

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA  
PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES Y  
SOCAVACIÓN DEL RIO CCOLLAYMAYU, LUIS  
CARRANZA, LA MAR, AYACUCHO”**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. CELESTINO JANAMPA URRUCHI**

**Línea de Investigación Institucional: Salud Y Gestión De La Salud.**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2022**

## **CONTRATAPA**

---

**DR. SEVERO SIMEON CALDERON SAMANIEGO**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a nuestro divino creador, quien me ha otorgado la vida, salud y sabiduría para el logro de mis metas trazadas en esta investigación.

# HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

---

**Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA**  
**PRESIDENTE**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

---

**Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA**  
**SECRETARIO GENERAL**

# ÍNDICE

CONTRATAPA.....	II
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XI
RESUMEN .....	XIII
ABSTRACT .....	XIV
INTRODUCCIÓN .....	XV
CAPITULO I .....	17
EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
1.1. Planteamiento del problema .....	17
1.2. Formulación y sistematización del problema .....	18
1.2.1. Problema general .....	18
1.2.2. Problemas específicos .....	18
1.3. Justificación .....	18
1.3.1. Social.....	18
1.3.2. Teórica .....	18
1.3.3. Metodológica .....	19
1.4. Delimitaciones .....	19
1.4.1. Delimitación temporal .....	19
1.4.2. Delimitación espacial.....	19
1.4.3. Delimitación económica.....	21
1.5. Limitaciones.....	21
1.6. Objetivos.....	22
1.6.1. Objetivo general .....	22
1.6.2. Objetivos específicos.....	22
CAPITULO II .....	23
MARCO TEÓRICO .....	23
2.1. Antecedentes.....	23
2.1.1. Internacionales .....	23
2.1.2. Nacionales.....	25

2.2. Marco conceptual .....	27
2.2.1. Teorías de la Investigación.....	27
2.2.1.1 Hidrología .....	27
2.2.1.2 Cuenca hidrológica.....	27
2.2.1.3 Precipitación .....	33
2.2.1.4 Hidrología estadística .....	34
2.2.1.5 Escorrentía .....	34
2.2.1.6 Hidrogramas.....	34
2.2.1.7 Tránsito de hidrogramas.....	35
2.2.1.8 Tormenta de diseño.....	36
2.2.1.9 Hidráulica .....	36
2.2.1.10 Canales naturales.....	36
2.2.1.11 Hidráulica fluvial.....	40
2.2.1.12 Socavación de puentes.....	40
2.2.1.13 Programa de simulación .....	44
2.2.1.14 Peligro a inundación .....	45
2.3. Definición de términos .....	47
2.4. Hipótesis.....	48
2.4.1. Hipótesis general.....	48
2.4.2. Hipótesis específicos.....	48
2.5. Variables.....	48
2.5.1. Definición conceptual de la variable .....	48
2.5.2. Definición operacional de la variable .....	48
2.5.3. Operacionalización de la Variable .....	49
CAPÍTULO III .....	50
METODOLOGÍA .....	50
3.1. Método de investigación .....	50
3.2. Tipo de Investigación.....	50
3.3. Nivel de investigación .....	50
3.4. Diseño de investigación.....	51
3.5. Población y muestra .....	51
3.5.1. Población.....	51
3.5.2. Muestra .....	51

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	51
3.7. Procesamiento de la información.....	51
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	52
CAPÍTULO IV.....	53
RESULTADOS.....	53
4.1. Presentación de resultados específicos .....	53
CAPÍTULO V.....	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	87
5.1. Discusión de resultados específicos.....	87
CONCLUSIONES .....	90
RECOMENDACIONES .....	92
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	93
ANEXOS .....	96

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 – Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.....	30
Tabla 2 – Manejo integral de aguas pluviales. ....	46
Tabla 3 – Nivel de intensidad del peligro. ....	47
Tabla 4 – Variables de investigación.....	49
Tabla 5 – Operacionalización de las variables.....	49
Tabla 6 – Ubicación del punto de aforo de la subcuenca en estudio. ....	53
Tabla 7 – Características morfométricas de la microcuenca.....	55
Tabla 8 – Tiempo de concentración de la microcuenca. ....	56
Tabla 9 – Variación mensual de las temperaturas máximas.....	57
Tabla 10 – Variación mensual de las temperaturas mínimas.....	57
Tabla 11 – Variación mensual de la temperatura media. ....	58
Tabla 12 – Registro de precipitación media mensual – estación meteorológica Pampas.....	59
Tabla 13 – Variación de la precipitación media multianual – estación de Pampas - senamhi. ....	59
Tabla 14 – Ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio. ....	60
Tabla 15 – Precipitación máxima de 24 hr de estaciones de apoyo. ....	62
Tabla 16 – Resumen de PPmax 24 horas regionalizada al área de estudio. ...	63
Tabla 17 – Distribución normal de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto. ....	63
Tabla 18 – Distribución log normal de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto. ....	64
Tabla 19 – Distribución gumbel de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto. ....	64
Tabla 20 – Distribución log gumbel de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto. ....	65
Tabla 21 – Precipitación máxima de 24 hr para diferentes periodos de retorno. ....	66
Tabla 22 – Coeficientes de duración de lluvias entre 48 horas y una hora. ....	67
Tabla 23 – Precipitaciones máximas para diferentes periodos de duración. ...	67
Tabla 24 – Curvas intensidad duración frecuencia método de Dyck Peschke. ....	68

Tabla 25 – Curvas IDF.....	68
Tabla 26 – Parámetros HEC- HMS en la microcuenca.....	73
Tabla 27 – Estimación de numero de curva en la microcuenca en estudio. ....	73
Tabla 28 – Hietograma de diseño.....	74
Tabla 29 – Resumen de caudales máximos para TR=100, 140 y 200 años en la microcuenca en estudio.....	77
Tabla 30 – Resultados de parámetros hidráulicos con fines de protección ante avenidas en la localidad de Paccaypampa desde el tramo 00+000 al 01+565.82	
Tabla 31 – Definición de la altura del muro gavión.....	84
Tabla 32 – Calculo del ancho estable del rio.....	85
Tabla 33 – Calculo de la profundidad de socavación.....	86

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación. ....	20
Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación. ....	20
Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.....	21
Figura 4- Ciclo hidrológico.....	27
Figura 5- Cuenca hidrográfica Canayre. ....	28
Figura 6- Hidrograma de caudal.....	35
Figura 7- Hidrograma de precipitación neta de exceso.....	35
Figura 8- Tránsito de Hidrograma. ....	36
Figura 9- Representación esquemática de las etapas de un río. ....	37
Figura 10- Forma en planta de cauce. ....	39
Figura 11- Corte transversal de los causes.....	39
Figura 12- Definición de los conceptos de erosión general y erosión local. ....	41
Figura 13- Esquema de erosión local en pilas. ....	41
Figura 14- Esquema en erosión local en estribos. ....	42
Figura 15- Método de Nivel para el cálculo de la erosión general.....	43
Figura 16- Método de Lischtvan- Levediev para el cálculo de la erosión.....	43
Figura 17- Microcuenca del río Ccollaymayu. ....	54
Figura 18- Variación mensual de las temperaturas máximas en la zona de estudio. ....	57
Figura 19- Variación mensual de las temperaturas mínimas en la zona de estudio. ....	58
Figura 20- Variación mensual de la temperatura media en la zona de estudio.58	
Figura 21- Variación de la precipitación media multianual – estación meteorológica de Pampas. ....	60
Figura 22- Grafico de distribución de probabilidad a las precipitaciones máximas.....	65
Figura 23- Hietograma de diseño calculado por Illa senamhi, para un TR=100 años. ....	69
Figura 24- Hietograma de diseño calculado por Illa senamhi, para un TR=140 años. ....	70

Figura 25- Hietograma de diseño calculado por Illa senamhi, para un TR=200 años. ....	71
Figura 26- Modelo meteorológico de la subcuenca del rio Ccollaymayu. ....	74
Figura 27- Hidrograma generado en la microcuenca del rio Ccollaymayu TR 100 años. ....	75
Figura 28- Hidrograma de salida en punto de aforo – OUTLET2.....	75
Figura 29- Resultados de la simulación de máximas avenidas para un TR=100 años. ....	76
Figura 30- Resultados de la simulación de máximas avenidas para un TR=140 años. ....	76
Figura 31- Resultados de la simulación de máximas avenidas para un TR=200 años. ....	76
Figura 32- Vista en planta de las secciones transversales naturales ingresadas al programa HEC RAS v.5.0.3. en situación sin proyecto. ....	77
Figura 33- Áreas de inundación la cual representa un alto riesgo para las instituciones públicas, bienes públicos y viviendas para 100 años de tiempo de retorno en condiciones son proyecto. ....	78
Figura 34- Vista en planta de las secciones transversales ingresadas al programa HEC-RAS v.5.0.3. ....	79
Figura 35- Áreas de inundación para 100 años de tiempo de retorno en condiciones con proyecto, en la imagen se distingue la protección de la defensa ribereña a las unidades productoras de bienes e instituciones públicas, además de las viviendas privadas. ....	79
Figura 36- Sección típica en la cual se observa 57cm de calado, esta sección pertenece a la estación 00+900 en el plano de secciones y en el HEC RAS a la estación 664.06.....	80
Figura 37- Sección típica de distribución de velocidades en la cual se observa un promedio de velocidad de 4 a 5 m/s, esta sección pertenece a la estación 00+900 en el plano de secciones y en el HEC RAS a la estación 664.06. ....	81
Figura 38- Típico muro gavión de H=2.00 metros.....	84

## RESUMEN

La investigación tuvo como problema general: ¿ Cómo se determina el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho?, el objetivo general fue: Determinar el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho, y la hipótesis general fue: El estudio hidrológico e hidráulico es determinante para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue descriptivo - explicativo y el diseño de investigación fue no experimental. La población estuvo conformada por los ríos del distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar, en la región Ayacucho, se tomó como muestra el río Ccollaymayu, circundante con la comunidad de Paccaypampa, en el distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar, en la región Ayacucho, el cual fue escogida mediante muestreo aleatorio simple.

La conclusión general fue: Con la visita de campo se ha visto el problema más crítico del Río Ccollaymayu, que es el arrastre de material debido que en las partes altas de la microcuenca hay bastante actividad de movimiento de masas de suelo y rocas debido a ello y por la alta pendiente que tiene el Río arrastra el material hasta la localidad de Paccaypampa y ahí deposita material fino y grueso y por tal motivo el Río cambia a cada año su curso debido.

**Palabras claves:** Hidrología, hidráulica, inundaciones y socavación.

## ABSTRACT

The research had as a general problem: How is the hydrological and hydraulic study for protection against flooding and scouring of the Ccollaymayu river, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho determined? The general objective was: To determine the hydrological and hydraulic study for the protection against flooding and scouring of the Ccollaymayu river, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho, and the general hypothesis was: The hydrological and hydraulic study is decisive for the protection against flooding and scouring of the Ccollaymayu river, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

The research method was scientific, the type of research was applied, the research level was descriptive - explanatory, and the research design was non-experimental. The population was made up of the rivers of the Luis Carranza district, La Mar province, in the Ayacucho region, the Ccollaymayu river, surrounding with the Paccaypampa community, in the Luis Carranza district, La Mar province was taken as a sample. in the Ayacucho region, which was chosen by simple random sampling.

The general conclusion was: With the field visit, the most critical problem of the Ccollaymayu River has been seen, which is the dragging of material because in the upper parts of the micro-basin there is a lot of activity of movement of soil and rock masses due to it and due to the high slope of the River, it drags the material to the town of Paccaypampa and there it deposits fine and coarse material and for this reason the River changes its due course every year.

**Keywords:** Hydrology, hydraulics, floods and scour.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo investigativo se desarrolló en plena aplicación al Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de la Universidad Peruana Los Andes; se elaboró con mucho beneplácito la investigación titulado “estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho”; investigación que establece como propósito fundamental: Determinar el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

Al estudio hidrológico e hidráulico, que muchas veces no se toman con la importancia debida, generando problemas posteriores como la socavación local debido a lechos de arena y socavación en apoyos, sedimentación y cambios de curso de agua, etc. A estos problemas ocurridos posteriormente se plantean y realizan estudios de control de erosión y protección generando costos aún mayores, situación que no debiera ser, todo estudio debe realizarse considerando todos los aspectos y eventos que podrían ocurrir en el futuro.

La presente investigación describe el comportamiento, características y problemática del río Ccollaymayu, un caso del tipo de ríos meándricos, en el cual el principal problema es la socavación lateral del cauce, cuyo efecto con el tiempo va cambiando a dirección de su cauce principal, para tal efecto se hacen los estudios y plantean alternativas en la modificación del cauce principal y obras de control y protección contra los fenómenos de erosión.

Esta investigación de tipología aplicada, considera el nivel descriptivo - explicativo; como diseño de investigación no experimental, y como técnicas de recopilación de data a las fuentes documentales, registros teniendo como instrumentos a las fichas técnicas. Como técnica para el análisis de datos se aplicó la estadística descriptiva el cual nos permitió conocer los resultados.

