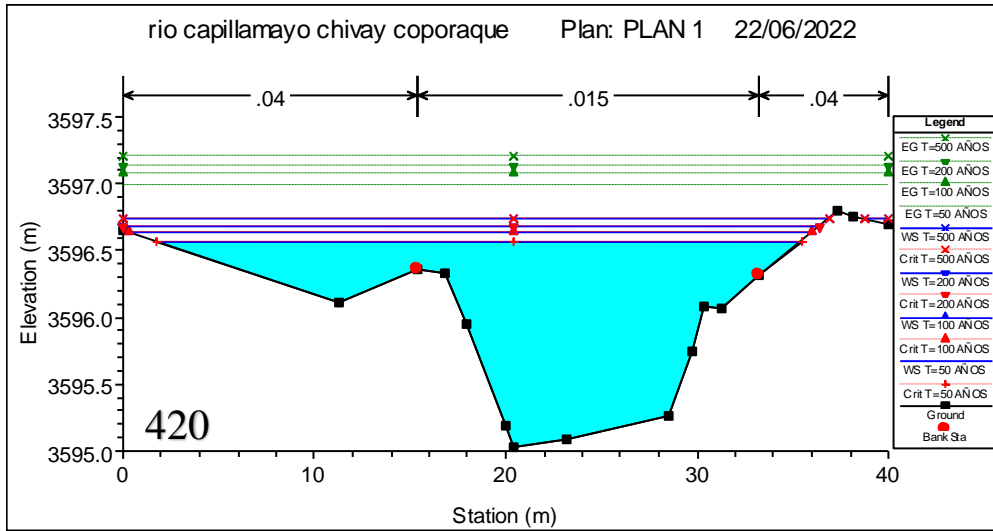


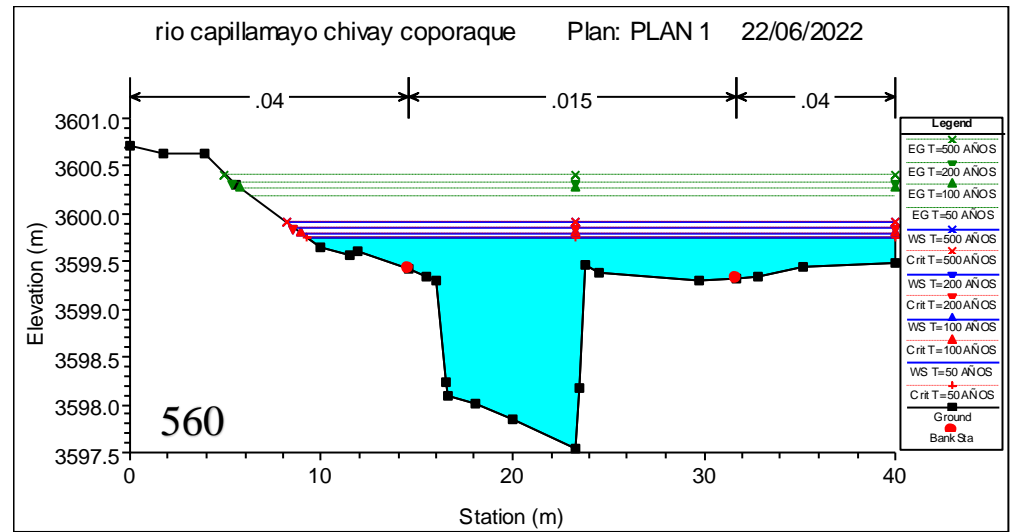
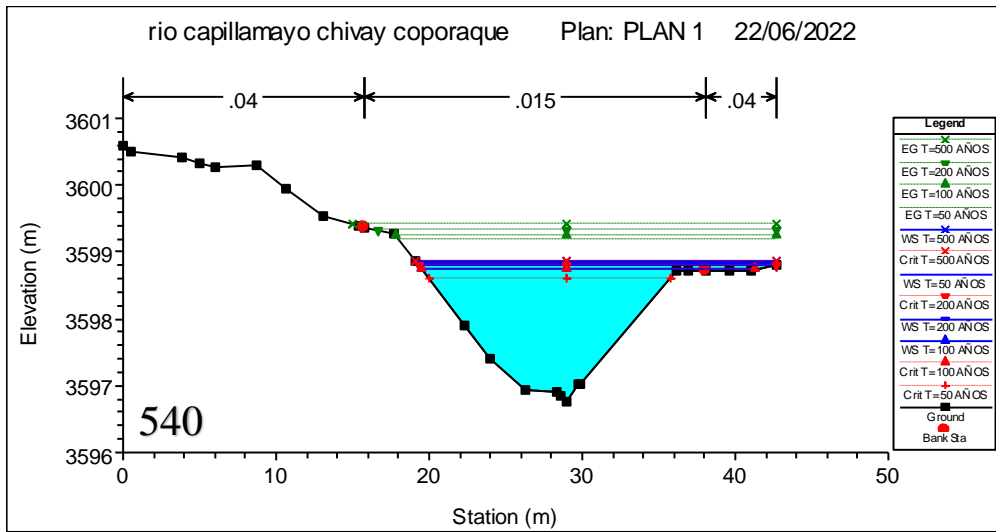
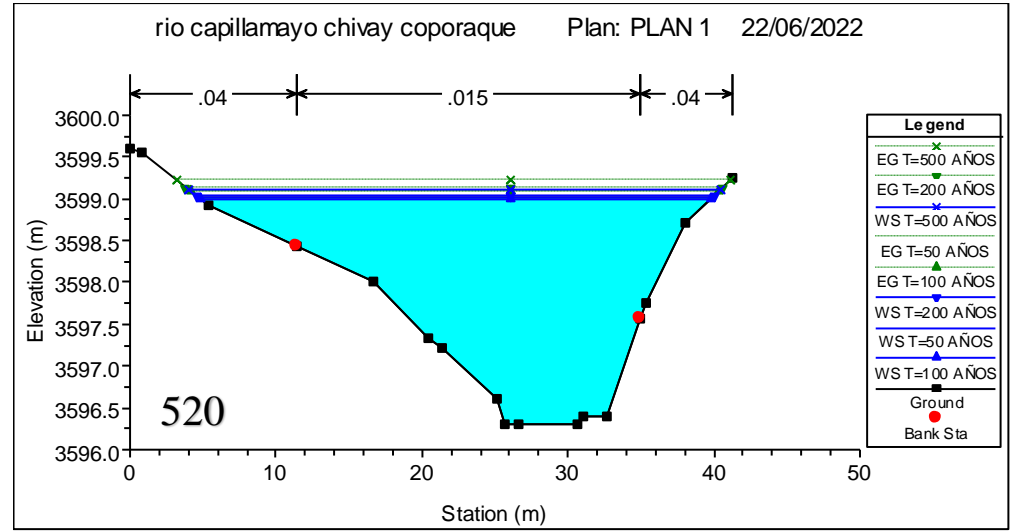
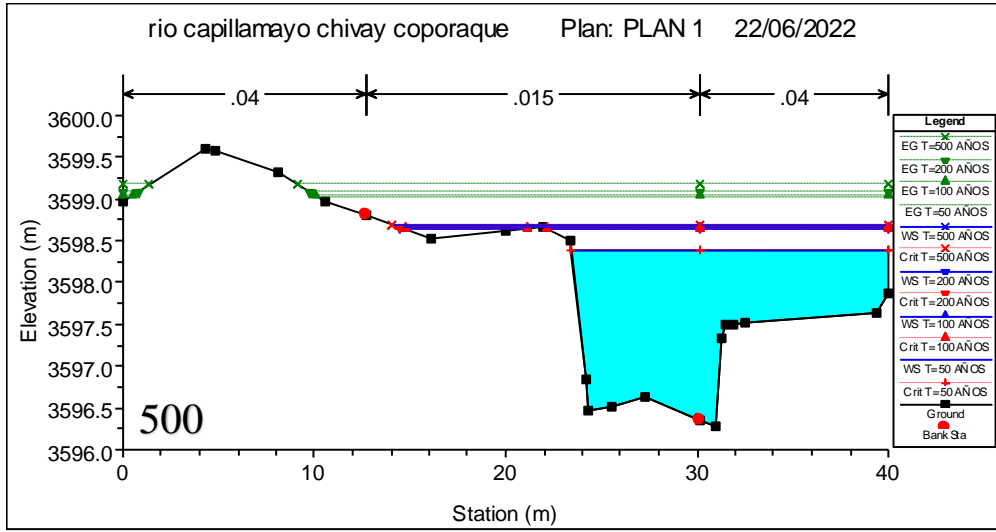


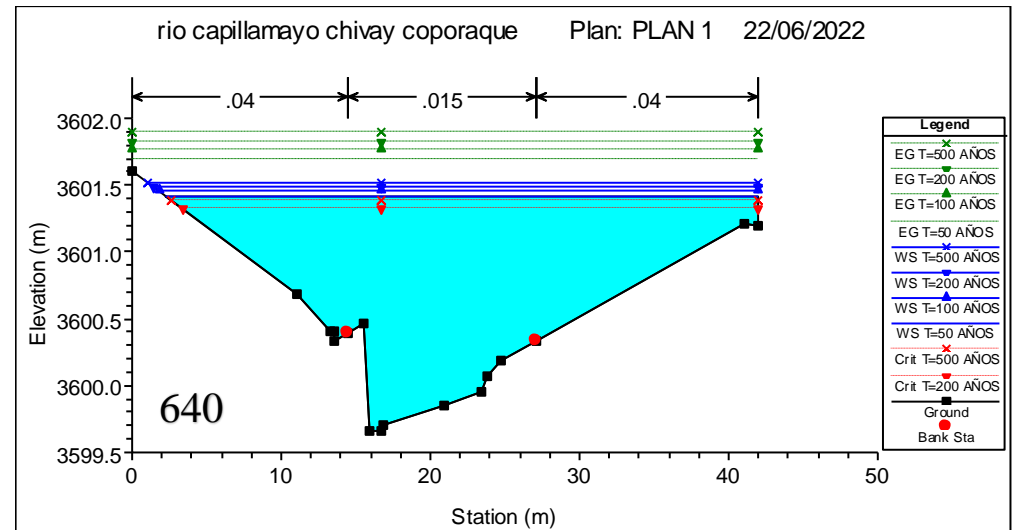
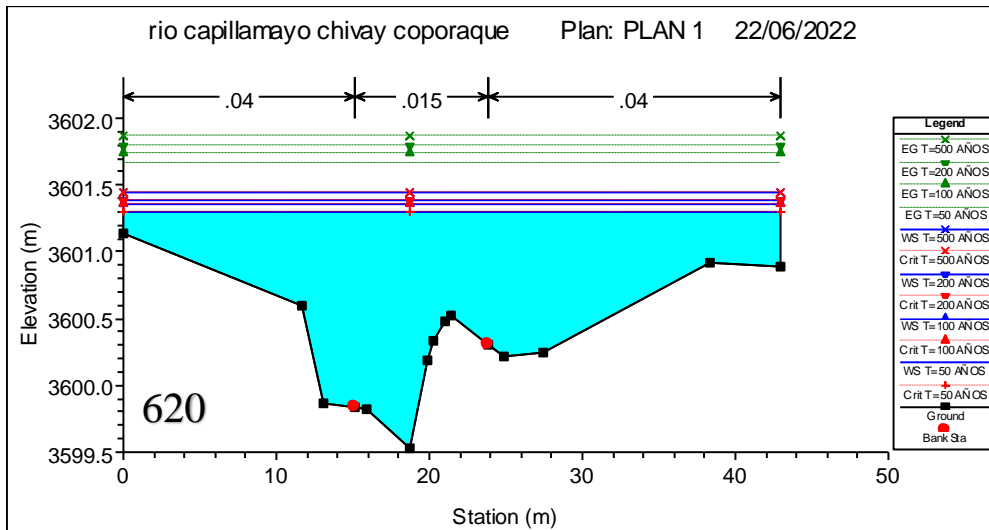
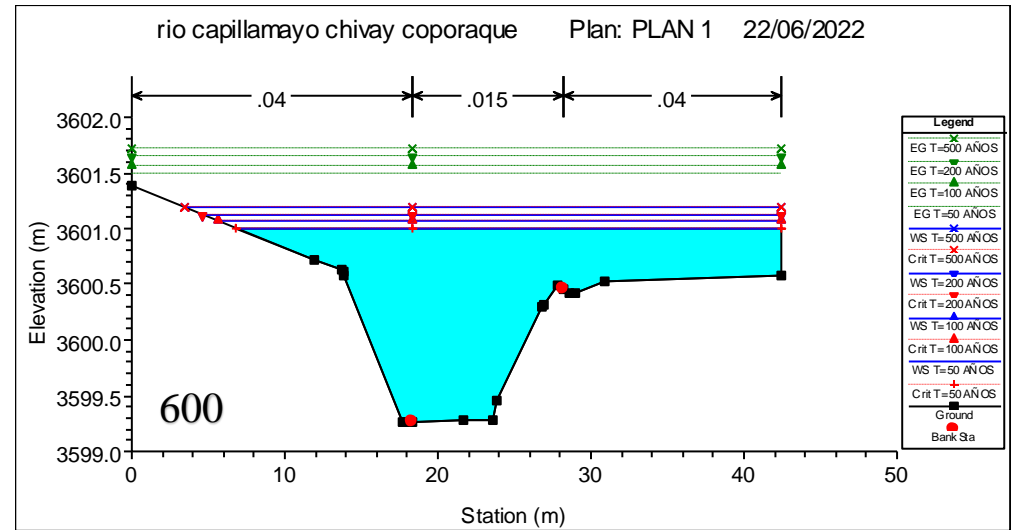
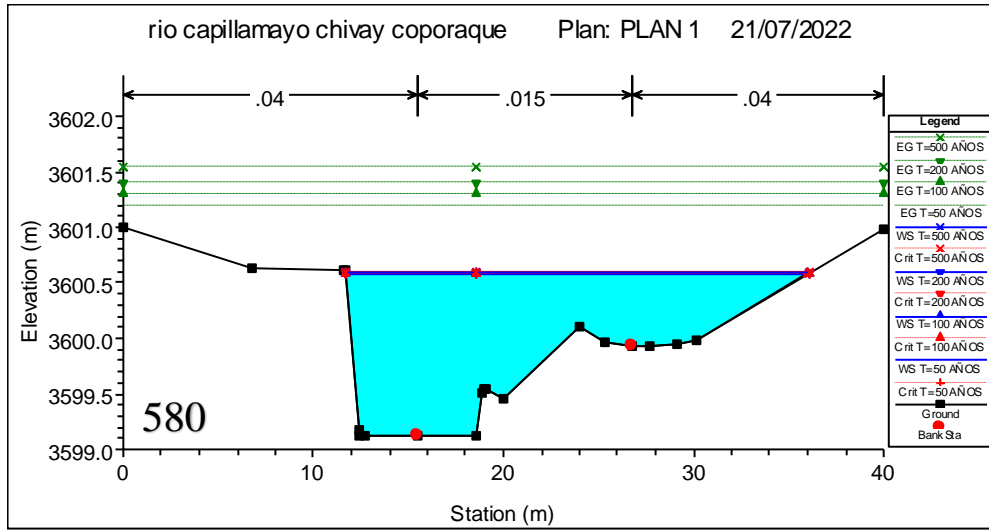