El trabajo desarrollado y presentado se justifica en razón de que no existen trabajos investigativos rigurosos en relación con el tema tratado, considerando que las recomendaciones buscaran mejorar en realizar los estudios hidrológicos

e hidráulicos para la protección frente a inundaciones y socavación, tomando para el caso de la investigación como referente el río Ccollaymayu, ubicado en la localidad de Paccaypampa, distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar en el departamento de Ayacucho.

Para el entendimiento del tema investigado, la tesis se encuentra dividido mediante capítulos, explicándose cada capítulo de una manera directa y concreta en relación al tema investigado.

En el capítulo I, se describe el planteamiento del problema, formulación y sistematización del problema, la justificación, las delimitaciones, limitaciones y los objetivos de la investigación.

En el capítulo II, se describe la zona del proyecto, se redacta los antecedentes (internacionales y nacionales), el marco conceptual, la definición de términos, el planteamiento de las hipótesis y la identificación de variables de la investigación.

En el capítulo III, se redacta la metodología aplicada, describiéndose el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento de la información y técnicas de análisis de datos de la investigación.

En el capítulo IV, se plasma los resultados obtenidos sobre el estudio hidrológico e hidráulico del río Ccollaymayu.

En el capítulo V, se da la discusión de los resultados obtenidos sobre el estudio hidrológico e hidráulico del río Ccollaymayu, y poder formular las respectivas conclusiones y recomendaciones a la investigación desarrollada, y finalmente redactar las referencias bibliográficas utilizadas en el desarrollo de la investigación.

En la parte final de la investigación, se anexan la documentación que sustenta el desarrollo de la investigación.

# CAPITULO I

## EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

Los principales problemas de inundación, erosión hídrica, desbordamiento de las aguas del río Ccollaymayu ha generado el deterioro en las zonas pobladas y ha puesto en alto riesgo las unidades productoras de bienes, servicios públicos y viviendas, en la comunidad de Paccaypampa.

La comunidad de Paccaypampa se encuentran dentro del tramo en estudio, la población se dedica generalmente a la actividad agrícola y pecuaria; es por tal, que los lugareños se encuentran sumamente alarmados por las constantes crecidas de las aguas del río Ccollaymayu y de la microcuenca del río Ccollaymayu en épocas de avenida; tomando más aun en cuenta que año a año se produce la crecida del río y que afecta a la comunidad de Paccaypampa y sus áreas agrícolas.

La actividad económica de la comunidad de Paccaypampa es principalmente la actividad agrícola y pecuaria, cuyas tierras de cultivo se encuentran en ambos márgenes del río Ccollaymayu.

El trabajo de investigación pretende establecer obras de protección con el objetivo de evitar la erosión hídrica o socavación y las inundaciones de las unidades productoras de bienes, servicios públicos y viviendas en épocas de grandes avenidas de agua que se producen en los meses de enero a marzo.

La ejecución del presente trabajo de investigación, se sustenta fundamentalmente en proteger la ribera del margen derecho e izquierdo del río Ccollaymayu para proteger las unidades productoras de bienes, servicios públicos y viviendas frente a inundaciones y erosión hídrica del río Ccollaymayu, en la comunidad de Paccaypampa.

## **1.2. Formulación y sistematización del problema**

Ante esta disposición se plantea la siguiente interrogante como problema general:

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo se determina el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho?

### **1.2.2. Problemas específicos**

a) ¿Cuáles son los parámetros hidrológicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho?

b) ¿Cuáles son los parámetros hidráulicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho?

## **1.3. Justificación**

### **1.3.1. Social**

En base a los resultados de este trabajo de investigación se pretende abordar el problema de las inundaciones en las zonas agrícolas y la destrucción del río Ccollaymayu por el caudal de agua en caso de caudal anormal. Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, la contribución de este estudio está socialmente justificada para evitar futuros problemas en el entorno social y de salud de la población.

### **1.3.2. Teórica**

La presente investigación tiene la finalidad de proponer medidas específicas de protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, dándole prioridad a los lugares considerados como zonas críticas por presentar riesgos altos y muy altos. Bajo una buena planificación estas zonas tendrán que ser absueltas de estos problemas utilizando acciones preventivas dosificadas en el

tiempo, con la finalidad de prevenir los daños frente a desastres naturales.

### **1.3.3. Metodológica**

El tratamiento metodológico de esta encuesta debe servir de guía para encuestas similares sobre el riesgo de inundación de los diferentes ríos, los productos de los desequilibrios ambientales, las consecuencias de los problemas del calentamiento global y los posibles cambios futuros en los diferentes ríos que presenta nuestra hidrología a nivel nacional. y escala internacional se vuelven más nítidos en los medios.

## **1.4. Delimitaciones**

### **1.4.1. Delimitación temporal**

El trabajo de investigación se llevó a cabo en 4 meses, del mes de julio del 2021 hasta el mes de octubre del Año 2021.

### **1.4.2. Delimitación espacial**

La investigación se realizó en la comunidad de Paccaypampa, dentro de la jurisdicción del distrito de Luis Carranza, en la provincia de La Mar, departamento de Ayacucho.

Figura 1- Ubicación departamental de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

Figura 2- Ubicación provincial de la zona de investigación.



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

**Figura 3- Ubicación distrital de la zona de investigación.**



Fuente: <https://www.deperu.com/calendario>

### **1.4.3. Delimitación económica**

No hay inconveniente financiero por el gasto financiero de preparar este esfuerzo de investigación. Los gastos anteriores serán sufragados íntegramente por los investigadores de esta tesis.

### **1.5. Limitaciones**

Básicamente la limitación de la investigación se centró en la no accesibilidad a la información del expediente técnico “creación del servicio de protección frente a inundaciones y socavación en la margen derecha del río Ccollaymayu, en la comunidad de Paccaypampa del distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar, departamento de Ayacucho”.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

### **1.6.2. Objetivos específicos**

a) Determinar los parámetros hidrológicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

b) Determinar los parámetros hidráulicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Internacionales

Alcocer et al. (2016) realizó la investigación: “Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas”, estableciéndose como objetivo: “Establecer una metodología que permita determinar los costos por daños generados por las inundaciones a fin de proponer acciones que deriven en su mitigación; para ello utilizaron una metodología propuesta por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), mediante con el cual es posible obtener mapas de peligro, vulnerabilidad y riesgo de forma económica y en un tiempo de cálculo accesible. Llegaron a las siguientes conclusiones: Que se desarrolló una metodología para la construcción de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas, integrados por la combinación de los mapas de peligro y vulnerabilidad; siendo esto de vital consideración para los mapas de peligro de los factores del deslizamiento y vuelco que se pueda presentar por las inundaciones; que los modelos de simulación hidráulica se vuelven una herramienta importante en el análisis de inundaciones y por último que, los mapas de riesgo por inundación permiten calcular los costos probables por daños por inundación en menaje de casa e infraestructura; asimismo, se vuelven una herramienta para determinar rutas de evacuación óptimas de la población hacia los refugios en la ciudad.”

Rodríguez (2012) en la investigación: “Inundaciones en zonas urbanas. Medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales”, estableció como objetivos: “Analizar las inundaciones a fin de plantear la prevención y atención de estas en las zonas urbanas más susceptibles, describir los factores

generadores de inundaciones en zonas urbanas, especificar las diferentes acciones estructurales y no estructurales que sirvan de ayuda para la protección y control de inundaciones, mencionar nuevas tecnologías estructurales y no estructurales que sirvan para el control de inundaciones; y llegó a las siguientes conclusiones: Que las tecnologías estructurales están enfocadas en medidas correctivas como alternativa de reemplazo a los sacos de arena, que existe poca coordinación institucional referente a los temas de inundaciones, que es necesario la creación de una norma técnica encargada de especificar criterios de estimación de avenidas, para el manejo de mapas de riesgos y así proponer criterios de diseño para diferentes obras hidráulicas y finalmente sugiere la revisión y recopilación de los modelos de pronósticos que ayuden a la gestión de inundaciones.”

Arce et al. (2006) realizaron la investigación: Metodologías fotogramétricas e hidrológicas para estimar la amenaza y vulnerabilidad de inundación en la cuenca del río Purires, Cartago, Costa Rica” estableciéndose los siguientes objetivos: “Generar un modelo topográfico de resolución fina para la zona baja de la cuenca del río Purires, estimar los caudales máximos del río Purires para eventos de máxima precipitación en periodos de 10, 20, 50 y 100 años, utilizar el modelo hidráulico HEC – RAS, para determinar los posibles efectos de eventos de máxima precipitación en la hidrodinámica del río Purires y elaborar una cartografía con un mayor nivel de detalle en un mapa de amenazas de inundación en la cuenca baja del río Purires; siendo así que llegó a las siguientes conclusiones: Que la utilización del HEC-RAS es una herramienta valiosa en el ámbito de prevención de desastres, pues permite utilizar información de muy variada índole; asimismo el mapa de vulnerabilidad representa una herramienta de planificación para instituciones como municipalidades, ministerios entre otros, adicional a ello es posible mediante estos mapas proponer rutas de

evacuación e incluso se puede considerar la construcción de infraestructuras que ayuden a reducir los efectos de una posible inundación.”

### **2.1.2. Nacionales**

Concha y Miranda (2016) en su investigación: “Análisis del riesgo de inundación de la cuenca del río Chili en el tramo de Chilina a Uchumayo – Arequipa”, estableció como objetivos: Estimar los parámetros necesarios para el análisis hidrológico e hidráulico del comportamiento del río Chili, realizar un modelo hidrológico de la cuenca del río Socabaya que permita obtener los hidrogramas de escorrentía superficial a partir de datos pluviométricos y parámetros estimados, identificar los posibles escenarios de ocurrencia en el Chili usando el modelo hidrológico planteado, realizar un modelo hidráulico unidimensional que permita simular el comportamiento del río Chili y proporcione los mapas de inundación para los distintos escenarios planteados, evaluar la influencia de los parámetros hidrológicos en la determinación de mapas de inundación y proporcionar un manual de modelamiento hidráulico unidimensional utilizando el software ArcGIS y HEC-RAS; de acuerdo a ello llegaron a las siguientes conclusiones: Que la influencia de escala de la cuenca analizada en los mapas de inundación no ha sido determinada debido a que se contó con información concerniente a aforo que permitió validar los cálculos realizados, que los cambios en el número de la curva generan una gran sensibilidad en los caudales de escorrentía, que la estimación del tiempo de concentración de acuerdo a la fórmula de Kirpich proporcionó resultados más coherentes y estables en las subcuencas estudiadas, que el patrón de lluvia influye en la determinación del hidrograma de escorrentía por la respuesta de la cuenca dependiendo del tiempo de concentración y que la variación del área de inundación con respecto a la rugosidad estimada del cauce no es muy significativa.

Yépez (2016) en la investigación: “Comportamiento de las máximas avenidas y las posibles áreas de inundación producidas en la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana del distrito de Cajamarca, 2016” consideró como objetivos: Calcular los parámetros hidrológicos de la quebrada Cruz Blanca para encontrar las máximas avenidas, determinar las posibles áreas de inundación, desastres y posibles soluciones de la quebrada Santa Cruz para diferentes tiempos de retorno, adicional a ello calcular los tirantes en las secciones de la quebrada y elaborar mapas de áreas de inundación en los diferentes sectores de estudio considerando los tiempos de retorno; situación por la cual llegó a las siguientes conclusiones: Que los mapas de riesgo muestran las inundaciones y los posibles impactos que puede causar en zonas aledañas, que la velocidad máxima de la avenida más alta se da un periodo de retorno de 200 años; que se elaboró mapas de inundación para diferentes tiempos de retorno (5, 10, 15, 20, 25, 50, 100, 150 y 200 años) y finalmente propone el ensanchamiento de la quebrada en las secciones más críticas o pequeñas.

Valdivia (2014) en su investigación: “Determinación del área de inundación por máxima avenida de la quebrada Amojú, en la zona urbana de la ciudad de Jaén – Cajamarca” consideró como objetivo determinar el área de inundación en la zona urbana de la ciudad de Jaén, ocasionado por una máxima avenida de la quebrada Amojú; por lo que, llegó a las siguientes conclusiones: Que ante eventos de máximas avenidas los caudales generados sí ocasionarán áreas de inundación tanto en un periodo de retorno de 10 años, 50 años, 100 años y 200 años, que de acuerdo a la topográfico se presentó hasta tres puntos críticos y por último que, las zonas y lugares que afectan dichos puntos críticos de desborde se pueden apreciar en planos de las áreas de inundación considerando también los periodos de retorno de 10, 50, 100 y 200 años.