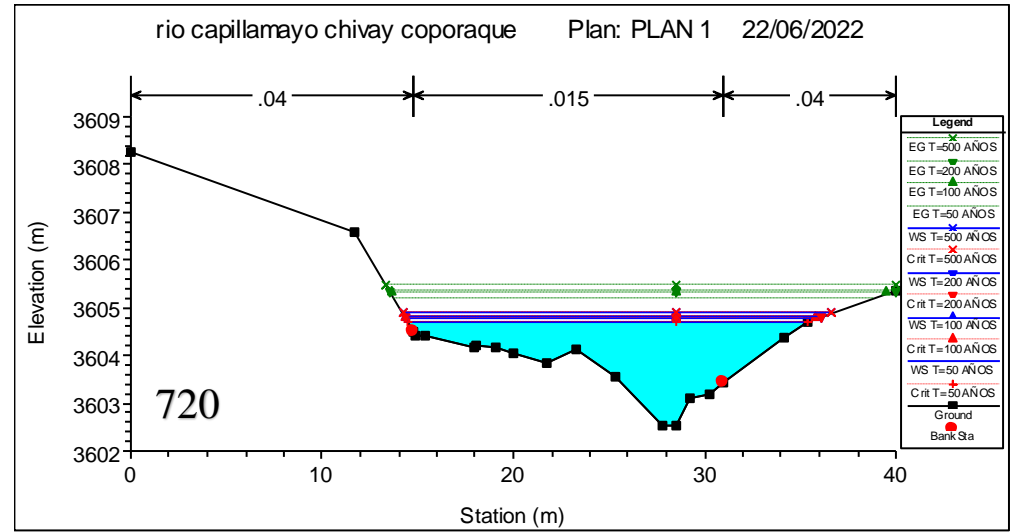
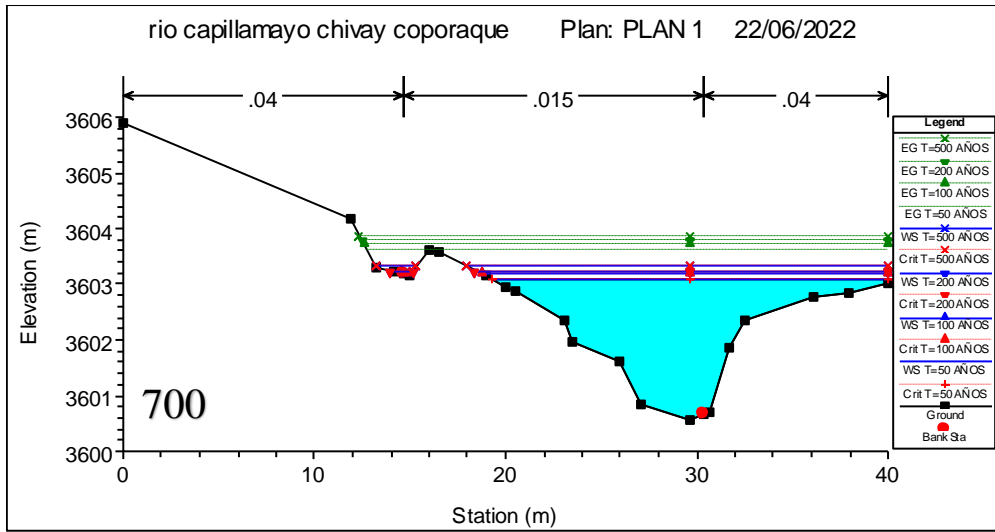
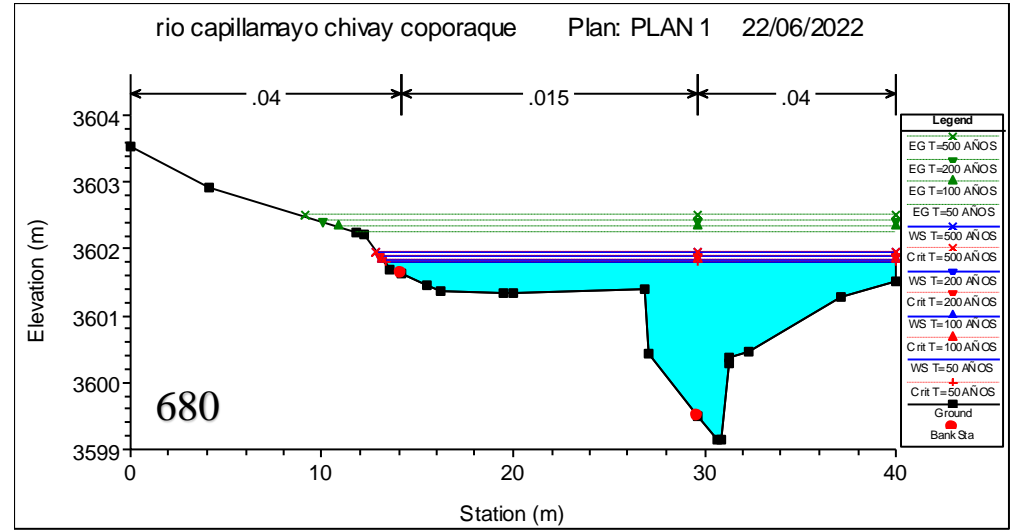
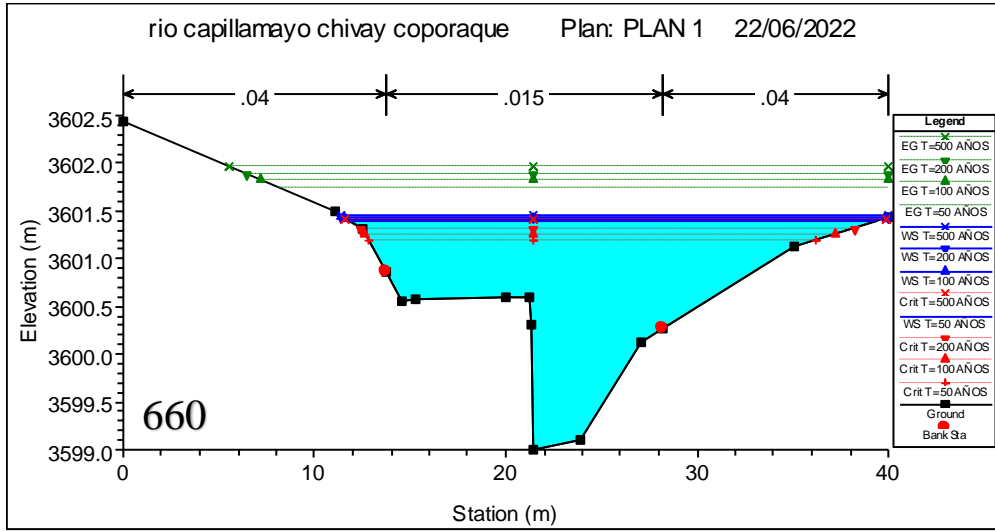


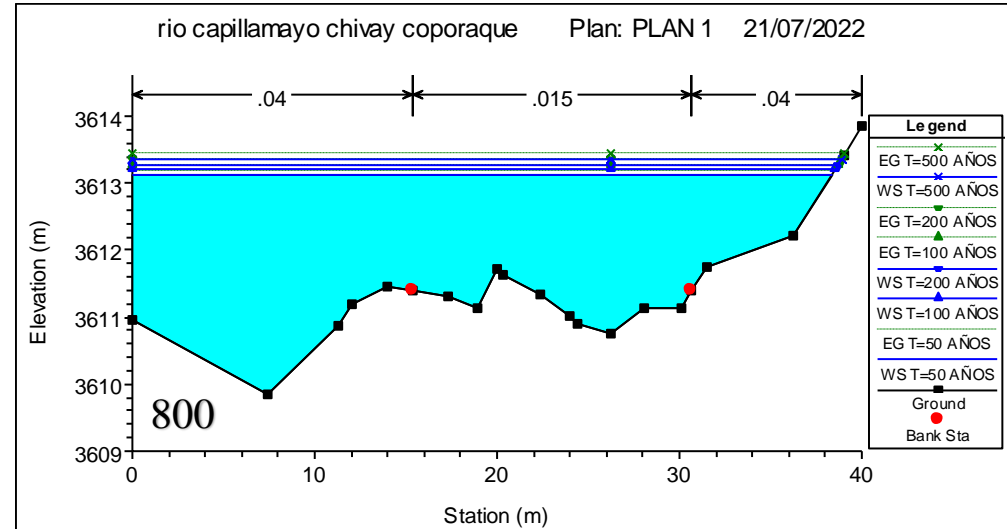
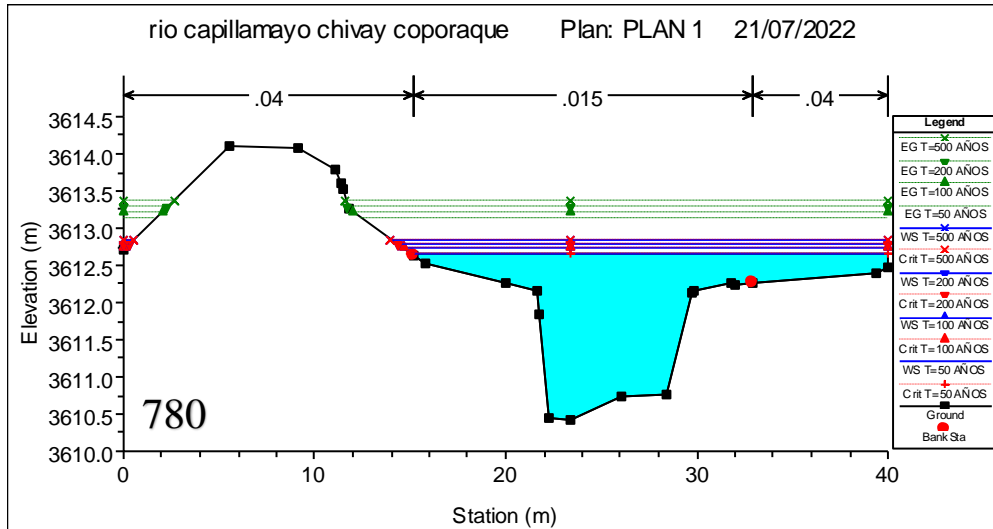
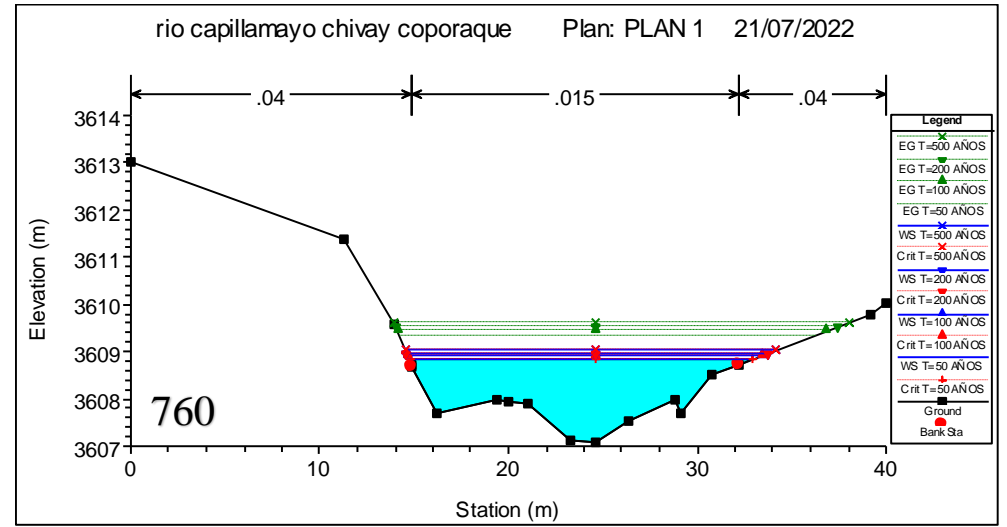
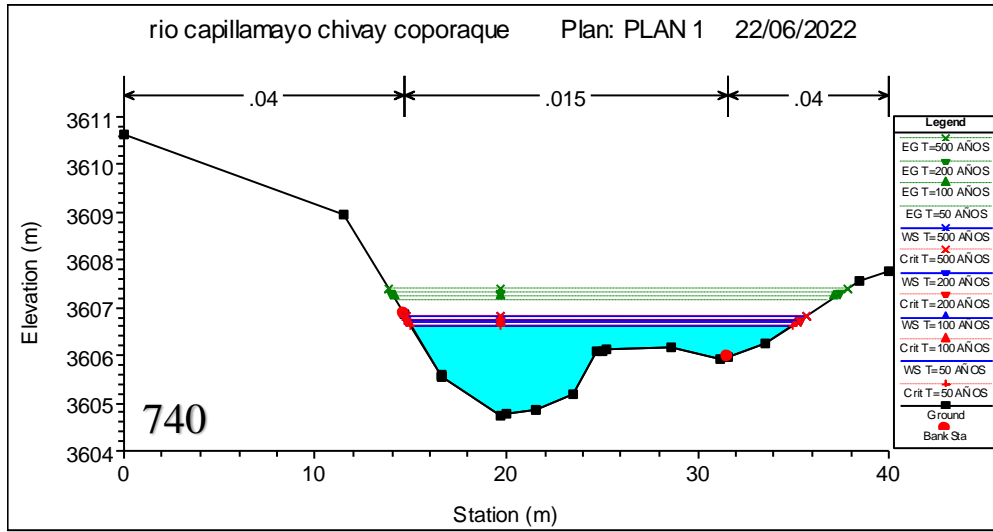




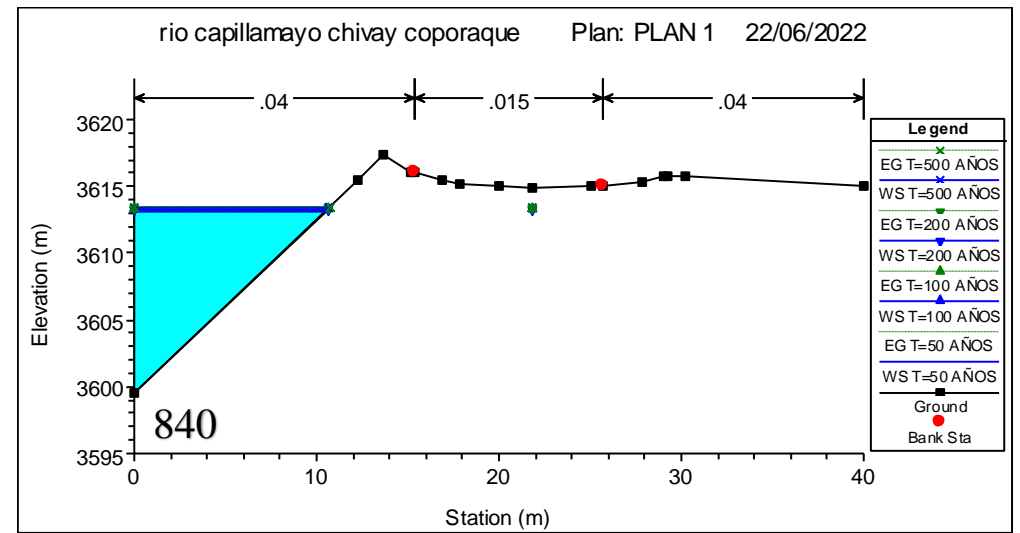
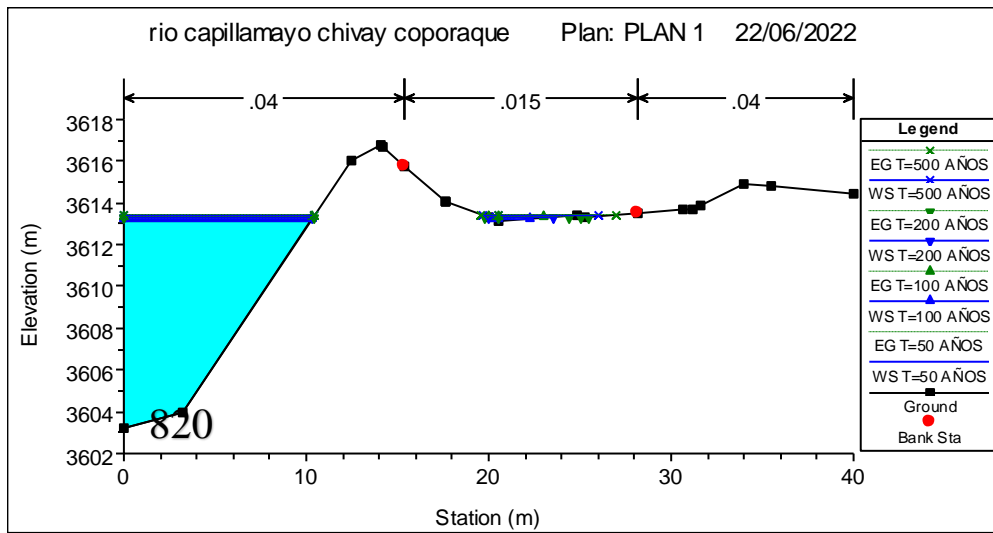