## 2.2. Marco conceptual

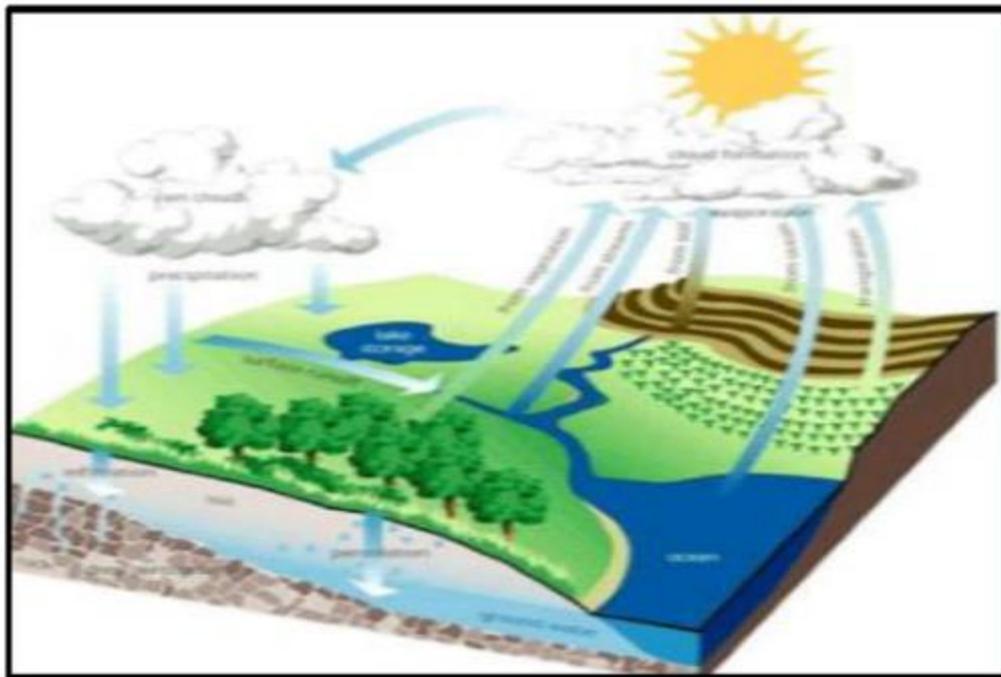
### 2.2.1. Teorías de la Investigación

#### 2.2.1.1 Hidrología

Aparicio (1989). “Es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.”

1.- **Ciclo hidrológico:** Chereque (1991). Define. “Un conjunto de cambios que experimenta el agua en la Naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).”

**Figura 4- Ciclo hidrológico.**



Fuente: chereque (1991).

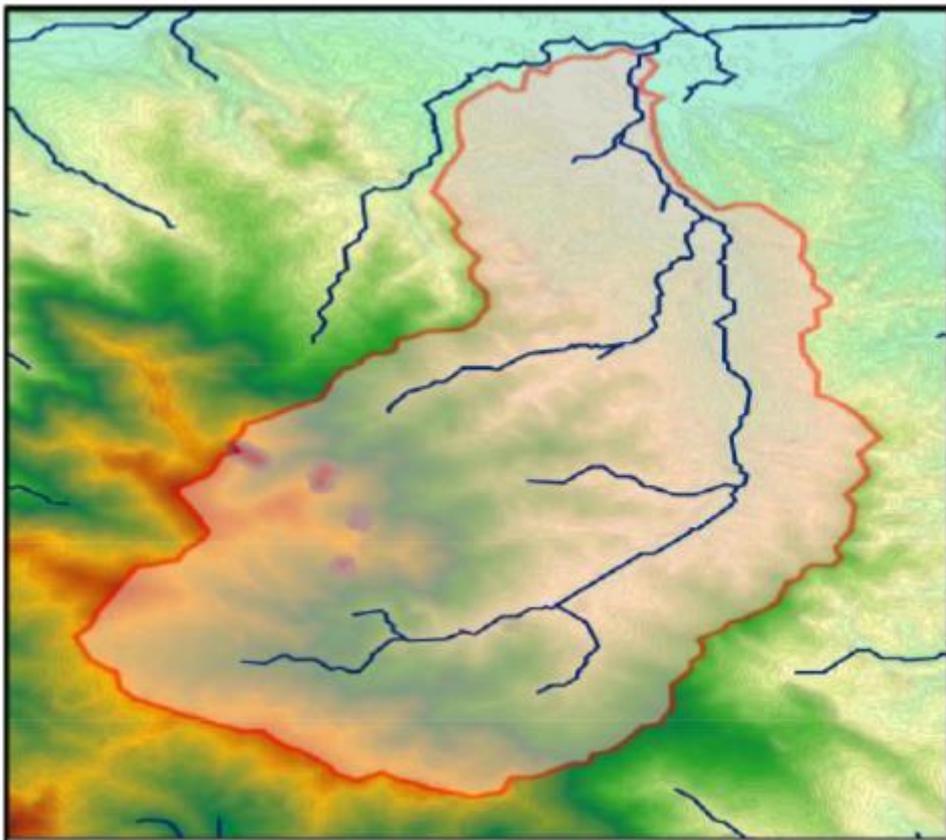
#### 2.2.1.2 Cuenca hidrológica

Villón (2002). “Define la cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas

caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de recorrido.”

**1.- Delimitación de una cuenca:** La delimitación de una cuenca se hace sobre un plano a curvas de nivel, siguiendo las líneas de divortium aquarum o líneas de las altas cumbres de una cuenca.

**Figura 5- Cuenca hidrográfica Canayre.**



**Fuente:** Elaboración propia.

**2.- Características de la cuenca:** Superficie o área de la cuenca hidrográfica Villón (2002). Define. Área proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca”.

Para algunos autores una cuenca pequeña puede variar entre 4 a 130km<sup>2</sup>, y para otros hasta los 250km<sup>2</sup>.

**a) Orden de drenaje:** Villón (2011). Antes de hablar del orden de las corrientes, conviene ver su clasificación, todas las corrientes pueden dividirse en tres clases generales dependiendo del tipo de escurrimiento, el cual está relacionado con las características físicas y condiciones climáticas de la cuenca.

- ✓ Una corriente efímera
- ✓ Una corriente intermitente
- ✓ La corriente perenne

**b) Pendiente del cauce:** Chereque (1991). “La pendiente de una cuenca es un parámetro muy importante en el estudio de toda cuenca. Así tenemos que tiene gran influencia en el escurrimiento superficial de la corriente, ya que a mayor pendiente de la cuenca los caudales picos son mayores y la infiltración tiende a ser menor.”

**c) Longitud mayor del río (L):** La longitud mayor L de la cuenca viene definida por la longitud de su cauce principal, que tiene el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los cambios de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo de interés.

**d) Ancho promedio (Ap):** El ancho está definido como la relación entre el área de la cuenca y a la longitud mayor del curso del río.

**e) Forma de la cuenca:** Esta característica es importante pues se relaciona con el tiempo de concentración; o sea, el tiempo que demora en llegar el agua desde el lugar más remoto al punto de desagüe.

**f) Curva hipsométrica:** Agustín B. y Marco J. (Principios y fundamentos de hidrología superficial 2006). Es una curva que representa en ordenadas, las elevaciones o altitudes de la cuenca que se ubica a partir de las superficies de la descarga o salida en abscisa. Se puede considerar a esta curva como una especie del perfil de cuenca de análisis. La distribución espacial de la altitud en la cuenca es fundamental para caracterizar su condición morfológica, es decir, saber qué porcentaje de la cuenca corresponde a zonas de montaña, lomeríos, planicies, etc. Primero se requiere obtener un diagrama de frecuencias que asocie área-altitud; es decir, determinar el valor de área correspondiente a un intervalo de altitud, abarcando el rango comprendido entre las elevaciones del terreno mínima y máxima.

**g) Parámetros de forma**

**Coefficiente de compacidad:** Villón (2002). Índice de Gravelius (kc). Tiene relación con la forma de la cuenca y con la concentración del escurrimiento, como origen de las crecidas. Igualmente, en la forma del hidrograma y su respectivo tiempo de base. Se utiliza para hacer extrapolaciones de parámetros de una cuenca a otra en función de su semejanza de índices.

**Tabla 1 – Índice de Gravelius para la evaluación de la forma.**

<b>Kc</b>	<b>Forma de la cuenca</b>
1.00 – 1.25	Redonda
1.25 – 1.50	Ovalada
1.50 – 1.75	Oblonga
> 2	Alargada

Fuente: Villón (2002).

### **Rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius:**

Es una transformación geométrica, que permite representar a la cuenca, en forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro; por lo tanto, el mismo índice de compacidad.

**Tiempo de concentración (TC):** Chereque (1991). “El tiempo que demora una gota agua desde el punto hidráulicamente más distante al punto de interés se denomina Tiempo de Concentración.”

### **3. Metodología para el cálculo del área de una cuenca:**

**a.- Método de cuadrículado:** Para utilizar éste método se deben realizar los siguientes pasos:

- ✓ Se superpone, en el área a medir un papel transparente previamente cuadrículado en centímetros (se recomienda el cm. cuadrado, haciendo la salvedad que cuanto menor sea el cuadrículado es más exacto el cálculo).
- ✓ Se cuentan en primer lugar las cuadrículas que están completamente cubiertas por el área en cuestión. Estas recibirán un valor 1 (cada una de ellas).
- ✓ Las cuadrículas que están parcialmente cubiertas por el área en cuestión se les asigna un valor de 0,5. Para mayor exactitud del método se pueden valorizar estas cuadrículas en 0,25 - 0,75 - 0,3 - etc., dependiendo del área aproximada que ocupa la cuadrícula.
- ✓ Se procede el recuento de los valores de las cuadrículas completas o incompletas, cuyo resultado será la superficie del área en centímetros.
- ✓ Dicha superficie en centímetros se transforma en kilómetros según sea la escala de la carta.

### **b.- Métodos geométricos:**

**Método de tiras:** Se trazan en el área a medir una serie de líneas paralelas a una distancia regular (mientras más pequeña sea la distancia entre las líneas más exacto es el método). Al final de las líneas se trazan líneas perpendiculares que cortan el perímetro a medir, de modo que incluyan una porción igual a la que se excluyó.

**Método de triangulación:** Se trazan en el área a medir una serie de triángulos, tratando de que abarquen la mayor superficie del área, y se calcula la superficie de cada uno de ellos, de acuerdo a la fórmula geométrica  $1/2$  (base x altura), sumando todos los resultados.

- ✓ Aquellos sectores que no son cubiertos por los triángulos se completan por el método de tiras.
- ✓ El resultado final (en  $\text{cm}^2$ ) se transforma a kilómetros cuadrados según la escala.

**c.- Método de simpson:** Este método de cálculo de superficie es más exacto que los explicados anteriormente, y consiste en los siguientes pasos:

- ✓ Se traza una recta horizontal, por el centro del área que se debe medir, dividiendo a ésta en dos sectores. Esta recta será el eje x.
- ✓ En el extremo izquierdo del eje x, tangente a la superficie en estudio, se traza una vertical que será el eje y.
- ✓ El eje x se divide en intervalos regulares, de ancho arbitrario, teniendo en cuenta que mientras menor sea éste el método presentará una mayor exactitud. A partir de cada intervalo se dibujan trazos verticales,

partiendo del eje y que terminan al cortarse con la línea de perímetro del área en cuestión, resultando de esta manera una serie de franjas que cubren totalmente el área.

- ✓ Se calcula el valor “y”, de cada una de las franjas.
- ✓ Se aplica la fórmula:  $\frac{1}{12} \text{Área} = X/3(Y_0 + 4Y_1 + 2Y_2 + 4Y_3 + 2Y_4 + \dots + 4Y_{n+1} + 2Y_N)$

### 2.2.1.3 Precipitación

Monsalve (1999). Define. El régimen hidrológico de una región en función de características físicas, geológicas, topográficas y climatológicas.

Los factores climatológicos más importantes son la precipitación, vaporación, temperatura, humedad del aire, y los vientos; estos 3 últimos en medida en que ejerzan influencia sobre la precipitación y evaporación.

**1.- Curvas intensidad duración frecuencia por el método Frederich Bell:** Chereque (1993). En vista de que los registros pluviográficos son escasos, en muchas estaciones pluviográficas, ha llevado estas situaciones a muchos investigadores a buscar procedimientos que permitan superar tal eficiencia, aprovechando al máximo la información realmente existente.

**2.- Bloque alterno para el cálculo de hietogramas de precipitaciones:** El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación que ocurre en n intervalos de tiempo sucesivos de duración  $\Delta t$  sobre una duración total de  $T_d = n \Delta t$ . Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones  $\Delta t$ ,  $2 \Delta t$ ,  $3 \Delta t$ , y la profundidad de

precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración.

#### **2.2.1.4 Hidrología estadística**

Monsalve (1999). Define en estadística existen muchas funciones de distribución de probabilidad teóricas, las funciones de distribución de probabilidad teóricas más usadas en hidrología son las siguientes:

- ✓ Distribución Normal
- ✓ Distribución Log. Normal
- ✓ Distribución Log. Pearson Tipo III
- ✓ Distribución Gumbel
- ✓ Distribución Log. Gumbel.

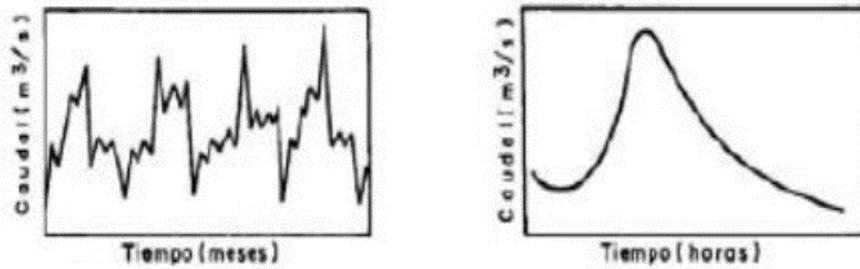
#### **2.2.1.5 Escorrentía**

Monsalve (1999) “Define la escorrentía superficial es el fenómeno más importante desde el punto de vista de ingeniería, y consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre.”

#### **2.2.1.6 Hidrogramas**

Se denomina hidrógrafa o hidrograma de caudal la representación gráfica de la variación del caudal en relación con el tiempo. El intervalo de tiempo puede variar en horas y años.

Figura 6- Hidrograma de caudal.



Fuente: Monsalve (1999).

Figura 7- Hidrograma de precipitación neta de exceso.

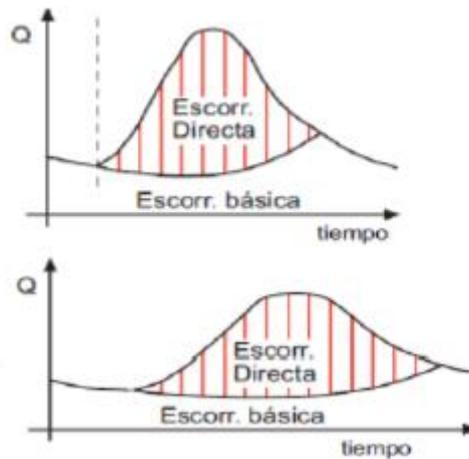


Fuente: Monsalve (1999).

### 2.2.1.7 Tránsito de hidrogramas

Evolución de hidrograma a lo largo del tiempo: Cómo se mueve el hidrograma a través de un cauce, un conducto, etc.

**Figura 8- Tránsito de Hidrograma.**



Fuente: Chereque (1991).

### **2.2.1.8 Tormenta de diseño**

Chereque (1991). Define. "Tormenta es el conjunto de, lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. Una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aun días y puede abarcar desde una zona pequeña hasta una extensa región."

### **2.2.1.9 Hidráulica**

En este capítulo se tratarán de conceptos, los cálculos y las medidas constructivas relacionadas con los puentes, como lugar de cruce entre la infraestructura de comunicación y los ríos. El objeto de nuestro interés no es ya el río mismo; sino, una obra humana que lo cruza. A pesar de ello las ideas básicas y el lenguaje son lo mismo de los capítulos anteriores, lo que quizá refuerce la visión fluvial del puente.

### **2.2.1.10 Canales naturales**

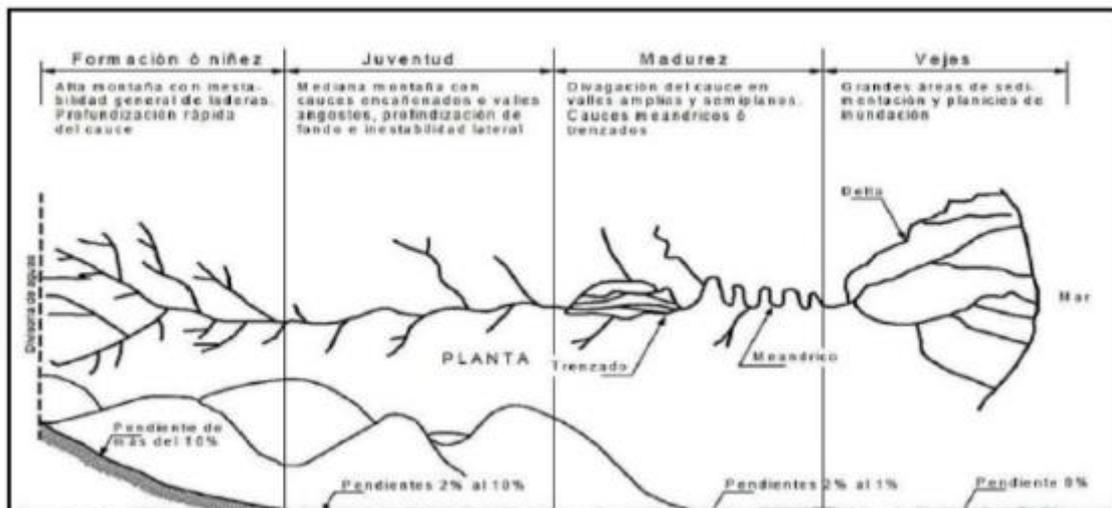
**1.- Clasificación básica de canales naturales:** En primer lugar, los ríos tienen un régimen hidrológico

determinado por las características de la cuenca y de las precipitaciones (lluvia y nieve).

Estamos acostumbrados a relacionar el caudal de un río con las lluvias inmediatamente precedentes y así pensamos en la escorrentía directa de la Cuenca como la realidad hidrológica más importante. Conviene señalar que en otros casos la función de las nieves explica el régimen del río.

**a) Según edad:** Suárez (2001). Define. En los ríos se distinguen cuatro etapas principales: niñez, juventud, madurez y vejez. Dicha clasificación se esquematiza.

**Figura 9- Representación esquemática de las etapas de un río.**



Fuente: Martin (1996).

**b) Por el material de márgenes y fondo:** Gracia y Maza (1996), "según el material de fondo y márgenes, es posible identificar cuatro tipos de cauces: cohesivos, no cohesivos, bien y mal graduados."

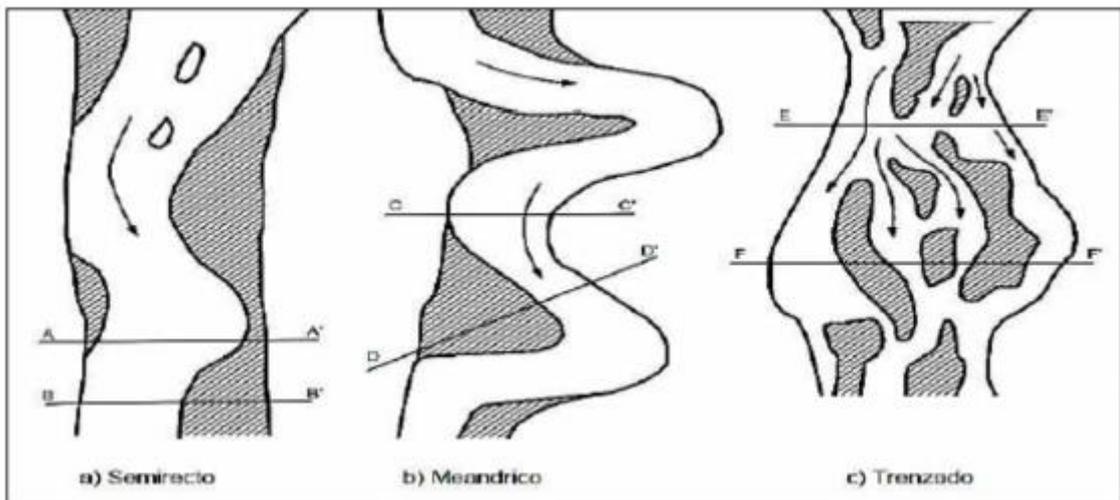
**1. Cohesivos:** Son aquellos formados por materiales predominantemente arcillosos, estos lechos desarrollan fuerzas interparticulares químicas para hacer frente a la erosión.

**2. No cohesivos:** Los cauces no cohesivos o granulares son aquellos donde las partículas no generan fuerzas cohesivas, en general resisten los esfuerzos que le imprime el flujo en base a fuerzas gravitacionales.

**c) Por geometría:** Para clasificar los cauces según su geometría en planta es necesario definir el concepto de sinuosidad.

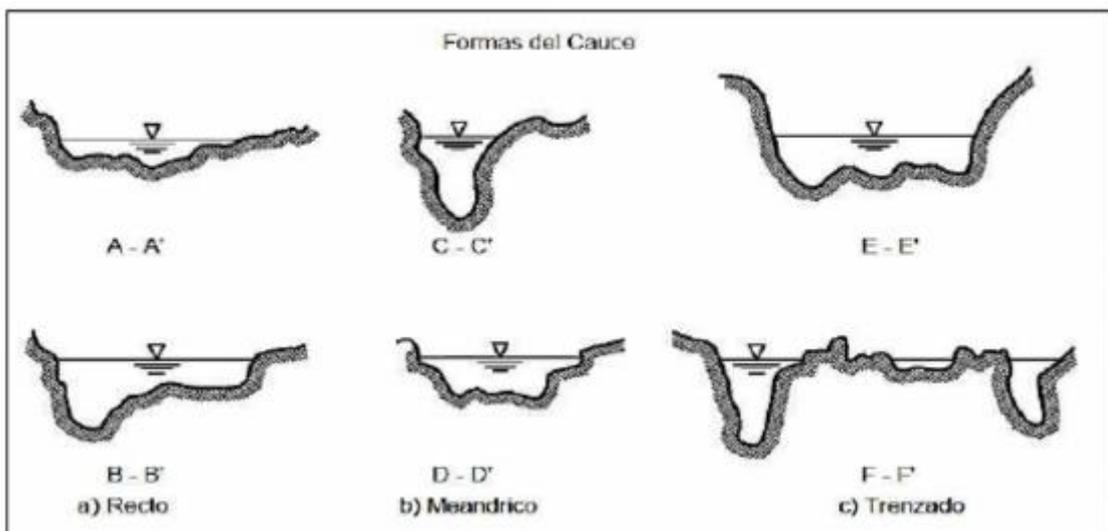
1. Rectos
2. Sinuosos
3. Meandriiformes
4. Trenzados

**Figura 10- Forma en planta de cauce.**



Fuente: Martín (1996).

**Figura 11- Corte transversal de los cauces.**



Fuente: Martín (1996).

**d) Características físicas del río:** El equilibrio morfológico de los cauces cambia con el tiempo en función de diversos parámetros como el caudal líquido y su distribución, gasto sólido, ancho superficial, profundidad media, pendiente hidráulica del río, diámetro representativo del sedimento del fondo y la configuración de curvas.

1. Velocidad.

2. Pendiente.
3. Márgenes.
4. Transporte del material sólido.

#### **2.2.1.11 Hidráulica fluvial**

**1.- Generalidades:** Vide (2003). Define. En este curso de ingeniería de río son las asignaturas de hidrología e hidráulica y de obras hidráulicas. En la primera se aprende a aplicar los principios de la mecánica de fluidos a los dos modos de transporte fundamental del agua: en tubería a presión y en canal en lámina libre. En la segunda se aprende el funcionamiento de los sistemas para aprovechar los recursos hidráulicos.

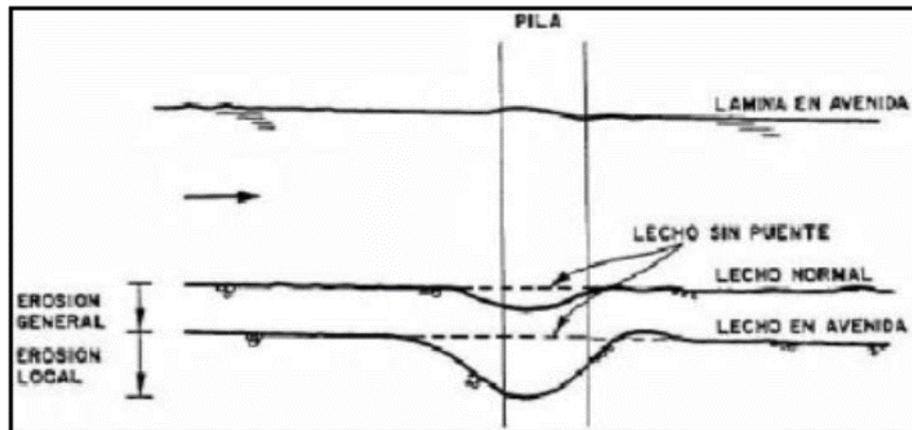
#### **2.2.1.12 Socavación de puentes**

Desde el punto de vista de la ingeniería es muy importante cuantificar el valor máximo de la socavación que se puede producir en torno a los elementos de cimentación del puente y que puede afectar su estabilidad.

Se distingue dos tipos de socavación:

- ✓ Socavación general del lecho
- ✓ Socavación al pie de elementos de fundación de puentes

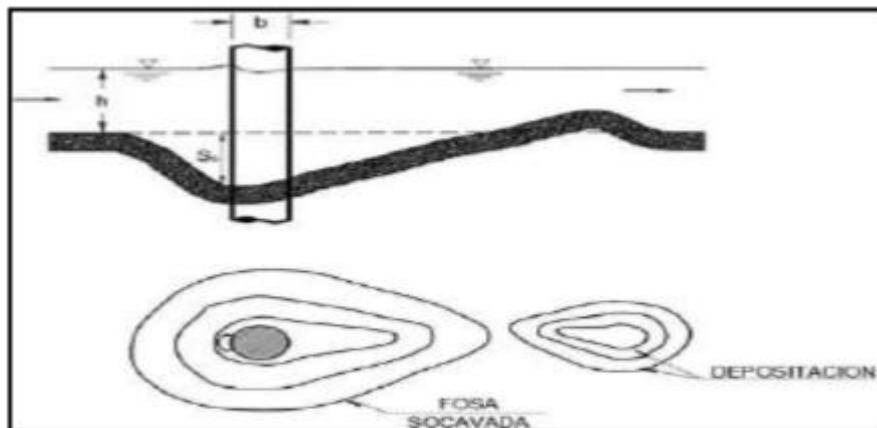
Figura 12- Definición de los conceptos de erosión general y erosión local.