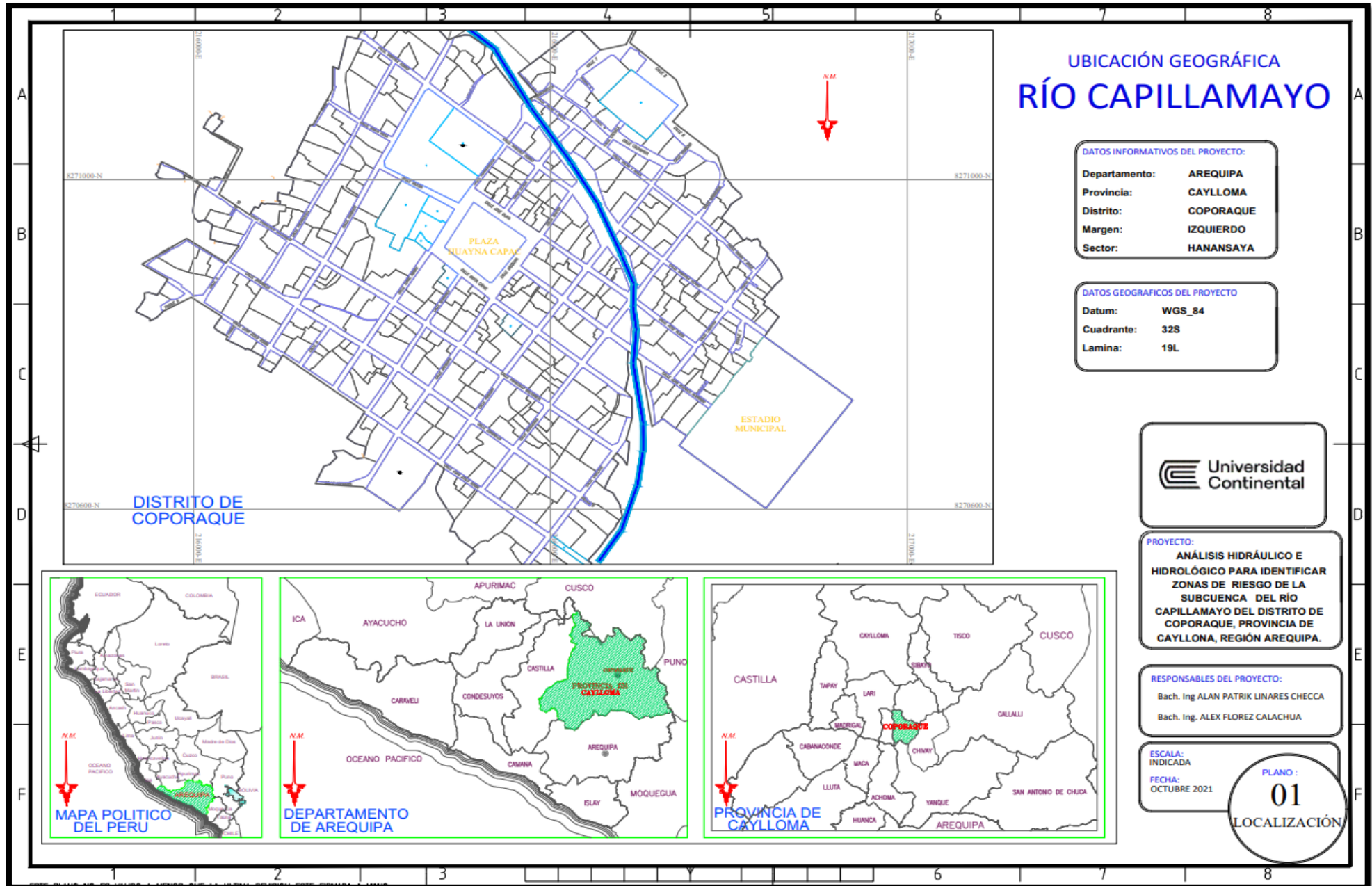


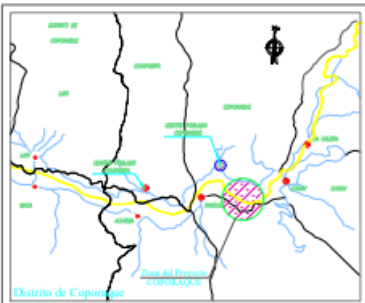
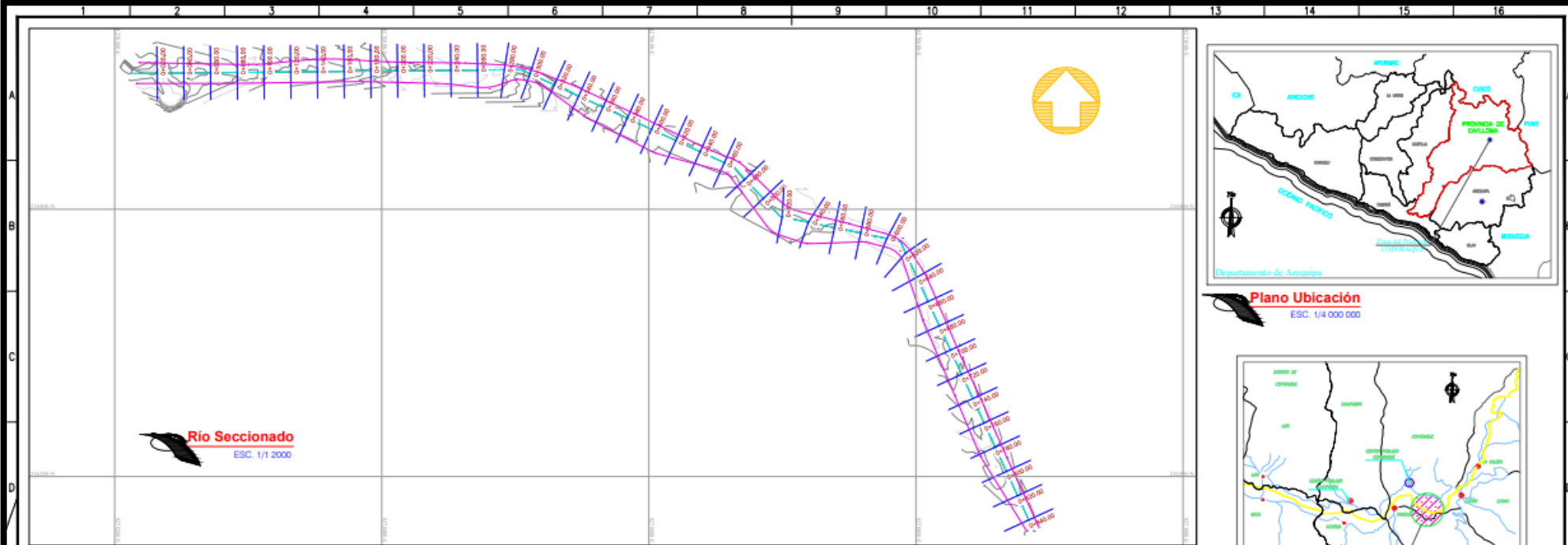


Fuente: Extensión HEC-RAS.

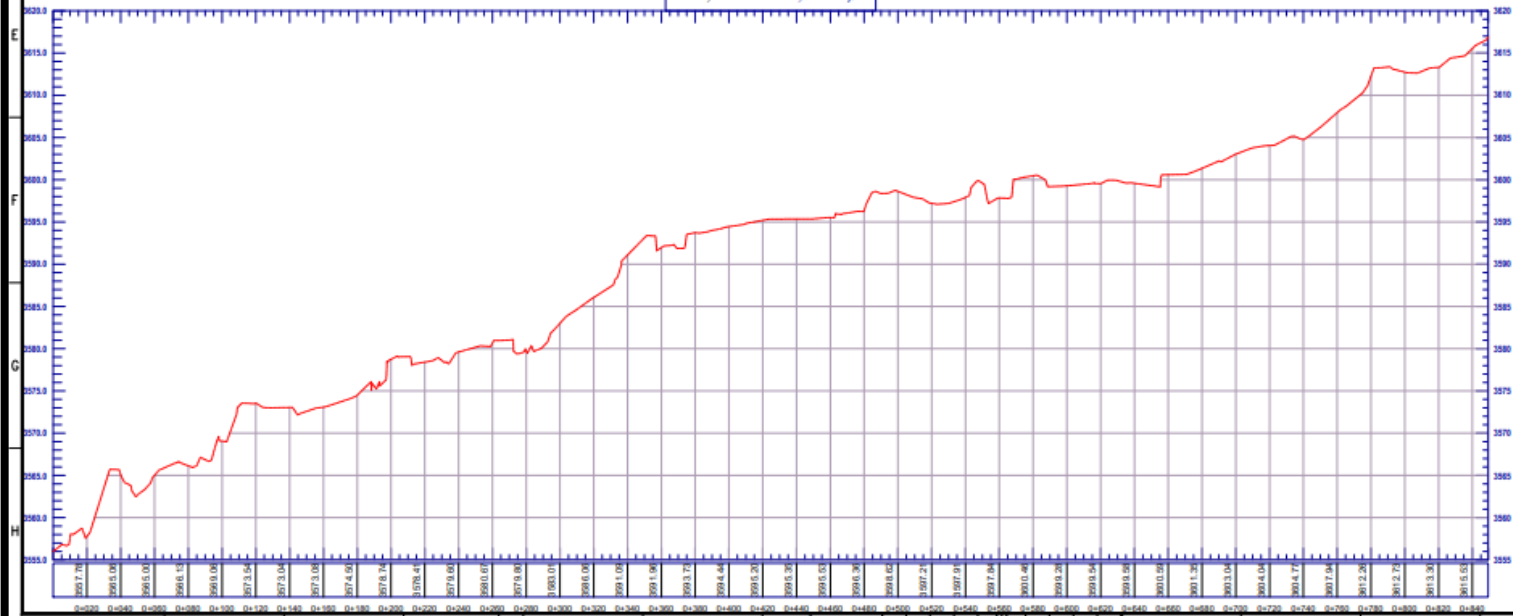
# ANEXO F

Planos Geo referenciados del Río Capillamayo del distrito de Coporaque.





**PERFIL LONGITUDINAL  
RIO CAPILLAMAYO**  
Esc. H = 1/200 - Esc. V = 1/200 - Long. 50

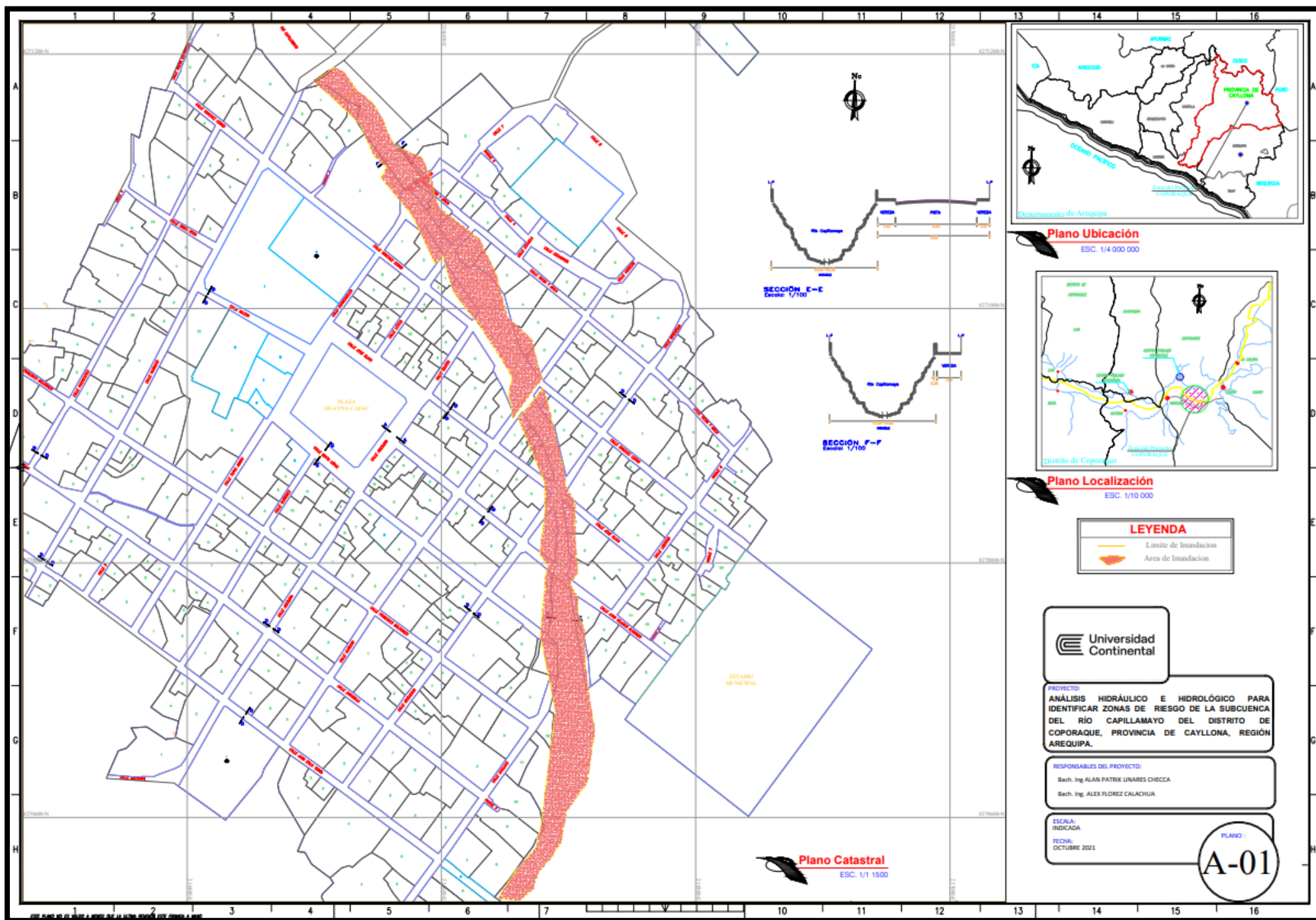


**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RIO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing. ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