Fuente: Martin (1996).

**1.- Socavación local en pilas:** Las fórmulas para el cálculo de la socavación máxima al pie de una pila están referidas a pilas cilíndricas de sección circular insertas en un lecho de arena y en régimen de “aguas claras”; es decir, la condición crítica donde no hay aporte de sedimentos desde aguas arriba, para cualquier otro caso se considera factores de corrección.

Figura 13- Esquema de erosión local en pilas.

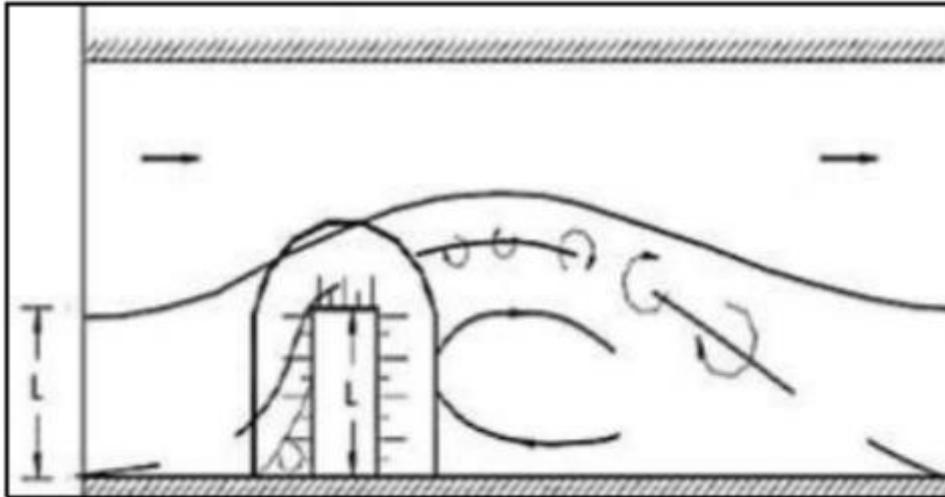


Fuente: Martin (1996).

**2.- Socavación local en estribos:** Los estribos son estructuras que sirven para soportar y empalmar la superestructura de un puente con la ribera. La presencia de estos elementos implica un estrechamiento de la

sección; lo cual, a su vez acelera el flujo provocando la erosión general del lecho.

**Figura 14- Esquema en erosión local en estribos.**

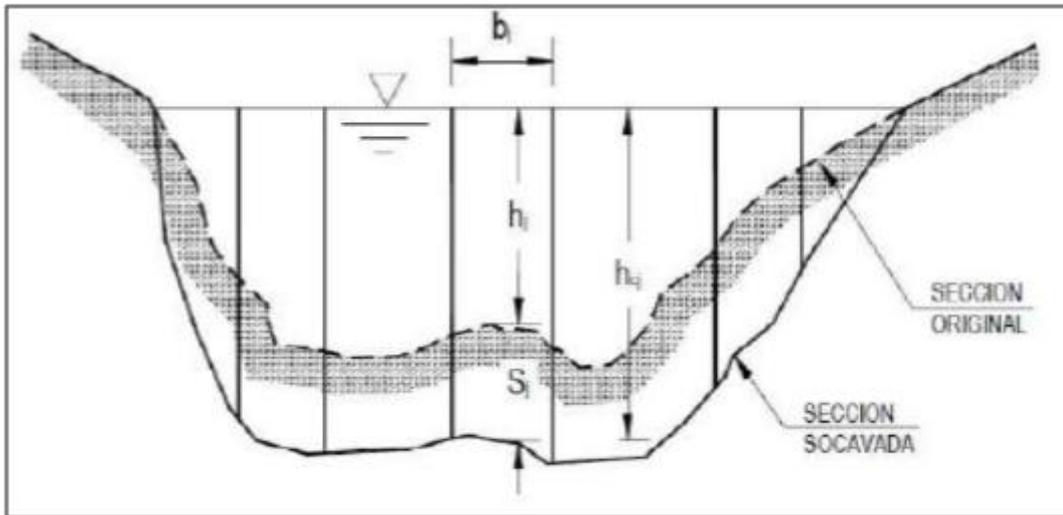


Fuente: Martin (1996).

**3.- Socavación general del lecho:** Un cauce fluvial experimenta un proceso de socavación general cuando ocurre una profundización de su lecho en un determinado tramo debido a un desequilibrio entre la tasa de salida y entrada de sedimentos a dicho tramo. Este desequilibrio generalmente se encuentra asociado a una aceleración del flujo que provoca un aumento local de la tasa de arrastre de sedimentos, como ocurre en el caso de una contracción o angostamiento del cauce.

**a.- Método de Neill (1975):** Martin (1996). Define. Para una mayor precisión al determinar la sección socavada se divide la sección en franjas o subsecciones, luego para cada una de ellas se determinará la altura máxima de agua que se iguala a la crítica de arrastre.

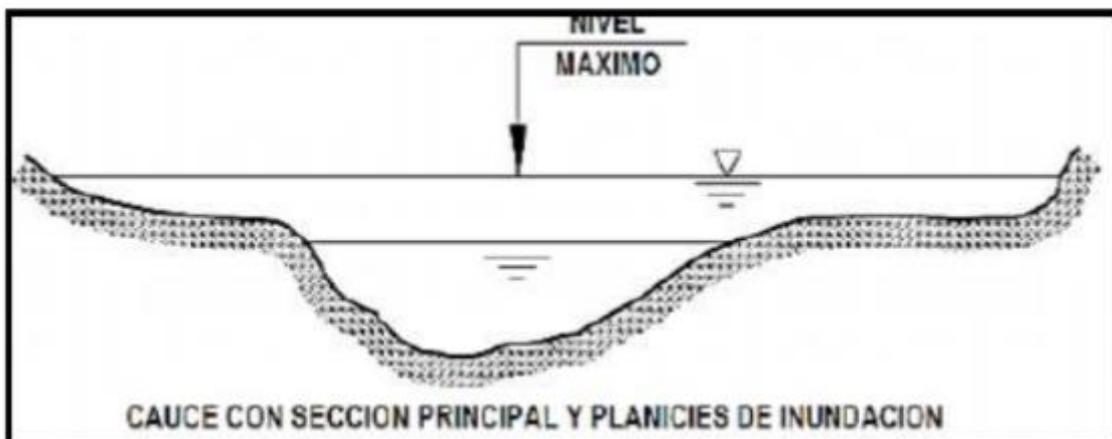
**Figura 15- Método de Nivel para el cálculo de la erosión general.**



Fuente: Martin (1996).

**b.- Método de Lischtván - Levediev (1967):** Este método se utiliza para calcular la socavación general media en una contracción producida por la presencia de las pilas de un puente. Para efectos de este estudio se considera el método aplicado a lechos no cohesivos con sección principal y planicies de inundación.

**Figura 16- Método de Lischtván- Levediev para el cálculo de la erosión.**



Fuente: Martin (1996).

### 2.2.1.13 Programa de simulación

**1.- Hidroesta:** Es una herramienta que facilita y simplifica los cálculos laboriosos, y el proceso del análisis de la abundante información que se deben realizar en los estudios hidrológicos.

El producto del trabajo proporciona al ingeniero civil, agrícola, agrónomo, hidrólogo y otros especialistas que trabajen en este campo, una herramienta que permite realizar cálculos, simulaciones rápidas, y determinar los caudales o precipitaciones de diseño.

**2.- HEC-HMS:** El HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System) es un programa de simulación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar las hidrógrafas de salida en una cuenca o varias subcuencas (caudales máximos y tiempos al pico) a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo de hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa que han alcanzado cierta popularidad en los Estados Unidos y por extensión en nuestro país.

El programa se deriva directamente del HEC-1, y conserva en esencia la misma filosofía de introducción de datos y secuencia de cálculos. El HMS, incluye la mayor parte de las rutinas de HEC-1 (algunas parecen haber sido obviadas) e incorpora como elementos adicionales: Un método de transformación lineal de la escorrentía (basado en una modificación del hidrograma unitario de Clark) que puede utilizarse en una representación de la cuenca a través de celdas, con datos distribuidos de precipitación obtenidos por ejemplo de registros de radar

(una opción tecnológica que no tiene aún aplicación en nuestro país).

Una opción de pérdida distribuida de humedad en suelos que aplica el mismo principio de las celdas y puede utilizarse en simulaciones sobre períodos largos (de días o meses) y una opción de optimización, un poco más versátil que la del HEC-1.

La versión es atractiva porque trabaja en un ambiente de ventanas mucho más agradable que en HEC-1 y porque permite visualizar los resultados de las simulaciones en forma gráfica, tabulada y más expedita para el usuario.

**3.- IBER v2.0:** Es un modelo matemático bidimensional para la simulación de flujos en ríos y estuarios promovido por el Centro de Estudios Hidrográficos del CEDEX y desarrollado en colaboración con el Grupo de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente, GEAMA (de la Universidad de A Coruña), los campos de aplicación son: simulación del flujo en lámina libre en cauces naturales, evaluación de zonas inundables, cálculo hidráulico de encauzamientos, cálculo hidráulico de redes de canales en lámina libre, cálculo de corrientes de marea en estuarios, estabilidad de los sedimentos del lecho, procesos de erosión y sedimentación por transporte de material granular.

#### **2.2.1.14 Peligro a inundación**

Es la probabilidad de que evento ocurra en un evento extremo potencialmente dañino, se caracteriza por la intensidad en un periodo dado y el tirante del mismo en un área determinada (Concha y Miranda, 2016).

Alcocer et al. (2016) mencionan los criterios de peligro definiéndole con la base del manejo de aguas pluviales considerando lo siguiente:

**Tabla 2 – Manejo integral de aguas pluviales.**

Manejo integral de aguas pluviales	
Identificación de la problemática de las inundaciones	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hundimiento del terreno natural.</li> <li>- Presencia de basura en las calles.</li> <li>- Filtraciones de agua freática en los colectores.</li> <li>- Topografía del terreno.</li> <li>- Lluvias extraordinarias.</li> </ul>
Análisis hidrológico e hidrográfico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de lluvias que generan inundaciones.</li> <li>- Generación de curvas de precipitación - duración - periodo de retorno para el dimensionamiento de nuevas obras.</li> <li>- Configuración de las cuencas y microcuencas de la zona de estudio.</li> <li>- Identificación de los usos de suelo.</li> </ul>
Herramienta de cálculo para la generación del modelo de simulación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelo digital de elevaciones.</li> <li>- Sistema de Información Geográfica con los datos de colectores principales, lluvias, uso de suelo, etc.</li> <li>- Creación del modelo de simulación de microcuencas, colectores y drenes pluviales.</li> <li>- Construcción del modelo de simulación de escurrimiento en las calles para la generación de mapas de riesgo.</li> </ul>
Generación de los escenarios para la mitigación de los riesgos por inundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generación de mapas de inundación para diferentes lluvias.</li> <li>- Evaluación de los costos generado por los efectos de la inundación.</li> <li>- Costos de implementar acciones estructurales y no estructurales para disminuir los riesgos de la inundación.</li> </ul>

Fuente: Alcocer et al. (2016).

Asimismo, el manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales (CENEPRED, 2014) considera que, es dable determinar los niveles de peligrosidad especificando si es muy alto, alto, medio y bajo; además, de recopilar información a fin de identificar los parámetros de evaluación y la susceptibilidad del territorio, para cuantificarlos.

En este caso para la determinación del peligro a inundación es necesario el establecimiento de la altura de inundación en base al modelamiento hidráulico.

**Tabla 3 – Nivel de intensidad del peligro.**

Nivel de intensidad	Profundidad x velocidad del flujo (m <sup>2</sup> /s)
Muy alta	$H*V > 1.5 \text{ m}$
Alta	$0.5 < H*V < 1.5 \text{ m}$
Medida	$0.25 < H*V < 0.5 \text{ m}$
Baja	$H*V > 0.25 \text{ m}$

Fuente: INDECI (2011).

### 2.3. Definición de términos

- 1. Cuenca hidrográfica:** “Consiste una porción de territorio que logra aislar el escurrimiento drenando hacia un mismo punto; existen dos tipos de cuencas: endorreicas, aquellas que terminan en un lago central y exorreicas, las que drenan fuera de la unidad hidrológica.” (Bateman, 2007).
- 2. Evapotranspiración:** “Es la combinación de la evaporación desde la superficie del suelo y la transpiración de la vegetación.” (Chow, 1994).
- 3. Hidrograma:** “Es el gráfico del nivel o caudal contra el tiempo, según el propósito puede ser medias anuales y mensuales o caudal total.” (Linsley et al., 2003).
- 4. Hietograma:** “Es la forma gráfica de representar la lluvia incremental, y por lo general se presenta con un diagrama de barras.” (Bateman, 2007).
- 5. Infiltración:** “Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares.” (Aparicio, 2002).
- 6. Tiempo de concentración:** “Es un parámetro que es utilizado para los cálculos de la relación precipitación – escorrentía; viene a ser el tiempo que una partícula de agua tarda en llegar del punto más alejado al punto de desagüe.” (Fattorelli y Fernández, 2011).