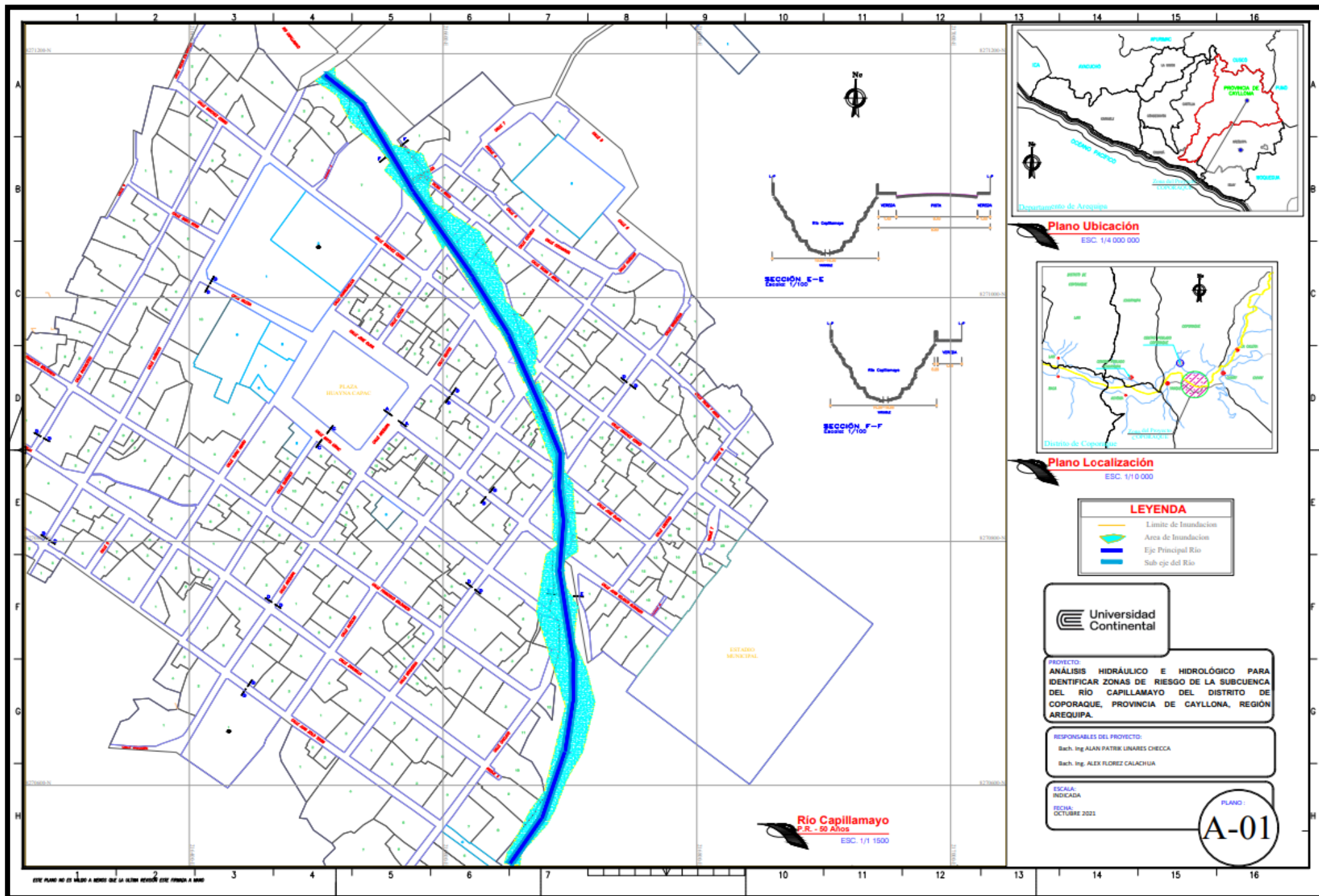
**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**

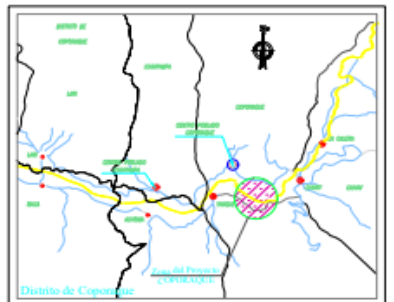


# ANEXO G

Planos Geo referenciados del Río Capillamayó con Periodos de Retorno.



**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/1 0 000

**LEYENDA**

	Límite de Inundación
	Área de Inundación
	Eje Principal Río
	Sub eje del Río



**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

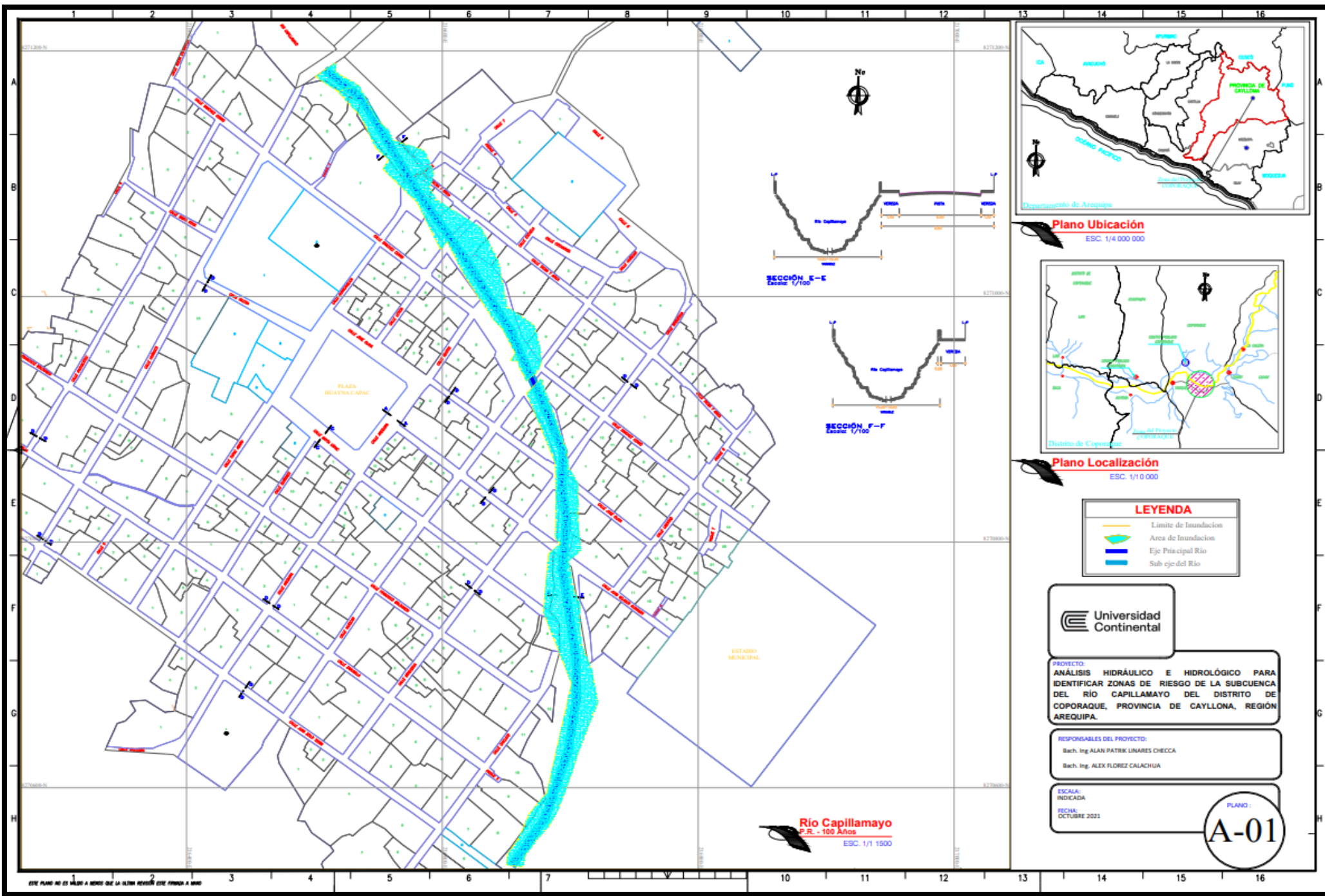
**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**

**Río Capillamayó**  
P.R. - 50 Años  
ESC. 1/1 1500

ESTE PLANO NO ES MÁS QUE LA ÚLTIMA VISTA DE UNO DE LOS PLANOS QUE FORMAN PARTE DEL PROYECTO.



**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/10 000

**LEYENDA**

	Límite de Inundación
	Área de Inundación
	Eje Principal Río
	Sub eje del Río



**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

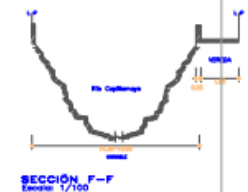
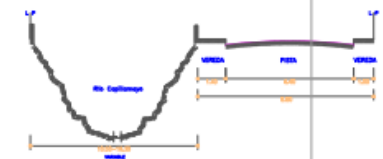
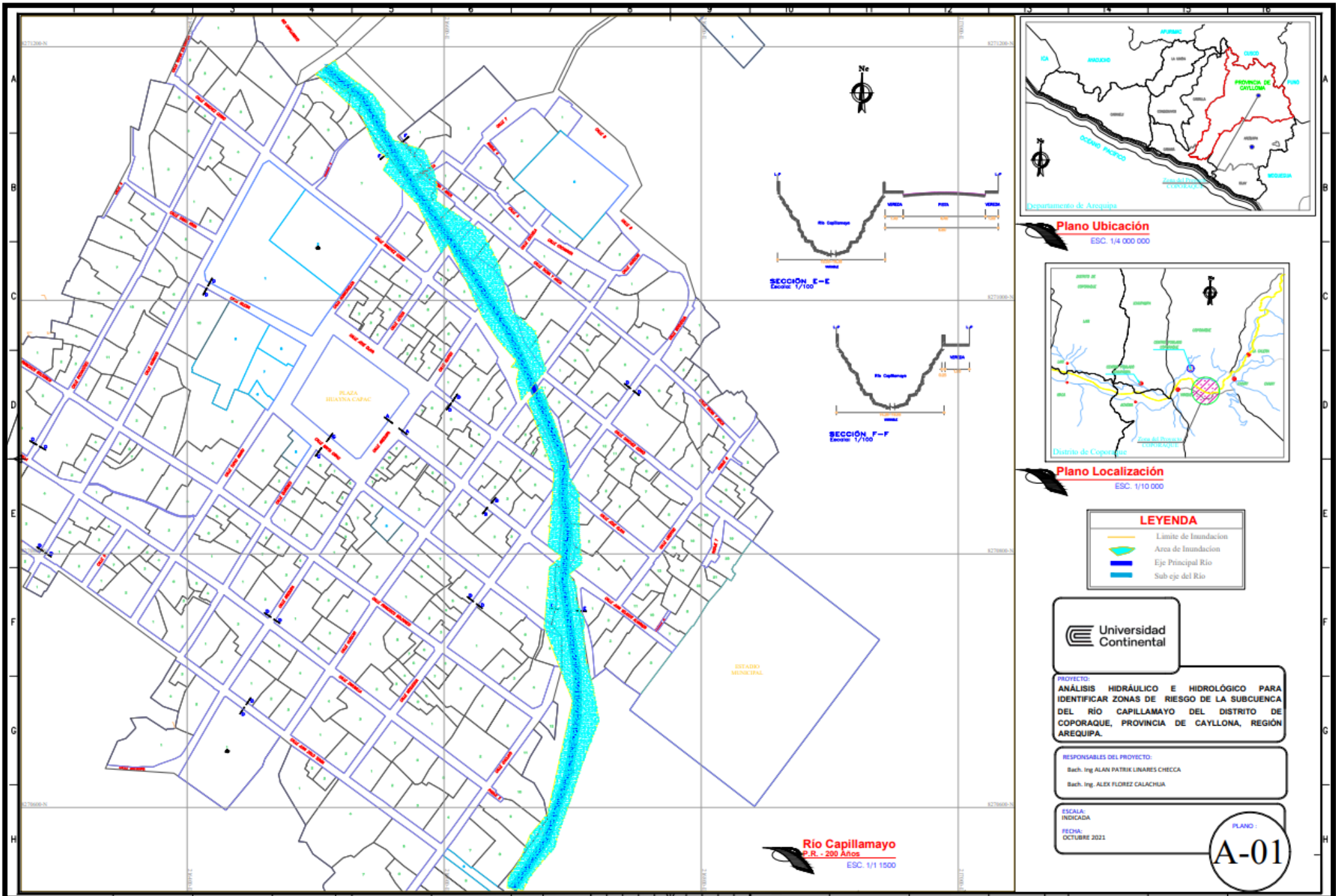
**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing. ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**

**Río Capillamayo**  
P.R. - 100 Años  
ESC. 1/1 1500

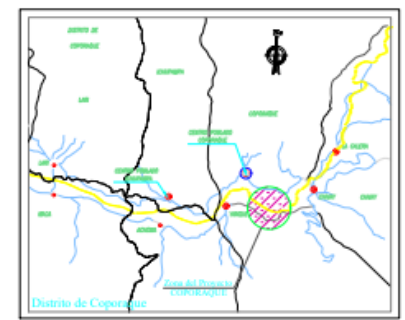
ESTE PLANO NO ES VÁLIDO A MENOS QUE LA ÚLTIMA REVISIÓN ESTE FIRMANA A MANO



**Río Capillamayó**  
P.R. - 200 Años  
ESC. 1/1 1500



**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/10 000

**LEYENDA**

	Límite de Inundación
	Área de Inundación
	Eje Principal Río
	Sub eje del Río

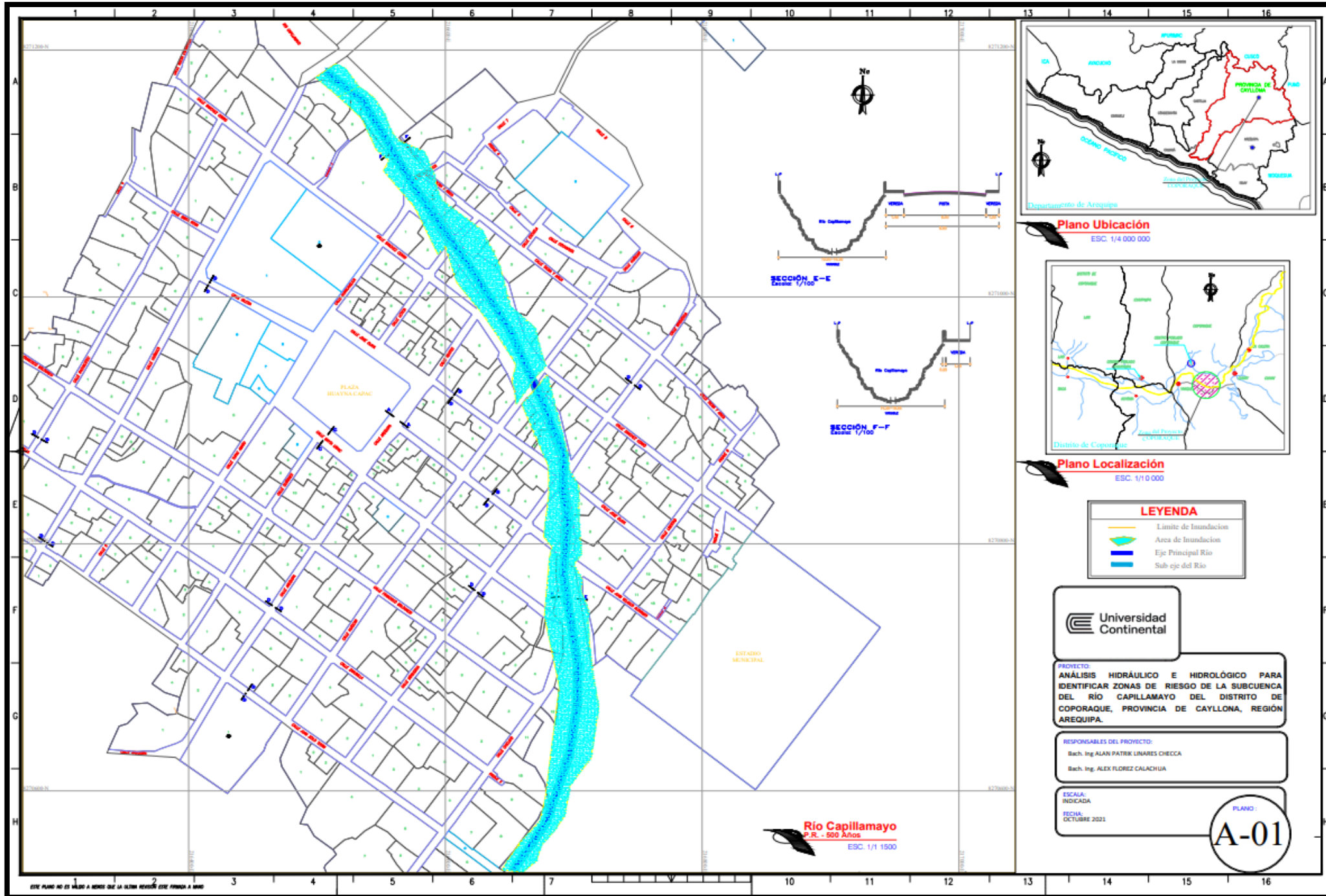


**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

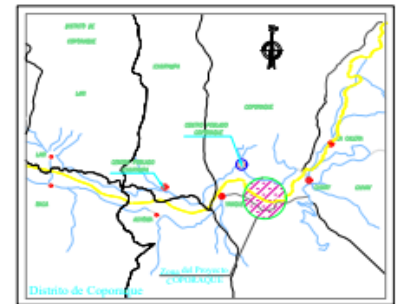
**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing. ALAN PATRIE LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**



**Plano Ubicación**  
ESC. 1/4 000 000



**Plano Localización**  
ESC. 1/1 0 000

**LEYENDA**

	Limite de Inundacion
	Area de Inundacion
	Eje Principal Rio
	Sub eje del Rio



**PROYECTO:**  
ANÁLISIS HIDRÁULICO E HIDROLÓGICO PARA IDENTIFICAR ZONAS DE RIESGO DE LA SUBCUENCA DEL RÍO CAPILLAMAYO DEL DISTRITO DE COPORAQUE, PROVINCIA DE CAYLLONA, REGIÓN AREQUIPA.

**RESPONSABLES DEL PROYECTO:**  
Bach. Ing ALAN PATRIK LINARES CHECCA  
Bach. Ing. ALEX FLOREZ CALACHUA

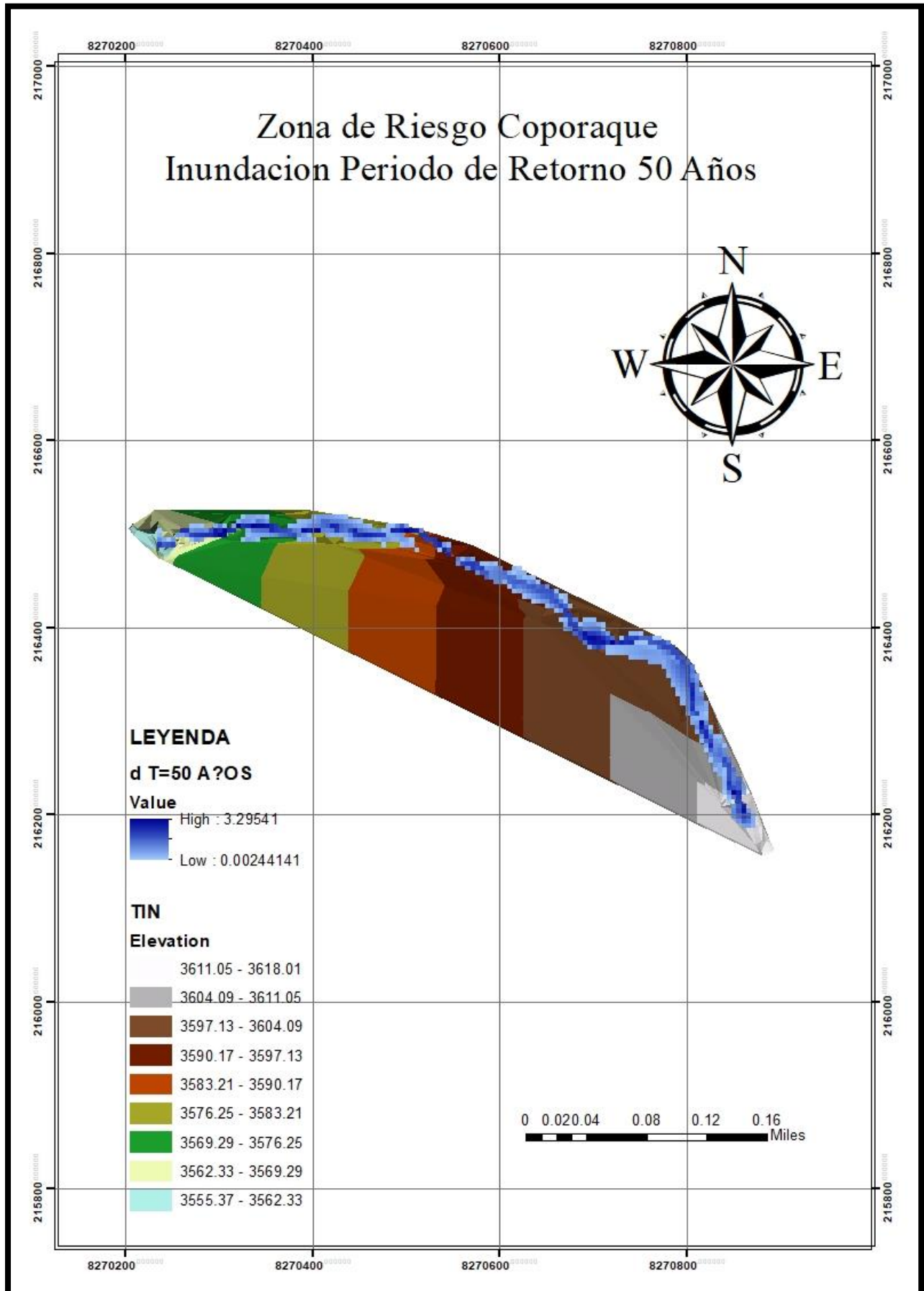
**ESCALA:**  
INDICADA  
**FECHA:**  
OCTUBRE 2021

PLANO:  
**A-01**

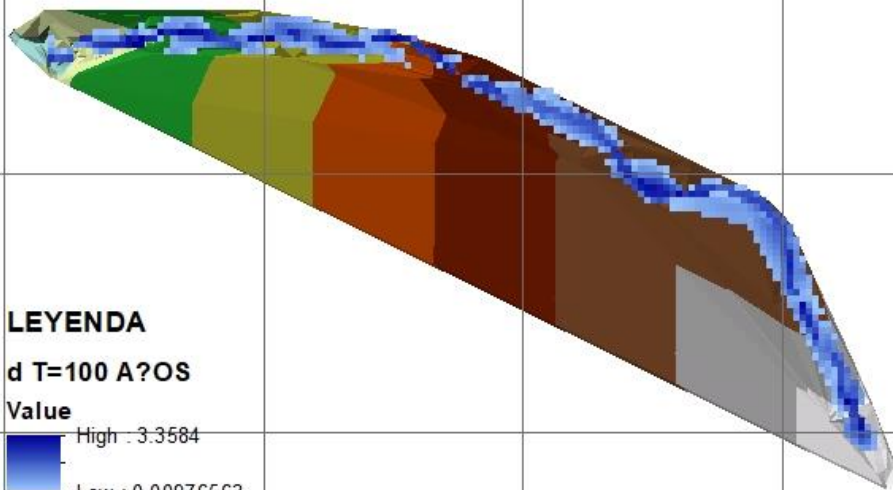
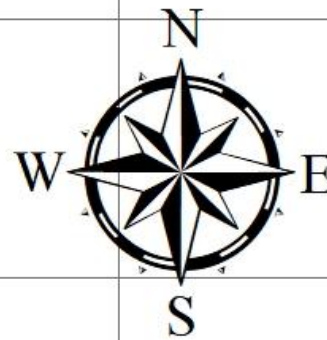


# ANEXO H

Mapeo de Inundación de la zona marginal del río Capillamayo.



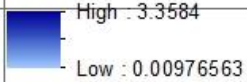
# Zona de Riesgo Coporaque Inundacion Periodo de Retorno 100 Años



## LEYENDA

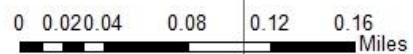
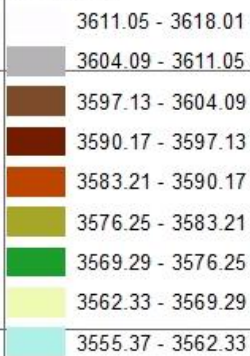
d T=100 A?OS

Value

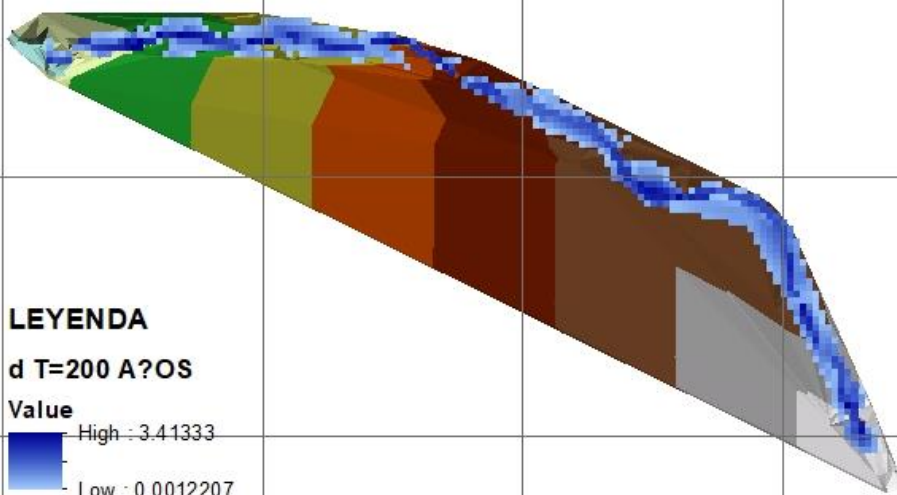
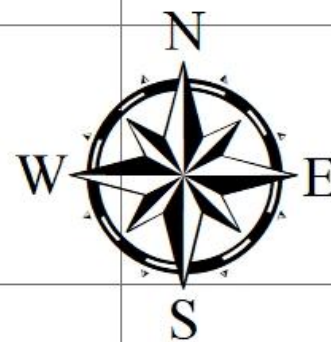


TIN

Elevation



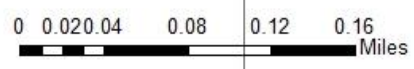
# Zona de Riesgo Coporaque Inundacion Periodo de Retorno 200 Años

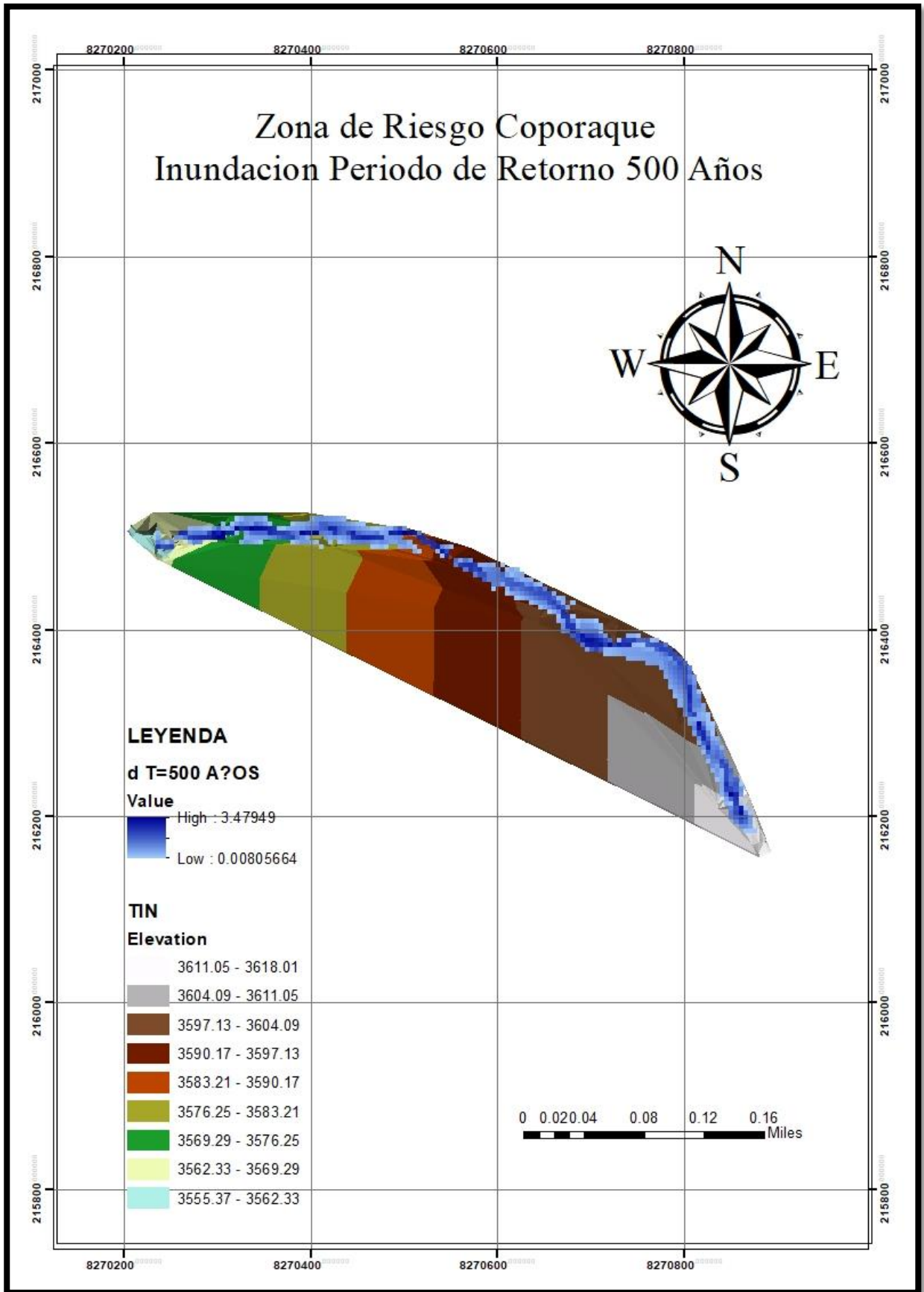


**LEYENDA**  
**d T=200 AÑOS**  
**Value**  
 High : 3.41333  
 Low : 0.0012207

**TIN**  
**Elevation**

	3611.05 - 3618.01
	3604.09 - 3611.05
	3597.13 - 3604.09
	3590.17 - 3597.13
	3583.21 - 3590.17
	3576.25 - 3583.21
	3569.29 - 3576.25
	3562.33 - 3569.29
	3555.37 - 3562.33

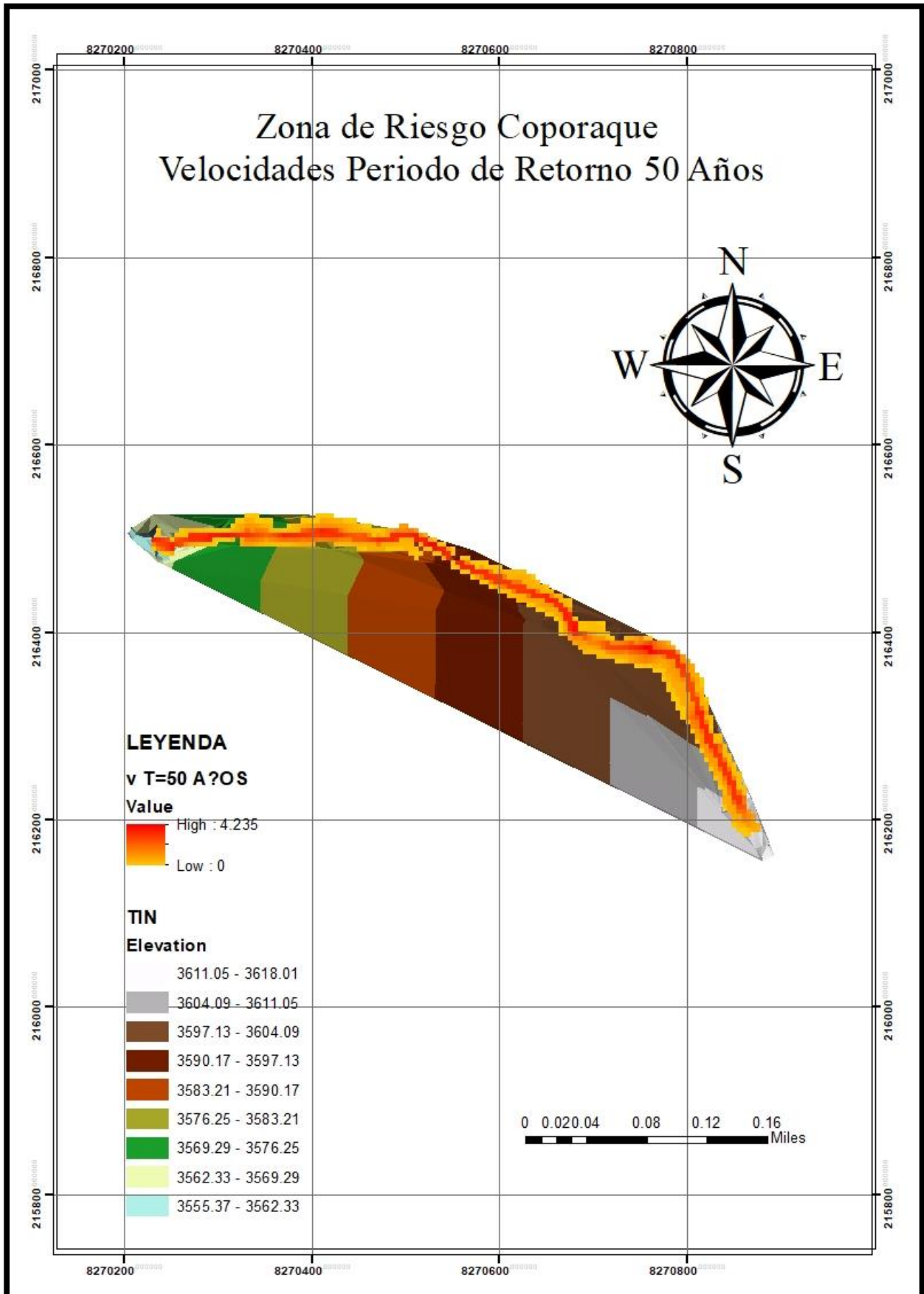




Fuente: Extensión HEC-RAS.