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El estudio hidrológico e hidráulico es determinante para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

### **2.4.2. Hipótesis específicos**

a) Determinar los parámetros hidrológicos de la cuenca, incide significativamente para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

b) Determinar los parámetros hidráulicos de la cuenca, incide significativamente para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Definición conceptual de la variable**

Se considera variable a aquella que presenta una característica, cualidad o propiedad sobre un fenómeno o hecho que tiende a variar y que puede ser medido y/o evaluado.

X = Estudio hidrológico e hidráulico.

#### **Indicadores:**

- a) Parámetros geomorfológicos.
- b) Hidrometeorología.
- c) Análisis de máximas avenidas.
- d) Análisis hidráulico.

Y = Protección frente a inundaciones y socavación.

#### **Indicadores:**

- a) Obras hidráulicas.

### **2.5.2. Definición operacional de la variable**

Para la investigación se ha considerado las siguientes variables:

**Tabla 4 – Variables de investigación.**

<b>Variable Independiente</b>	<b>Variable Dependiente</b>
Estudio hidrológico e hidráulico	Protección frente a inundaciones y socavación

Fuente: Elaboración propia.

### 2.5.3. Operacionalización de la Variable

**Tabla 5 – Operacionalización de las variables.**

<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
Estudio hidrológico e hidráulico	Parámetros hidrológicos e hidráulicos	a) Parámetros geomorfológicos. b) Hidrometeorología. c) Análisis de máximas avenidas. d) Análisis hidráulico.	Adimensional
Protección frente a inundaciones y socavación	Parámetros del diseño hidráulico y estructural de obras de protección	a) Obras hidráulicas.	Adimensional

Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Método de investigación

El método general de investigación fue el científico, puesto que es basado en un conjunto de pasos ordenados que guían la investigación para posteriormente ser replicados por otros investigadores; este conjunto de pasos inicia con la observación, planteamiento del problema y de la hipótesis.

#### 3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación fue aplicada o tecnológica, ya que se caracteriza por su interés en la aplicación de los conocimientos teóricos a determinada situación concreta y las consecuencias prácticas que de ella se derivan. La investigación aplicada busca conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar, le preocupa la aplicación inmediata sobre una realidad circunstancial antes que el desarrollo de un conocimiento de valor universal.

#### 3.3. Nivel de investigación

El nivel de investigación fue descriptivo – explicativo.

Descriptivo, se efectúa cuando se desea describir, en todos sus componentes principales, una realidad. Tiene como objetivo la descripción de los fenómenos a investigar tal como es y cómo se manifiesta en el momento (presente) de realizarse el estudio y utiliza la observación como método descriptivo buscando especificar las propiedades importantes para medir y evaluar aspectos, dimensiones o componentes.

Explicativo, encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas como de los efectos mediante la prueba de hipótesis.

### **3.4. Diseño de investigación**

Basándose en las estrategias a investigar el diseño de la investigación fue no experimental; la que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población de estudio estuvo conformada por los ríos del distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar, en la región Ayacucho.

#### **3.5.2. Muestra**

El tipo de muestra es no aleatorio, conformado por el río Ccollaymayu, circundante con la comunidad de Paccaypampa, en el distrito de Luis Carranza, provincia de La Mar, en la región Ayacucho

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

**Observación directa:** Se dio de manera sistematizada para conocer in situ la situación de la zona de estudio y para identificar zonas afectadas actualmente, mediante una inspección visual de la huella hídrica del río Ccollaymayu.

**Análisis de documentos:** Para el análisis de documentos se consideraron archivos digitales, así como en medio físicos de libros escritos referentes en el presente tema de investigación; principalmente la información meteorológica de las estaciones cercanas a la zona de estudio.

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de la información, se tuvo en cuenta lo siguiente programas:

**Microsoft Excel:** Para exportar cuadros y datos estadísticos de los resultados y datos obtenidos de los ensayos destructivos y no destructivos.

**Microsoft Word:** Para la elaboración de la parte descriptiva de las fichas Ficha de organización, sistematización e interpretación de los datos obtenidos en los ensayos.

**AutoCAD:** Para establecer la localización, delimitación, puntos de investigación y área de influencia del proyecto.

**HEC – HMS:** Para el cálculo del caudal máximo.

**HEC – RAS:** Para el peligro a inundación.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

El análisis de datos se hizo utilizando la estadística descriptiva e inferencial, en el primer caso se utilizó los modelos tabulares gráficos y numéricos y en la estadística inferencial se utilizó la distribución de Gumbel.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Presentación de resultados específicos

##### 4.1.1. Resultados de los parámetros hidrológicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu

**1.- Geomorfología de la cuenca:** Las características físicas y funcionales de una cuenca se pueden definir como varios factores que determinan la naturaleza de las descargas en las vías fluviales. Comprender estas características es importante por las siguientes razones:

- ✓ Para establecer comparaciones entre cuencas.
- ✓ Para interpretar los fenómenos pasados.
- ✓ Para efectuar previsiones de descarga de un río.

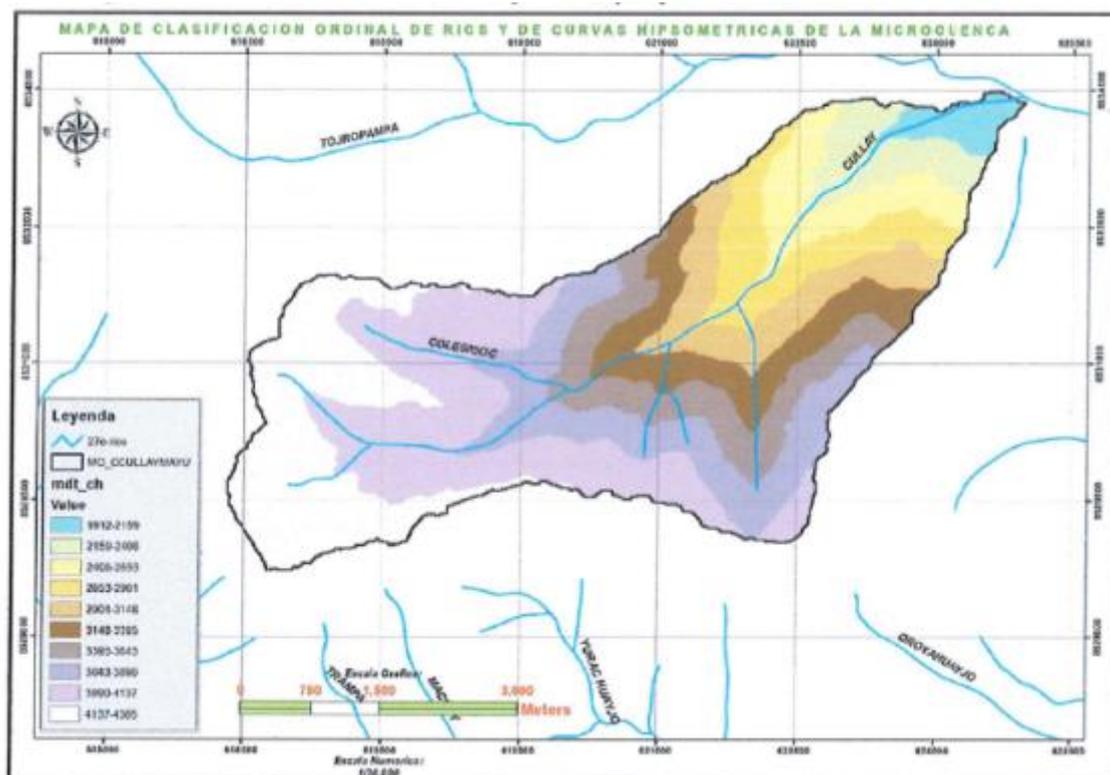
El estudio se inicia con la recopilación de información básica relacionada con los aspectos hidrometeorológicos, topográficos, morfológicos, geotécnicos y otros disponibles en la oficina y en el sitio para poder proponer métodos de trabajo adecuados para determinar el proceso de investigación y diseño hidrometeorológico en los puntos de medición ubicados en el sitio.

**Tabla 6 – Ubicación del punto de aforo de la subcuenca en estudio.**

ITEM	UNIDAD HIDROGRAFICA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE AFORO		
		ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (m.s.n.m.)
01	Sub cuenca del Río Cullay o Ccollaymayu	624971	8533871	1912.00

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 17- Microcuenca del río Ccollaymayu.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7 – Características morfométricas de la microcuenca.

PARAMETROS			UNIDAD	MICROCUEENCA DEL RIO CCULLAYMAYU		
AREA DE LA CUENCA			Km <sup>2</sup>	22.86		
PERIMETRO			Km	31.73		
PARAMETROS DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		1	1.87	
		FACTOR DE FORMA	Longitud ( <i>L</i> al curso más largo)		Km	9.99
			Ancho Medio		Km	2.29
			Radio de Circularidad		1	0.29
			Factor de Forma		1	0.23
	RECTANGULO EQUIVALENTE		Lado Mayor	Km	14.26	
			Lado Menor	Km	1.60	
	Longitud total de los ríos de diferentes grados		Orden 1	Km	6.29	
			Orden 2	Km	6.26	
			Orden 3	Km	4.24	
Orden 4			Km	0.00		
PARAMETROS DE RELIEVE	Curva Hipsométrica		-	✓		
	Polígono de Frecuencia		-	✓		
	Altitud Máxima de la Cuenca		m.s.n.m.	4385		
	Altitud Mínima de la Cuenca		m.s.n.m.	1912		
	Desnivel total de la Cuenca		Km	2.47		
	Altitud de Frecuencia Media		m.s.n.m.	3507.14		
	Altitud Media de la Cuenca		m.s.n.m.	3507.14		
	Altura Máxima del cauce		m.s.n.m.	4386		
	Altura más frecuente		m.s.n.m.	3389 - 3638		
	Pendiente de la cuenca (sist. del rectángulo equivalente)		%	17.34		
PARAMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA	Tipo de corriente		-	Perenne		
	Densidad de drenaje		Km/Km <sup>2</sup>	0.74		
	Pendiente media del río principal		m/m	0.25		
	Altura Máxima del cauce		m.s.n.m.	4386		
	Altitud Mínima del cauce		m.s.n.m.	1912		
	Tiempo de concentración		Hr.	2.27		
	Grado de ramificación		-	4°		

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 8 – Tiempo de concentración de la microcuenca.**

<b>TIEMPO DE CONCENTRACION (T<sub>c</sub>)</b>		
<b>PARAMETROS DE LA CUENCA</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>MICROCUENCA DEL RIO CCULLAYMAYU</b>
Area de la cuenca	Km <sup>2</sup>	22.86
Cota Máxima del cauce	msnm	4270
Cota Mínima de cauce	msnm	1912
Pendiente de la Cuenca	m/m	0.1734
Desnivel del Curso Principal (H)	Km	2.36
Longitud del curso principal (L)	Km	9.99
Pendiente del Curso Princ. (S)	m/m	0.24
Desnivel Medio (Dm)	m	2358
Rugosidad (n)		0.045
GIANDIOTTI	Hr	0.44
HATHAWAY	Hr	0.63
KIRPICH	Hr	0.77
CALIFORNIA (U.S.B.R.)	Hr	0.68
TEMEZ	Hr	2.27
<b>Promedio</b>	<b>Hr</b>	<b>0.63</b>
<b>Desviación Estándar</b>		<b>0.14</b>
<b>Varianza</b>		<b>0.02</b>
<b>TIEMPO DE CONCENTRACION ASUMIDO</b>	<b>Hr</b>	<b>2.27</b>

Fuente: Elaboración Propia.

## **2.- Hidrometeorología:**

**2.1.- Climatología y meteorología:** La zona del proyecto presenta dos estaciones bien marcadas, una que va desde el mes de diciembre a marzo caracterizado por ser muy lluvioso y la otra estación de que empieza desde el mes de abril a noviembre caracterizada por ser seca, donde las precipitaciones son mínimas.