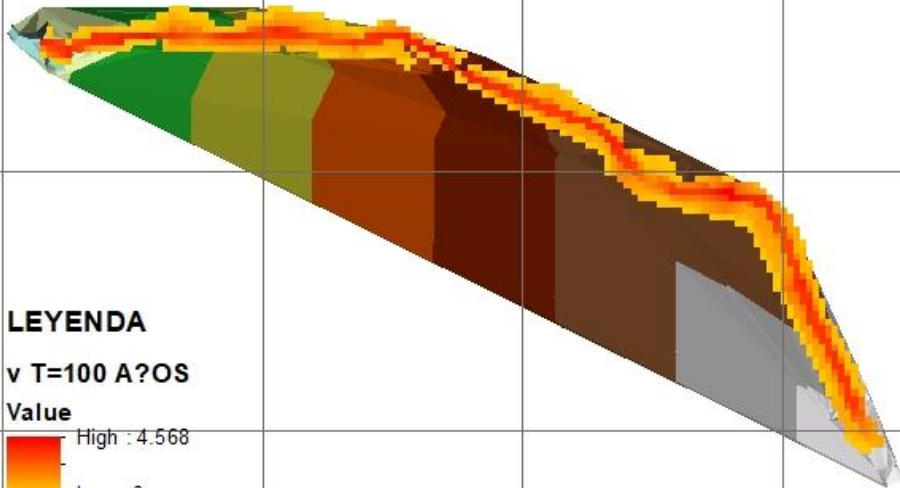
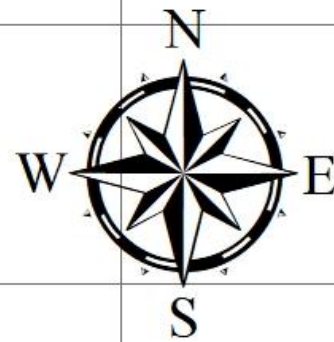
# ANEXO I

*Mapeo de Velocidades de Caudales Máximos en Diferentes Periodos de Retorno.*



# Zona de Riesgo Coporaque

## Velocidades Periodo de Retorno 100 Años



**LEYENDA**

**v T=100 AÑOS**

**Value**

High : 4.568

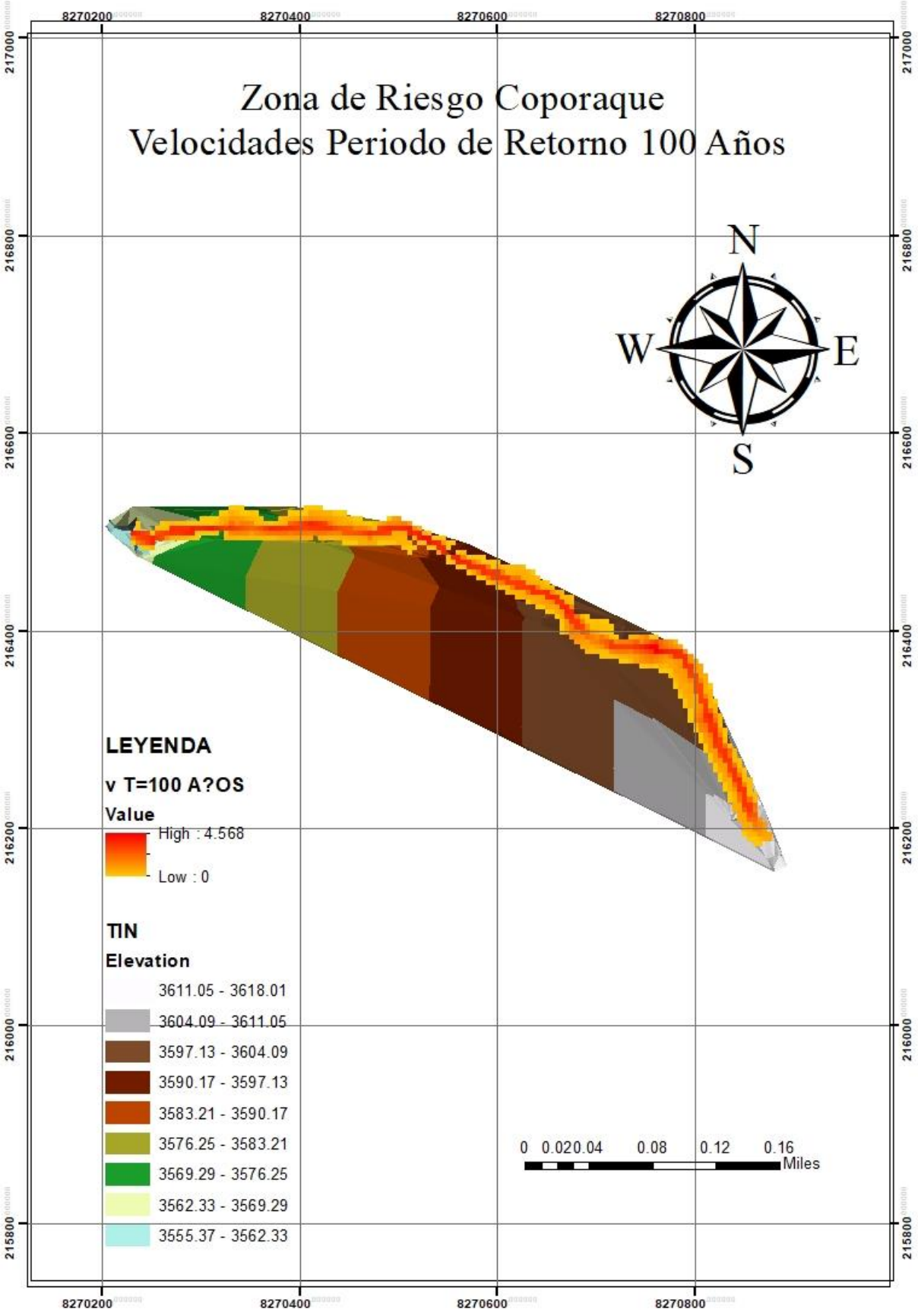
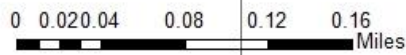
Low : 0

**TIN**

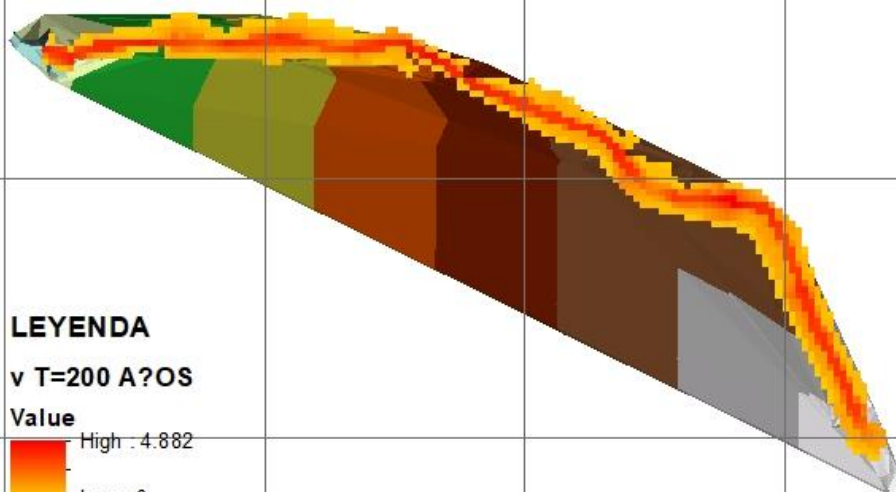
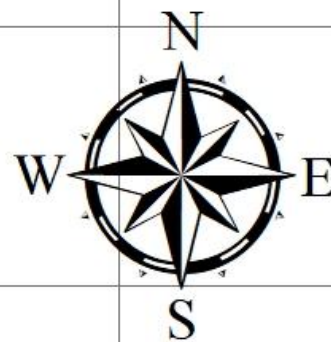
**Elevation**

	3611.05 - 3618.01
	3604.09 - 3611.05
	3597.13 - 3604.09
	3590.17 - 3597.13
	3583.21 - 3590.17
	3576.25 - 3583.21
	3569.29 - 3576.25
	3562.33 - 3569.29
	3555.37 - 3562.33



# Zona de Riesgo Coporaque

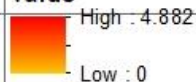
## Velocidades Periodo de Retorno 200 Años



### LEYENDA

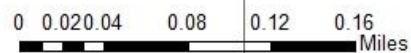
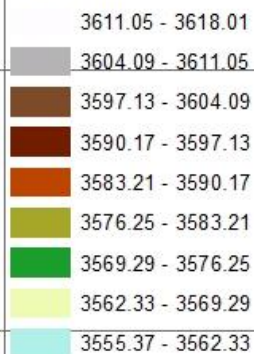
v T=200 AÑOS

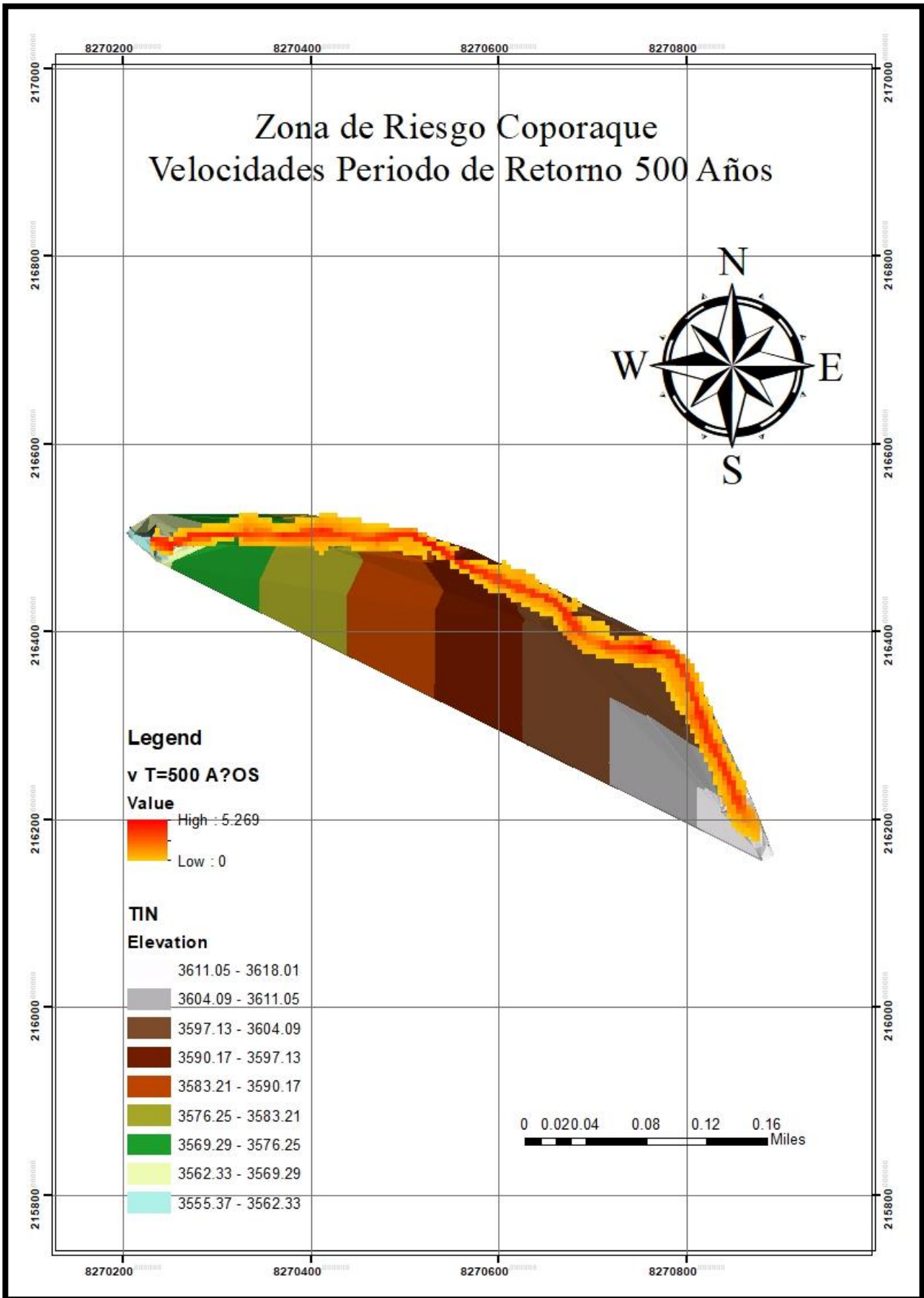
Value



### TIN

Elevation

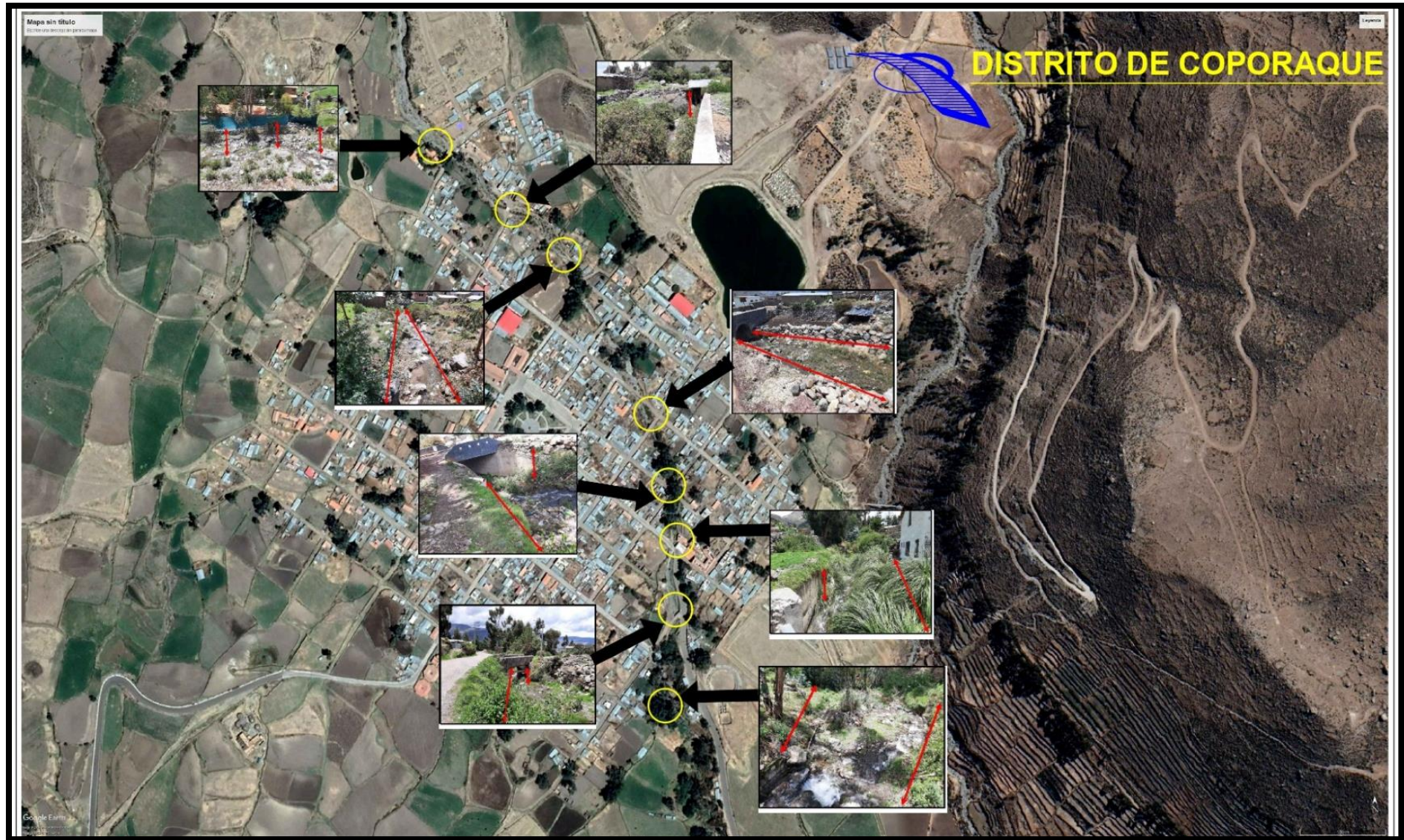






## ANEXO J

*Mapeo de tramos críticos del cauce del río Capillamayo.*



- **Zonas de riesgo por tramo**

*Primera zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración propia, presencia de socavación en base de la vivienda.

*Segunda zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración propia, se observa la presencia de columnas de madera usados como soporte de losa del puente.

*Tercera zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración Propia, ancho reducido de cauce de río.

*Cuarta zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración propia, presencia de viviendas en las riberas del río.

*Quinta zona de riego.*



Fuente: Elaboración propia, presencia de chiqueros para crianza de animales domésticos.

*Sexta zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración propia, base del puente con signos evidente de desgaste por fisuración.

*Séptima zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración propia, presencia de arbusto y viviendas a nivel de río.

*Octava zona de riesgo.*



Fuente: Elaboración propia, presencia de escombros en las orillas del río.

## ANEXO K

*Panel Fotográfico del levantamiento Topográfico.*

***N° 01***



**Descripción:** El grupo de tesis integrado por **Alex Florez Calachua** y **Alan Patrik Linares Checca**, nos ubicamos en las riberas del río, para realizar el trabajo de levantamiento topográfico a detalle del cauce de río Capillamayo, factor determinante para el análisis y evaluación durante el desarrollo del proyecto de investigación.

**N° 02**



**Descripción:** Se pudo registrar y visualizar la presencia de un canal de concreto cerca al cauce del río Capillamayo.

**N° 03**



**Descripción:** En la imagen se muestra el pintado de los vertices de control V-1, para el registro de datos y control horizontal.

*N° 04*



**Descripción:** Aquí se puede visualizar la presencia de escombros, vegetación abundante y la presencia de piedras de diferentes tamaños, factores delimitantes para el recorrido normal del río.



N° 05



**Descripción:** En la imagen se muestra la presencia de arbustos, existencia de canales y ancho reducido del cauce del río, factores perjudiciales que ocasionaran rebose e inundación en diferentes tramos del río Capillamayo.

*N° 06*



**Descripción:** Aquí se recopila datos sobre el ancho, largo, altura, etc. De las dimensiones del puente existente.

*N° 07*



**Descripción:** Aquí se recopiló datos sobre los elementos estructurales y subestructurales (ancho, largo, altura, etc.) de puentes existentes.

*N° 08*



**Descripción:** La imagen muestra la presencia de terrenos agrícolas y chiqueros en ambos lados del río estos elementos se consideraron en la identificación de zonas de riesgo.

*N° 09*



**Descripción:** Toma de datos topográficos de la subestructura del puente.

***N° 10***



**Descripción:** Se realizó la toma de datos topográficos de elementos estructurales de puentes existente en diferentes tramos del río para su consideración en la identificación de zonas de riesgo.

***N° 11***



**Descripción:** Se puede visualizar la presencia de plantones y arbustos que en época de máximas avenidas ocasionaría obstrucciones en diferentes tramos del cauce del río.

### N° 12



**Descripción:** Se puede visualizar la presencia de una tubería que cumple la función de pase y conducción de agua, aproximadamente a 1,5 metros sobre el nivel del agua del cauce central del río, este elemento está expuesto a la intemperie y durante el período de mayor inundación será destruida, poniendo en peligro su uso para el pase a agua a las tierras del sector.

### N° 13



**Descripción:** Podemos observar la monumentación del vértice de control V-2, para el control horizontal en gabinete.

## ANEXO L

*Puntos Topográficos registrados en el levantamiento Del Río Capillamayo.*

1	8270411	216498	3581
2	8270482	216499	3581
3	8270575	216476	3594
4	8270727	216387	3600
5	8270814	216304	3602
6	8270858.2	216219.66	3613.05
7	8270401.81	216520.47	3578.36
8	8270490.26	216508.44	3581.73
9	8270677.48	216420.99	3599.22
10	8270728.22	216400.45	3600.44
11	8270810.29	216315.63	3600.95
12	8270851.88	216213.34	3613.05
13	8270398.35	216525.3	3579.08
14	8270491.13	216509.73	3582.12
15	8270565.16	216485.98	3594.14
16	8270644.21	216412.12	3598.56
17	8270645.36	216406.12	3598.56
18	8270725.07	216409.95	3600.41
19	8270793.45	216301.98	3602.06
20	8270862.42	216209.75	3611.28
21	8270393.49	216522.18	3579.06
22	8270491.34	216509.58	3580.45
23	8270569.86	216488.63	3594.61
24	8270661.3	216409.74	3598.15
25	8270729.83	216410.33	3600.63
26	8270795.1	216297.98	3601.99
27	8270856.09	216206.7	3611.63
28	8270397.23	216516.22	3577.65
29	8270488.76	216510.9	3582.14
30	8270573.16	216484.51	3594.44
31	8270660.07	216415.61	3598.15
32	8270724.15	216403.62	3600.01
33	8270801.73	216298.91	3601.9
34	8270860.63	216207.88	3610.08
35	8270387.36	216515.13	3576.63
36	8270488.28	216506.27	3581.23
37	8270568.51	216482.26	3594.1
38	8270569.43	216480.15	3594.1
39	8270668.98	216416.77	3597.99
40	8270667.77	216416.35	3597.99
41	8270729.33	216403.94	3600.33
42	8270801.55	216304.31	3601.41
43	8270857.13	216206.31	3610.58
44	8270388.02	216504.36	3576.33
45	8270488.34	216506.09	3579.76
46	8270578.77	216478.31	3594.42
47	8270669.95	216412.75	3598
48	8270729.81	216401.62	3600.43
49	8270809.83	216304.17	3601.77
50	8270860.09	216207.41	3609.91

51	8270388.03	216503.98	3574.1
52	8270484.8	216508.17	3581.17
53	8270587.76	216471.86	3594.58
54	8270676.24	216414.63	3598.15
55	8270723.57	216399.66	3599.51
56	8270811.63	216300.51	3601.97
57	8270854.22	216206.86	3611.66
58	8270399.95	216505.77	3577.17
59	8270483.65	216502.55	3581.04
60	8270582.3	216466.74	3592.51
61	8270582.93	216467	3593.51
62	8270672.93	216418.16	3598.12
63	8270673.94	216418.32	3598.12
64	8270718.56	216401.08	3599.16
65	8270717.68	216396.47	3599.16
66	8270814.37	216301.98	3601.79
67	8270862.23	216210	3611.28
68	8270400.04	216505.59	3574.93
69	8270483.93	216502.4	3578.99
70	8270593.51	216467.25	3594.04
71	8270683.42	216422.38	3599.18
72	8270712.85	216403.96	3598.84
73	8270711.32	216398.16	3598.84
74	8270812.38	216305.56	3601.79
75	8270863.42	216209.26	3612.47
76	8270406.01	216505.99	3577.93
77	8270480.05	216505.39	3581
78	8270600.89	216464.51	3594.53
79	8270685.69	216417.99	3599.02
80	8270722.86	216393.6	3599.31
81	8270810.35	216313.23	3601.11
82	8270865.64	216210.86	3613.5
83	8270406.2	216505.88	3576.07
84	8270469.83	216511.37	3581.3
85	8270599.44	216462.48	3594.27
86	8270679.7	216410.64	3596.37
87	8270726.67	216393.76	3599.6
88	8270809.15	216320.04	3598.68
89	8270810.13	216313.28	3598.88
90	8270874.67	216199.18	3613.15
91	8270412.92	216507.12	3578.46
92	8270467.17	216507.84	3581.2
93	8270610.79	216455.54	3594.74
94	8270680.54	216410.69	3598.23
95	8270722.65	216385.79	3598.91
96	8270464.25	216503.49	3580.2
97	8270817.97	216322.23	3600.63
98	8270809.26	216320.08	3600.63
99	8270864.46	216193.45	3611.81
100	8270618.56	216442.73	3595.34

101	8270623.43	216449.37	3595.14
102	8270413.62	216506.67	3576.45
103	8270473.8	216503.32	3580.93
104	8270612.75	216459.18	3596.19
105	8270683.15	216403.76	3596.49
106	8270726.29	216385.56	3599.04
107	8270807.13	216308.24	3600.31
108	8270871.82	216197.7	3612.78
109	8270624.71	216452.51	3596.39
110	8270690.05	216390.43	3596.29
111	8270692.38	216394.91	3596.29
112	8270415.93	216504.16	3578.94
113	8270476.62	216500.68	3580.96
114	8270609.96	216447.04	3595
115	8270683.92	216404.36	3598.59
116	8270726.07	216383.34	3598.95
117	8270809.99	216304.56	3599.6
118	8270812.05	216305.74	3599.6
119	8270807.36	216308.66	3599.1
120	8270868.25	216195.23	3612.17
121	8270693.81	216396.5	3597.59
122	8270795.99	216358.92	3600
123	8270797.67	216350.26	3600.06
124	8270415.6	216504.57	3576.75
125	8270476.55	216500.48	3578.59
126	8270604.41	216442.09	3596.31
127	8270608.16	216445.48	3596.31
128	8270681.97	216402.03	3596.64
129	8270722.11	216383.6	3598.82
130	8270805.1	216317.3	3600.16
131	8270860.28	216191.6	3611.83
132	8270618.31	216440.98	3596.01
133	8270686.65	216396.52	3596.64
134	8270795.43	216357.72	3600.1
135	8270409.24	216503.44	3578.52
136	8270478.72	216499.2	3580.98
137	8270603.15	216452.78	3594.87
138	8270678.32	216399.37	3596.21
139	8270723.51	216378.16	3598.87
140	8270806.31	216317.55	3599.09
141	8270875.96	216185.03	3613.19
142	8270408.99	216503.56	3576.36
143	8270478.54	216499.32	3578.64
144	8270600.99	216450.78	3594.53
145	8270678.03	216399.15	3597.46
146	8270719.47	216380.45	3598.8
147	8270811.71	216297.73	3601.87
148	8270866.63	216179.75	3613.88
149	8270688.23	216387.54	3597.06
150	8270404.42	216502.15	3577.48

151	8270474.12	216495.83	3580.32
152	8270597.29	216447.29	3594.82
153	8270674.32	216406.56	3596.63
154	8270714.4	216376.82	3598.72
155	8270814.33	216301.73	3600.02
156	8270812.12	216298.06	3600.02
157	8270811.9	216300.47	3600.02
158	8270878.27	216186.65	3614.03
159	8270404.45	216502.48	3575.38
160	8270473.49	216496.9	3578.65
161	8270591.09	216453.99	3594.1
162	8270673.07	216406.06	3597.7
163	8270715.62	216374.17	3598.71
164	8270813.54	216292.91	3601.91
165	8270872.08	216182.45	3613.51
166	8270399.97	216501.48	3575.2
167	8270466.08	216496.82	3578.53
168	8270599.08	216456.05	3594.49
169	8270671.77	216412.47	3596.18
170	8270675.73	216414.45	3596.18
171	8270708.63	216373.28	3598.76
172	8270710.07	216370.4	3598.76
173	8270814.81	216293.8	3600.14
174	8270453.91	216496.3	3578.43
175	8270881.27	216187.27	3615.25
176	8270401.16	216501.17	3576.81
177	8270466.14	216496.55	3579.69
178	8270591.79	216460.54	3593.95
179	8270671.27	216412.45	3597.35
180	8270726.44	216385.24	3596.99
181	8270730.21	216383.22	3596.99
182	8270726.33	216383.51	3596.99
183	8270465.47	216494.64	3579.99
184	8270454.23	216502.69	3579.49
185	8270817.77	216299.63	3601.16
186	8270818.25	216300.88	3601.66
187	8270453.67	216494.87	3579.49
188	8270881.61	216187.72	3616.85
189	8270381.73	216499.92	3573.79
190	8270369.85	216499.28	3573.09
191	8270372.97	216504.32	3573.09
192	8270474.66	216500.81	3578.46
193	8270586.8	216461.18	3593.58
194	8270671.29	216421.2	3595.76
195	8270672.4	216418.33	3595.96
196	8270730	216382.74	3598.63
197	8270879.81	216171.71	3614.77
198	8270382.27	216497.72	3574.63
199	8270472.9	216501.65	3579.61
200	8270587.01	216459.75	3592.83



201	8270672.11	216423.69	3596.56
202	8270736.12	216382.75	3597.49
203	8270816.94	216298.49	3599.88
204	8270873.82	216168.96	3615.53
205	8270383.42	216496.79	3576.09
206	8270463.77	216500.16	3578.27
207	8270583.41	216455.05	3592.91
208	8270663.9	216429.98	3595.66
209	8270736.11	216382.32	3599.32
210	8270825.16	216290.87	3602.85
211	8270453.99	216501.6	3578.25
212	8270873.3	216168.78	3615.59
213	8270646.95	216439.2	3595.36
214	8270655.6	216434.1	3595.56
215	8270649.46	216443.8	3595.26
216	8270657.89	216437.56	3595.46
217	8270423.01	216504.19	3577.83
218	8270464.04	216500.64	3578.79
219	8270585.77	216461.29	3592.47
220	8270666.25	216431.4	3596.95
221	8270743.41	216383.6	3597.66
222	8270885	216171.38	3614.57
223	8270650.28	216445.11	3596.85
224	8270658.97	216438.26	3596.55
225	8270422.82	216503.97	3579.01
226	8270474.4	216489.33	3580.64
227	8270469.75	216492.79	3580.64
228	8270578.36	216464.22	3591.44
229	8270667.67	216421.28	3595.79
230	8270669.3	216417.21	3595.99
231	8270743.5	216383.14	3599.8
232	8270824.21	216289.57	3601.59
233	8270887.2	216172.15	3615.38
234	8270425.18	216503.11	3578.26
235	8270480.28	216494.94	3580.66
236	8270577.97	216463.32	3592.01
237	8270666.25	216420.86	3596.3
238	8270747.67	216385.36	3598.06
239	8270829.63	216295.34	3603.7
240	8270888.89	216173.64	3617.01
241	8270425.07	216502.45	3579.23
242	8270481.65	216496.89	3580.83
243	8270573.88	216459.66	3591.46
244	8270659.66	216429.38	3595.5
245	8270747.62	216384.7	3600.06
246	8270827.53	216293.06	3603.35
247	8270879.99	216160.73	3615.2
248	8270437.14	216503.22	3578.7
249	8270487.29	216491.26	3581.35
250	8270573.91	216459.39	3592.8