De acuerdo a la similitud altitudinal la comunidad de Paccaypampa (elevación 1930 msnm) las temperaturas que más se asemejan es

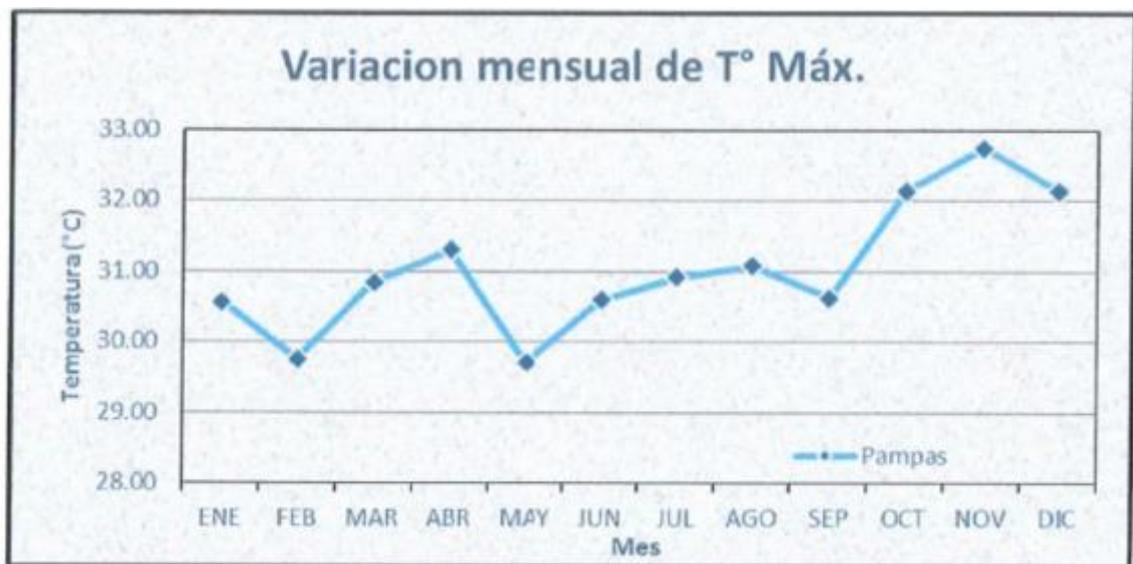
la de estación meteorológica de PAMPAS, la cual se encuentra en la misma cuenca en estudio y a una altitud de 2032 msnm.

**Tabla 9 – Variación mensual de las temperaturas máximas.**

REGISTRO DE TEMPERATURA MAXIMA MENSUAL													
ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pampas	2032.00	30.57	29.76	30.85	31.31	29.71	30.60	30.92	31.08	30.63	32.15	32.75	32.15

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 18- Variación mensual de las temperaturas máximas en la zona de estudio.**



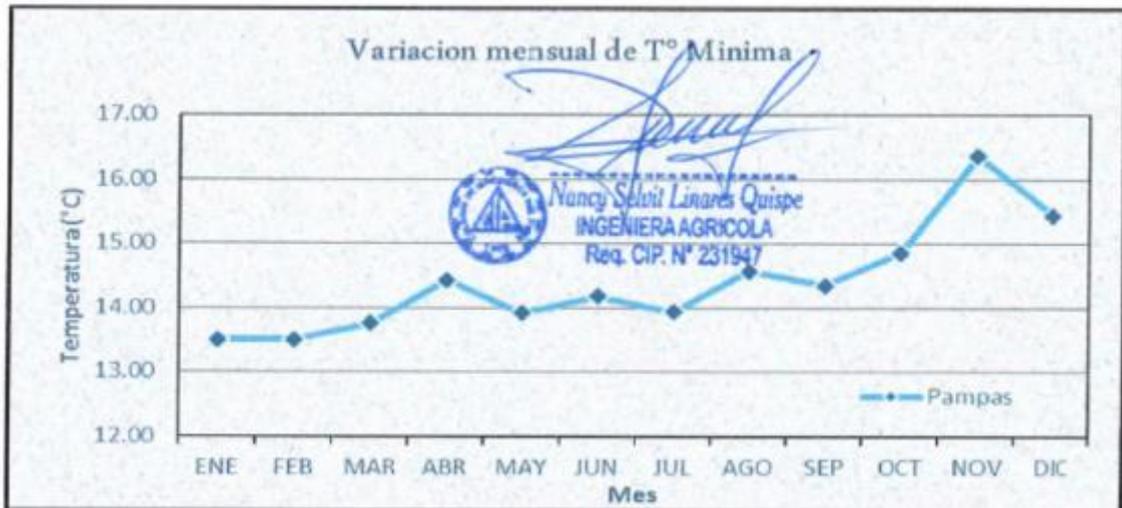
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10 – Variación mensual de las temperaturas mínimas.**

REGISTRO DE TEMPERATURA MINIMA MENSUAL													
ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pampas	2032.00	13.51	13.51	13.76	14.43	13.92	14.18	13.94	14.58	14.35	14.86	16.36	15.45

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 19- Variación mensual de las temperaturas mínimas en la zona de estudio.**



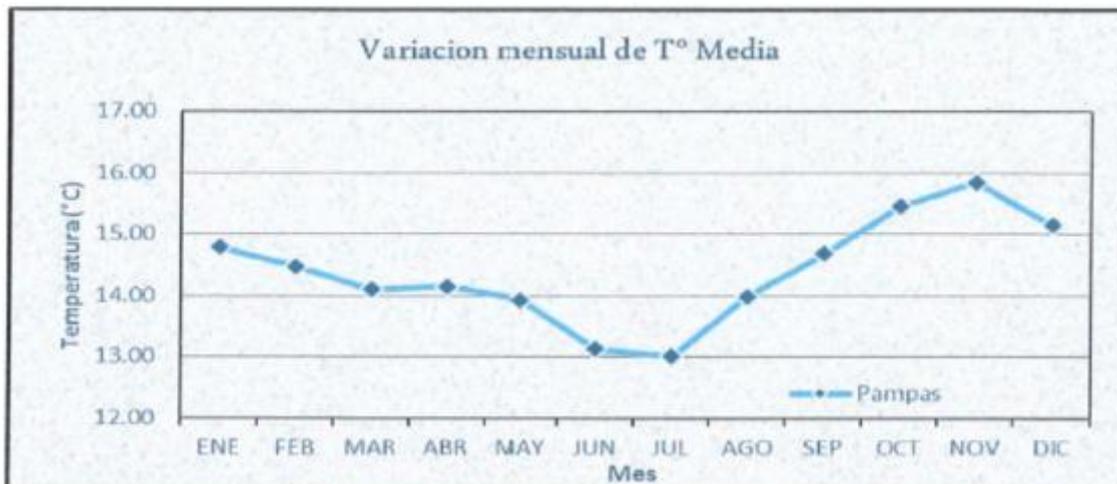
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 11 – Variación mensual de la temperatura media.**

REGISTRO DE TEMPERATURA MEDIA MENSUAL													
ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pampas	2032	14.79	14.48	14.11	14.15	13.93	13.14	13.01	13.99	14.69	15.46	15.85	15.15

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 20- Variación mensual de la temperatura media en la zona de estudio.**



Fuente: Elaboración propia.

La precipitación media multianual en el área circundante del estudio (Comunidad Paccaypampa) de acuerdo a la estación meteorológica de Pampas es de 538.57 mm, la estación mencionada se encuentra en la misma cuenca en estudio.

**Tabla 12 – Registro de precipitación media mensual – estación meteorológica Pampas.**

REGISTRO DE PRECIPITACIONES MENSUAL (mm)													
ESTACION	: PAMPAS			DISTRITO	: HUACCANA			ALTITUD	: 2032msnm				
CODIGO	: 156217			PROVINCIA	: CHINCHEROS			LATITUD	: 13°26'12.2"S				
				REGION	: APURIMAC			LONGITUD	: 74°55'31"O				
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2003	S/D	S/D	S/D	S/D	S/D	0.00	0.00	9.20	8.20	11.90	32.00	S/D	61.30
2004	79.00	123.10	54.60	20.60	6.80	5.20	19.90	12.30	18.00	35.50	38.60	S/D	413.60
2005	54.20	65.80	115.40	17.30	0.00	0.00	2.70	0.00	S/D	S/D	S/D	S/D	266.40
2006	120.50	65.80	114.40	24.40	0.00	0.70	0.00	9.00	8.20	23.40	54.20	100.20	620.80
2007	43.20	68.40	123.40	46.00	0.00	0.00	S/D	0.00	0.00	72.60	89.20	150.20	693.00
2008	S/D	72.80	73.00	21.40	0.00	0.00	0.00	0.00	9.00	2.00	S/D	56.00	234.00
2009	120.40	129.00	72.00	95.00	11.00	0.00	8.20	0.00	0.00	30.00	135.20	146.20	747.00
2010	325.40	129.00	173.40	116.00	14.00	0.00	0.00	23.00	28.40	36.00	35.40	62.00	942.60
2011	242.00	S/D	51.20	0.00	44.20	0.00	0.00	8.10	12.10	S/D	87.00	104.20	648.80
2012	124.80	195.00	137.80	51.50	0.00	0.00	0.00	7.00	14.00	62.80	34.00	260.90	887.80
2013	124.80	235.20	104.40	15.80	11.40	0.00	15.40	17.00	12.40	36.00	24.60	123.00	720.00
2014	110.00	118.00	205.40	49.30	14.00	2.00	8.00	8.00	30.00	38.40	93.40	66.00	742.60
MEDIA	134.43	120.19	111.36	41.57	9.22	0.66	4.93	7.80	12.75	34.86	62.36	118.74	538.57

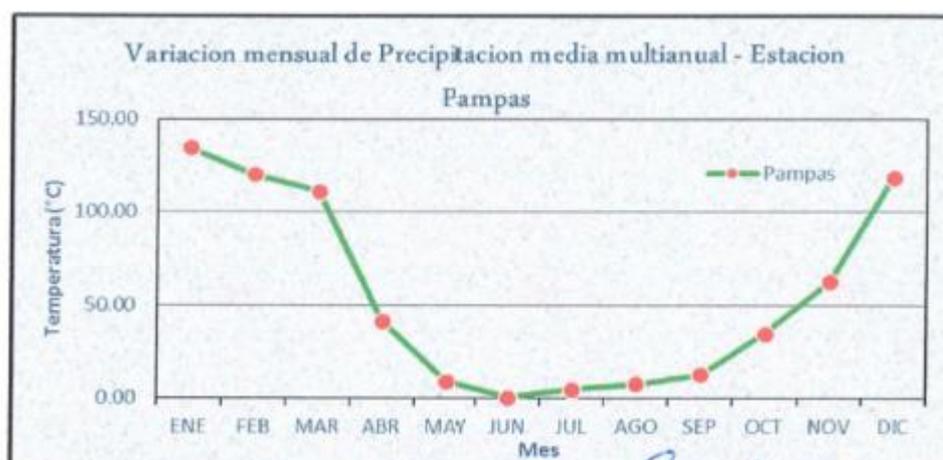
Fuente: Senamhi.

**Tabla 13 – Variación de la precipitación media multianual – estación de Pampas - senamhi.**

REGISTRO MEDIA MULTIANUAL DE PRECIPITACION													
ESTACION	ALTITUD (m.s.n.m.)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Pampas	2032.00	134.43	120.19	111.36	41.57	9.22	0.66	4.93	7.80	12.75	34.86	62.36	118.74

Fuente: Elaboración Propia.

**Figura 21- Variación de la precipitación media multianual – estación meteorológica de Pampas.**



Fuente: Elaboración propia.

## 2.2.- Precipitación máxima en 24 horas:

**a.- Precipitación máxima en 24 horas disponible:** La zona del proyecto cuenta con la estación meteorológica ya mencionada anteriormente en el área del proyecto y se encuentra dentro del radio de acción, por lo que, registran los parámetros pluviométricos de precipitaciones máximas en 24 horas.

Para el presente estudio se utilizó los datos de las siguientes estaciones meteorológicas que en la actualidad están siendo operados por el gobierno regional de Ayacucho a través de OPEMAN y SENAMHI.

**Tabla 14 – Ubicación de estaciones meteorológicas utilizadas para el estudio.**

CODIGO	ESTACION	PARAMETROS	ENTIDAD OPEMAN	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD m.s.n.m.	LUGAR	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
008	ALLPACHACA	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	GRA	13°23'29" S	74°16'04" O	3,541.00	ALLPACHACA	CHIARA	HUAMANGA	AYACUCHO
009	CHIARA	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	GRA	13°17'25" S	74°12'39" O	3,599.00	CHIARA	CHIARA	HUAMANGA	AYACUCHO
010	CHONTACA	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	GRA	13°17'44" S	74°01'33" O	3,497.00	CHONTACA	ACOCRO	HUAMANGA	AYACUCHO
014	QUINUA	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	SENAMHI	13° 02' 02" S	74° 08' 07" W	2,682.00	QUINUA	QUINUA	HUAMANGA	AYACUCHO
003	HUANTA	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	SENAMHI	12° 56' 55" S	74° 14' 13" W	2,682.00	HUANTA	HUANTA	HUAMANGA	AYACUCHO
001	PUTACCA	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	GRA	13°24'16" S	74°21'01" O	3,589.00	PUTACCA	VINCHOS	HUAMANGA	AYACUCHO
002	TAMBILLO	P24 - PM; HR; HS; NUB.; VIENT.; RADIAC.	GRA	13°13'06" S	74°08'22" O	3,328.00	TAMBILLO	TAMBILLO	HUAMANGA	AYACUCHO

Fuente: Elaboración Propia.

**b.- Datos históricos de precipitación máxima en 24 hr:** En el marco del proyecto existen estaciones meteorológicas y están dentro del rango operativo, por lo que registran parámetros pluviométricos para las 24 horas máximas de lluvia. Estas estaciones son operadas por el Gobierno Regional de Ayacucho a través de OPEMAN y SENAMHI, las cuales son:

- 1.- Estación meteorológica Allpachaca.
- 2.- Estación meteorológica chiara.
- 3.- Estación meteorológica Chontaca.
- 4.- Estación meteorológica Quinua.
- 5.- Estación meteorológica Huanta.
- 6.- Estación meteorológica Putacca.
- 7.- Estación meteorológica Tambillo.