251	8270657.1	216428.73	3595.57
252	8270751.76	216385.47	3599.01
253	8270752	216391.34	3599.01
254	8270752.29	216391.96	3600.01
255	8270823.81	216303.42	3602.3
256	8270827.9	216305.63	3602.7
257	8270446.2	216498.41	3578.6
258	8270645.96	216436.38	3595.37
259	8270653.94	216431.77	3595.77
260	8270436.87	216502.57	3579.83
261	8270493.12	216494.72	3581.73
262	8270566.3	216462.86	3592.32
263	8270752.01	216385.06	3600.22
264	8270824.16	216309.56	3602.09
265	8270827.25	216310.6	3602.49
266	8270445.69	216505.28	3579.53
267	8270445.71	216497.63	3579.53
268	8270881.41	216155.99	3615.54
269	8270435.01	216505.78	3578.23
270	8270490.49	216498.57	3581.48
271	8270567.35	216464.24	3590.53
272	8270758.54	216383.75	3599.12
273	8270759.27	216389.91	3599.12
274	8270759.47	216390.6	3600.62
275	8270820.07	216315.84	3601.17
276	8270445.38	216504.08	3578.23
277	8270878.2	216159.55	3615.98
278	8270793.34	216377	3600.82
279	8270792.85	216376.52	3600.62
280	8270781.53	216385.3	3600.62
281	8270774.16	216373.88	3600.25
282	8270788.38	216369.86	3600.55
283	8270435.29	216507.46	3579.16
284	8270486.02	216500.4	3580.98
285	8270568.85	216467.15	3590.64
286	8270758.37	216383.42	3600.55
287	8270881.94	216156.17	3616.5
288	8270788.09	216369.24	3600.75
289	8270773.83	216372.87	3600.45
290	8270779.64	216383.66	3600.45
291	8270893.31	216162.26	3618.01
292	8270427.54	216507.78	3577.77
293	8270485.85	216500.84	3578.78
294	8270559.04	216467.91	3590.13
295	8270732.89	216387.72	3597.21
296	8270890.63	216160	3617.01
297	8270868.37	216223.76	3614.04
298	8270870.33	216220.91	3614.04
299	8270425.84	216509.4	3578.19
300	8270491.72	216501.06	3580.56

301	8270557.59	216467.54	3591.23
302	8270733.11	216388.86	3598.99
303	8270859.63	216214.79	3613.04
304	8270837.89	216208.44	3613.04
305	8270425.92	216509.71	3578.86
306	8270491.57	216503.12	3579.47
307	8270549.32	216475.57	3589.87
308	8270554.18	216471.76	3589.87
309	8270740.33	216389.67	3598.17
310	8270530.28	216496.49	3590.87
311	8270542.59	216487.91	3589.87
312	8270538.28	216482.58	3589.87
313	8270524.47	216489.39	3588.87
314	8270851.87	216212.78	3613.04
315	8270541.75	216486.9	3587.87
316	8270529.27	216495.29	3585.87
317	8270524.95	216490.35	3585.87
318	8270538.72	216483.19	3587.87
319	8270836.62	216213.14	3613.06
320	8270419.08	216508.87	3577.55
321	8270497.84	216502.92	3579.81
322	8270740.23	216390.26	3599.31
323	8270506.91	216507.66	3584.81
324	8270515.95	216505.18	3588.81
325	8270513.47	216497.34	3587.81
326	8270850.21	216218.36	3613.06
327	8270505.24	216500.46	3585.81
328	8270515.4	216503.62	3583.81
329	8270506.29	216505.41	3581.81
330	8270513.89	216498.49	3583.81
331	8270505.56	216501.49	3581.81
332	8270418.86	216509.41	3578.44
333	8270495.97	216501.79	3581.46
334	8270578.55	216470.38	3591.87
335	8270745.6	216390.08	3598.17
336	8270846.05	216219.99	3611.66
337	8270422.92	216498.74	3579.83
338	8270487.6	216496.36	3581.31
339	8270578.55	216470.75	3593.53
340	8270744.75	216391.29	3599.31
341	8270847.74	216220.77	3610.75
342	8270858.91	216214.65	3610.93
343	8270853.05	216214.23	3610.93
344	8270851.44	216219.53	3610.73
345	8270857.49	216219.38	3610.73
346	8270427.86	216492.29	3580.71
347	8270479.92	216502.9	3581.03
348	8270575.6	216473.12	3593.53
349	8270721.01	216385.92	3596.8
350	8270721.19	216383.4	3596.1

351	8270722.39	216385.73	3596.9
352	8270721.95	216383.79	3596.9
353	8270857.13	216223.71	3610.03
354	8270422.93	216488.73	3580.6
355	8270494.12	216508.59	3580.53
356	8270575.04	216472.68	3591.92
357	8270720.74	216386.72	3597.16
358	8270857.29	216223.81	3610.79
359	8270415.93	216496.45	3579.56
360	8270493.86	216506.39	3579.51
361	8270715.21	216386.11	3596.69
362	8270716.48	216391.1	3597.69
363	8270848.7	216221.22	3609.01
364	8270363.7	216508.41	3572.78
365	8270503.86	216506.01	3580.31
366	8270551.99	216477.21	3589.9
367	8270557.35	216473.85	3589.9
368	8270708.85	216386.02	3596.21
369	8270709.61	216392.4	3597.21
370	8270852.94	216223.77	3609.62
371	8270703.18	216394.42	3597.21
372	8270699.16	216384.38	3596.31
373	8270700.61	216388.9	3596.31
374	8270363.45	216509.24	3574.82
375	8270374.08	216506.5	3574.82
376	8270503.86	216507.85	3581.97
377	8270564.7	216471.57	3590.37
378	8270704.77	216379.47	3596.71
379	8270704.44	216381.62	3596.71
380	8270851.61	216222.95	3608.52
381	8270698.67	216382.65	3596.31
382	8270355.43	216511.4	3574.2
383	8270565.46	216473.01	3590.94
384	8270711.9	216380.95	3596.82
385	8270711.51	216382.82	3596.32
386	8270849.89	216222.01	3608.56
387	8270355.45	216510.89	3572.06
388	8270562.53	216477.1	3591.32
389	8270716.64	216384.02	3596.85
390	8270849.04	216233.21	3607.64
391	8270348.77	216512.83	3573.12
392	8270571.46	216472.44	3591.79
393	8270570.8	216470.23	3590.79
394	8270716.93	216383.14	3597.01
395	8270846.98	216232.51	3607.52
396	8270348.89	216512.22	3571.58
397	8270553.64	216471.89	3593.02
398	8270549.49	216468.87	3593.02
399	8270557.67	216474.47	3593.02
400	8270849.54	216233.33	3608.85

401	8270340.5	216513.68	3573.37
402	8270549.32	216475.22	3592.95
403	8270545.87	216472.05	3592.95
404	8270552.37	216477.35	3592.95
405	8270845.69	216231.98	3607.78
406	8270340.63	216513.05	3571.14
407	8270558.52	216480.6	3593.44
408	8270852.03	216235.3	3608.74
409	8270338.94	216513.04	3573.58
410	8270561.88	216477.4	3593.27
411	8270843.61	216231.69	3608.12
412	8270339.08	216512.86	3571.09
413	8270857.36	216235.69	3608.53
414	8270331.85	216505.7	3573.56
415	8270843.21	216231.4	3609.13
416	8270836.8	216275.02	3604.28
417	8270840.95	216266.72	3605.28
418	8270845.74	216259.71	3605.58
419	8270333.37	216506.92	3572.78
420	8270850.59	216249.69	3606.58
421	8270333.43	216507.03	3570.83
422	8270844.28	216248.73	3606.24
423	8270336.98	216504.95	3571.27
424	8270846.34	216248.43	3606.25
425	8270336.87	216504.75	3572.76
426	8270841.78	216248.17	3606.96
427	8270341.92	216504.22	3571.73
428	8270841.39	216247.99	3607.61
429	8270341.79	216503.77	3572.86
430	8270843.18	216258.08	3604.74
431	8270342.21	216509.68	3571.4
432	8270841.32	216257.53	3604.86
433	8270342.25	216510.36	3570.87
434	8270839.66	216256.41	3605.21
435	8270349.47	216505.11	3572.69
436	8270838.41	216255.86	3606.2
437	8270350.38	216506.6	3571.6
438	8270356.97	216500.87	3573.39
439	8270370.15	216497.06	3573.89
440	8270357.86	216502.02	3572.31
441	8270331.06	216514.51	3573.46
442	8270838.57	216264.28	3604.99
443	8270836.64	216262.92	3604.79
444	8270331.11	216514.6	3573.48
445	8270833.97	216260.89	3604.79
446	8270829.01	216260.71	3604.88
447	8270823.71	216275.37	3602.25
448	8270821.84	216274.41	3604.04
449	8270819.43	216273.16	3604.25
450	8270352.08	216519.95	3574.3

451	8270833.84	216272.64	3603.84
452	8270342	216520.88	3573.85
453	8270831.62	216272.21	3604.24
454	8270331.18	216521.13	3573.35
455	8270821.22	216284.73	3601.35
456	8270321.37	216520.81	3572.86
457	8270827.82	216271.74	3602.64
458	8270312.47	216520.54	3572.48
459	8270818.69	216283.46	3601.75
460	8270310.76	216513.86	3572.65
461	8270320.8	216514.4	3572.95
462	8270816.41	216282.03	3603.24
463	8270322.48	216513.41	3572.73
464	8270824.91	216278.42	3602.2
465	8270313.7	216508.06	3572.38
466	8270830.32	216282.12	3603.82
467	8270313.49	216507.57	3569.86
468	8270298.81	216495.24	3568.86
469	8270300.08	216505.52	3568.86
470	8270309.34	216506.86	3569.86
471	8270315.51	216505.16	3569.2
472	8270308.84	216503.12	3569.2
473	8270321.49	216508.45	3569.69
474	8270797.57	216359.97	3599.53
475	8270320.79	216511.81	3570.27
476	8270799.19	216350.95	3599.63
477	8270805.21	216360.06	3600.43
478	8270331.37	216511.2	3570.05
479	8270805.49	216351.35	3600.51
480	8270806.52	216360.77	3600.41
481	8270807.42	216351.89	3600.41
482	8270330.01	216512.76	3571.26
483	8270805.06	216351.27	3599.66
484	8270803.2	216362.68	3600.38
485	8270332.13	216511.6	3573.48
486	8270804.87	216360.03	3599.68
487	8270804.1	216364.18	3600.32
488	8270789.45	216371.47	3599.54
489	8270791.83	216375.14	3599.54
490	8270327.04	216506.32	3573.42
491	8270802.88	216362.5	3599.64
492	8270779.06	216382.19	3599.24
493	8270775.21	216377.24	3599.24
494	8270326.97	216506.64	3570.77
495	8270322.21	216503.22	3573.21
496	8270313.64	216497.31	3572.68
497	8270316.38	216492.68	3572.9
498	8270323.37	216502.49	3573.56
499	8270327.87	216495.78	3573.56
500	8270333.48	216497.1	3573.82

501	8270331.41	216504.32	3573.47
502	8270306.38	216497.61	3571.17
503	8270303.95	216496.27	3570.17
504	8270313.48	216499.94	3571.33
505	8270313.59	216500.36	3568.81
506	8270322.14	216503.68	3568.91
507	8270306.29	216498.1	3567.77
508	8270258.64	216492.34	3565.73
509	8270228.02	216523.63	3567.98
510	8270230.8	216525.55	3568.1
511	8270234.92	216514.86	3566.82
512	8270237.98	216516.78	3566.81
513	8270245.27	216502	3565.73
514	8270248.33	216505.34	3565.85
515	8270251.77	216500.75	3565.6
516	8270250.65	216497.33	3565.54
517	8270254.71	216498.39	3565.53
518	8270252.59	216495.74	3565.53
519	8270256.52	216496.95	3565.6
520	8270254.56	216493.71	3565.6
521	8270258.77	216495.3	3565.65
522	8270258.23	216491.79	3565.71
523	8270263.34	216493	3565.82
524	8270263.15	216490.16	3565.92
525	8270269.43	216491.97	3566.27
526	8270267.84	216487.94	3566.42
527	8270273.5	216490.25	3567.09
528	8270280.98	216495.17	3564.9
529	8270268.48	216497.83	3564.9
530	8270264.02	216500.54	3563.9
531	8270257.71	216497.05	3563.9
532	8270262.32	216502.06	3562.8
533	8270265.83	216502.08	3563.3
534	8270259.47	216499.72	3562.3
535	8270256.23	216500.52	3563.48
536	8270266.62	216505.74	3565.12
537	8270261.8	216506.05	3564.72
538	8270253.05	216500.67	3564.72
539	8270254.96	216498.3	3563.36
540	8270256.48	216497.25	3563.36
541	8270254.19	216493.67	3563.26
542	8270252.5	216495.32	3563.26
543	8270254.99	216499.69	3563.56
544	8270262.1	216504.69	3562.64
545	8270266.24	216504.62	3563.54
546	8270269.36	216499.61	3564.24
547	8270270.27	216501.32	3564.24
548	8270281.01	216496.54	3564.91
549	8270280.97	216497.94	3564.91
550	8270271.01	216503.59	3565.63

551	8270280.45	216499.64	3565.63
552	8270293.75	216496.97	3568.19
553	8270286.21	216495.47	3565.19
554	8270286.38	216493.5	3568.19
555	8270286.14	216497.52	3565.19
556	8270285.69	216502.03	3566.56
557	8270293.56	216499.29	3565.88
558	8270293.48	216501.51	3565.88
559	8270295.41	216503.8	3566.06
560	8270298.07	216498.43	3566.19
561	8270304.51	216498.53	3566.79
562	8270305.45	216502.98	3566.79
563	8270298.17	216500.66	3566.19
564	8270239.73	216483.47	3558.62
565	8270256.3	216492.38	3564.43
566	8270256.05	216492.02	3563.7
567	8270240.91	216478.17	3559.01
568	8270235.75	216488.18	3557.77
569	8270233.79	216487.3	3558.21
570	8270233.65	216487.19	3559.22
571	8270234.2	216492.28	3557.56
572	8270235.22	216493.31	3558.86
573	8270231.82	216491.03	3558.61
574	8270232.72	216491.56	3557.56
575	8270230.09	216500.35	3557.4
576	8270232.91	216505.11	3558.01
577	8270222.47	216497.72	3558.01
578	8270228.22	216498.32	3558.01
579	8270229.4	216498.68	3557.57
580	8270223.12	216500.18	3557.06
581	8270223.31	216500.85	3557.06
582	8270210.71	216501.88	3555.81
583	8270212.32	216504.78	3555.81
584	8270208.86	216498.42	3557.29
585	8270207.75	216511.66	3564.69
586	8270207.16	216510.76	3556.69
587	8270203.79	216506.14	3556.69
588	8270225.15	216505.6	3562.69
589	8270213.34	216506.79	3564.69
590	8270206.88	216510.07	3555.37
591	8270205.07	216506.5	3555.37
592	8270248.28	216486.26	3559.93
593	8270250.59	216485.19	3560.06
594	8270251.15	216485.03	3560.6
595	8270256.49	216489.57	3564.48
596	8270247.15	216488.1	3560.47
597	8270255.68	216489.4	3562.96
598	8270254.88	216484.59	3565.56
599	8270247.99	216490.03	3561.02
600	8270244.8	216481.73	3559.07

601	8270254.38	216480.97	3567.44
602	8270246.02	216479.55	3559.22
603	8270246.23	216478.77	3559.4
604	8270249.8	216476.04	3568.8
605	8270243.37	216484.67	3559.16
606	8270241.17	216472.35	3568.53
607	8270242.4	216485.48	3559.65
608	8270232.27	216487.12	3560.79
609	8270233.28	216481.59	3562.79
610	8270235.21	216474.67	3567.79
611	8270236.14	216483.76	3558.3
612	8270235.23	216482.37	3558.34

Fuente: Elaboración propia Microsoft Excel.