**c.- Precipitación máxima en 24 hr para el proyecto:** La  $P_{max}$ , es la cantidad de lluvia máxima diaria ocurrida en el mes de registro diario. La zona del proyecto no registra dicho parámetro, la zona del proyecto cuenta con una estación cercana.

Se debe realizar el análisis de distribución mediante análisis estadísticos y regionalizar las precipitaciones máximas de 24 horas al lugar de interés.

**Tabla 15 – Precipitación máxima de 24 hr de estaciones de apoyo.**

CUADRO N° 09																
RESUMEN DE PRECIPITACION MAXIMA DE 24 HORAS																
PARA EL ANALISIS EN LA ZONA DE ESTUDIO																
N°	AÑO	ALLPACHACA		CHIARA		CHONTACA		QUINUA		HUANTA		PUTACCA		TAMBILLO		VALOR ELEGIDO
		MAX	MES	MAX	MES	MAX	MES	MAX	MES	MAX	MES	MAX	MES	MAX	MES	
1	1991	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.30	MAR	-	-	27.3
2	1992	45.7	ENE	-	-	25.70	FEB	-	-	-	-	23.50	FEB	35.30	FEB	45.7
3	1993	57.4	MAR	31.00	NOV	24.30	ABR	-	-	-	-	31.80	DIC	37.90	FEB	57.4
4	1994	35.9	FEB	30.30	ENE	31.10	ENE	-	-	-	-	29.00	MAR	52.20	MAR	52.2
5	1995	34.5	FEB	22.40	ENE	30.70	MAR	24.3	ABR	23.70	FEB	37.10	FEB	24.50	ABR	37.1
6	1996	38.1	ENE	27.90	MAR	34.90	MAR	31.1	ENE	22.40	ENE	35.40	ENE	28.30	MAR	38.1
7	1997	28.3	MAR	23.70	FEB	26.90	FEB	30.7	MAR	27.90	MAR	43.40	FEB	41.70	FEB	43.4
8	1998	35.2	ENE	23.90	ENE	25.80	FEB	34.9	MAR	23.70	FEB	39.20	ENE	31.20	ENE	39.2
9	1999	21.1	ENE	24.40	MAR	20.60	NOV	26.9	FEB	23.90	ENE	45.10	ABR	28.60	ENE	45.1
10	2000	41.9	FEB	19.11	ENE	27.31	ENE	25.8	FEB	24.40	MAR	45.92	FEB	41.47	FEB	45.9
11	2001	28.5	MAR	37.96	ENE	27.04	ENE	20.6	NOV	19.11	ENE	35.70	DIC	48.49	NOV	48.5
12	2002	28.5	MAR	27.28	OCT	36.77	NOV	27.31	ENE	24.20	ENE	29.10	SEP	41.08	MAR	41.1
13	2003	25.4	ENE	30.20	FEB	31.60	FEB	27.04	ENE	27.28	OCT	21.50	ENE	38.40	FEB	38.4
14	2004	36.0	SEP	25.50	DIC	18.10	FEB	36.77	NOV	24.00	DIC	35.10	MAR	27.90	FEB	36.8
15	2005	27.6	DIC	27.30	DIC	24.20	ENE	31.6	FEB	27.10	ENE	31.40	ENE	47.00	MAR	47.0
16	2006	28.2	MAR	26.00	ENE	21.10	MAR	20.8	MAR	25.20	ENE	29.70	FEB	21.50	ENE	29.7
17	2007	43.5	MAR	22.00	FEB	30.50	MAR	24.2	ENE	26.20	FEB	29.00	DIC	27.04	ABR	43.5
18	2008	28.9	MAR	18.40	FEB	25.40	ENE	24.6	FEB	20.60	FEB	53.34	OCT	18.33	DIC	53.3
19	2009	26.0	FEB	24.00	FEB	27.50	MAR	27.6	ENE	30.10	MAR	41.60	ENE	25.40	ENE	41.6
20	2010	37.4	ENE	28.10	ENE	34.70	DIC	28.5	DIC	22.00	DIC	34.60	ENE	25.50	ENE	37.4
21	2011	-	-	-	-	-	-	32.1	MAR	22.60	ENE	-	-	-	-	32.1
22	2012	-	-	-	-	-	-	28.7	FEB	21.60	FEB	-	-	-	-	28.7
23	2013	-	-	-	-	-	-	26.2	AGO	28.60	AGO	-	-	-	-	26.6

Fuente: Elaboración Propia.

### 2.3.- Análisis estadístico de datos hidrológicos:

**a.- Modelo de distribución:** El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes periodos de retorno, mediante la aplicación de métodos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- ✓ Distribución normal
- ✓ Distribución gumbel
- ✓ Distribución log gumbel

Tabla 16 – Resumen de PPmax 24 horas regionalizada al área de estudio.

N°	AÑO	ZONA DE ESTUDIO
1	1991	27.30
2	1992	45.70
3	1993	57.40
4	1994	52.20
5	1995	37.10
6	1996	38.10
7	1997	43.40
8	1998	39.20
9	1999	45.10
10	2000	45.92
11	2001	48.49
12	2002	41.08
13	2003	38.40
14	2004	36.77
15	2005	47.00
16	2006	29.70
17	2007	43.50
18	2008	53.34
19	2009	41.60
20	2010	37.40
21	2011	32.10
22	2012	28.70
23	2013	28.60



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 17 – Distribución normal de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto.

N°	P (mm)	P(x)	Z	F(Z)	Dx F(Z) - P(x)
1	27.30	0.04	-1.65	0.05	0.01
2	28.60	0.08	-1.49	0.07	0.01
3	28.70	0.13	-1.48	0.07	0.05
4	29.70	0.17	-1.35	0.09	0.08
5	32.10	0.21	-1.06	0.14	0.06
6	36.77	0.25	-0.49	0.31	0.06
7	37.10	0.29	-0.45	0.33	0.03
8	37.40	0.33	-0.41	0.34	0.01
9	38.10	0.38	-0.33	0.37	0.00
10	38.40	0.42	-0.29	0.39	0.03
11	39.20	0.46	-0.19	0.42	0.04
12	41.08	0.50	0.04	0.51	0.01
13	41.60	0.54	0.10	0.54	0.00
14	43.40	0.58	0.32	0.63	0.04
15	43.50	0.63	0.33	0.63	0.00
16	45.10	0.67	0.53	0.70	0.03
17	45.70	0.71	0.60	0.73	0.02
18	45.92	0.75	0.63	0.73	0.02
19	47.00	0.79	0.76	0.78	0.02
20	48.49	0.83	0.94	0.83	0.01
21	52.20	0.88	1.39	0.92	0.04
22	53.34	0.92	1.53	0.94	0.02
23	57.40	0.96	2.01	0.98	0.02
Suma (mm)	938.10			Omax =	0.079
Media (mm)	40.79				
D.Est. (mm)	8.19				

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 18 – Distribución log normal de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto.**

N°	P (mm) X	Ln P (Y)	P(x)	Z	F(Z)	Dx F(Z) - P(x)
1	27.30	3.31	0.04	-1.84	0.03	0.01
2	28.60	3.35	0.08	-1.62	0.05	0.03
3	28.70	3.36	0.13	-1.60	0.05	0.07
4	29.70	3.39	0.17	-1.44	0.08	0.09
5	32.10	3.47	0.21	-1.06	0.14	0.06
6	36.77	3.60	0.25	-0.40	0.34	0.09
7	37.10	3.61	0.29	-0.36	0.36	0.07
8	37.40	3.62	0.33	-0.32	0.37	0.04
9	38.10	3.64	0.38	-0.23	0.41	0.03
10	38.40	3.65	0.42	-0.19	0.42	0.01
11	39.20	3.67	0.46	-0.10	0.46	0.00
12	41.08	3.72	0.50	0.13	0.55	0.05
13	41.60	3.73	0.54	0.19	0.58	0.03
14	43.40	3.77	0.58	0.40	0.65	0.07
15	43.50	3.77	0.63	0.41	0.66	0.03
16	45.10	3.81	0.67	0.58	0.72	0.05
17	45.70	3.82	0.71	0.65	0.74	0.03
18	45.92	3.83	0.75	0.67	0.75	0.00
19	47.00	3.85	0.79	0.78	0.78	0.01
20	48.49	3.88	0.83	0.93	0.82	0.01
21	52.20	3.96	0.88	1.29	0.90	0.03
22	53.34	3.98	0.92	1.39	0.92	0.00
23	57.40	4.05	0.96	1.75	0.96	0.00
Suma (mm)	1917.00	84.83			Dmax =	0.093
Media (mm)	76.68	3.69				
D.Est. (mm)	179.63	0.21				

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla 19 – Distribución gumbel de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto.**

N°	P (mm) X	P(X)	z	F(z)	Dx F(z) - P(x)	
1	27.30	0.04	-1.26	0.03	0.01	
2	28.60	0.08	-1.09	0.05	0.03	
3	28.70	0.13	-1.08	0.05	0.07	
4	29.70	0.17	-0.95	0.08	0.09	
5	32.10	0.21	-0.63	0.15	0.05	
6	36.77	0.25	-0.01	0.36	0.11	
7	37.10	0.29	0.03	0.38	0.09	
8	37.40	0.33	0.07	0.40	0.06	
9	38.10	0.38	0.17	0.43	0.05	
10	38.40	0.42	0.21	0.44	0.03	
11	39.20	0.46	0.31	0.48	0.02	
12	41.08	0.50	0.56	0.57	0.07	
13	41.60	0.54	0.63	0.59	0.05	
14	43.40	0.58	0.87	0.66	0.07	
15	43.50	0.63	0.88	0.66	0.04	
16	45.10	0.67	1.10	0.72	0.05	
17	45.70	0.71	1.18	0.73	0.03	
18	45.92	0.75	1.20	0.74	0.01	
19	47.00	0.79	1.35	0.77	0.02	
20	48.49	0.83	1.55	0.81	0.03	
21	52.20	0.88	2.04	0.88	0.00	
22	53.34	0.92	2.19	0.89	0.02	
23	57.40	0.96	2.73	0.94	0.02	
Suma (mm)	938.10				Dmax =	0.115
Media (mm)	40.79					
D.Est. (S)	8.01					
$\alpha$	7.54					
$\mu$	36.84					

(Para N) población.

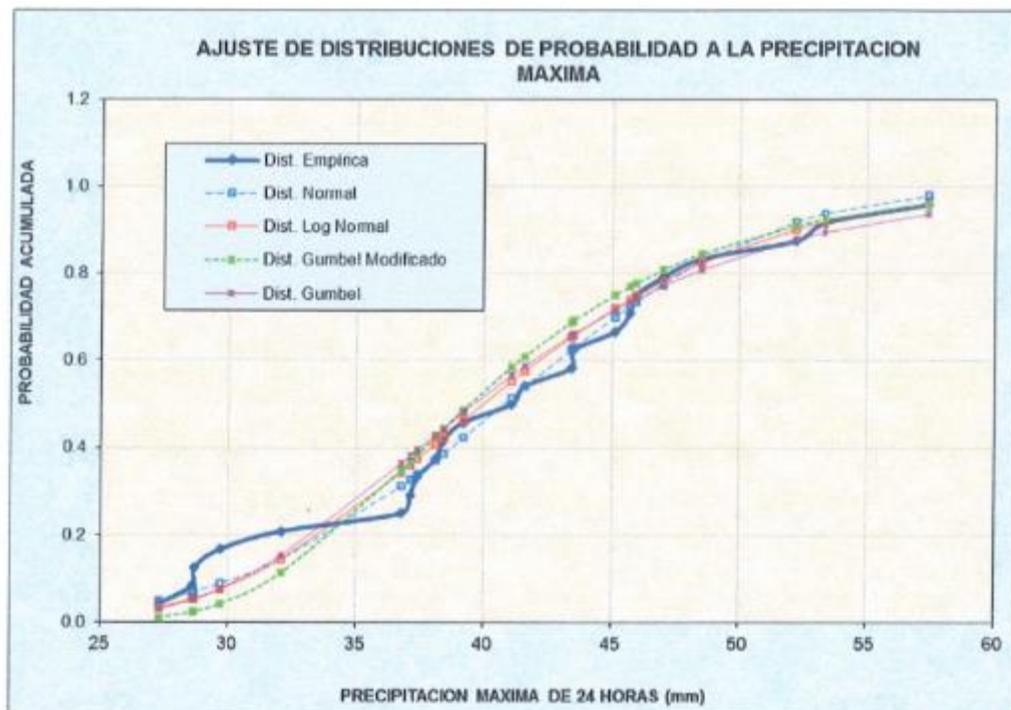
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 20 – Distribución log gumbel de las precipitaciones máximas en 24 hr del proyecto.

N°	P (mm) (X)	P(X)	y	G(y)	Dx G(y) - P(x)
1	27.30	0.04	-1.53	0.01	0.03
2	28.60	0.08	-1.33	0.02	0.06
3	28.70	0.13	-1.31	0.02	0.10
4	29.70	0.17	-1.16	0.04	0.13
5	32.10	0.21	-0.78	0.11	0.10
6	36.77	0.25	-0.05	0.35	0.10
7	37.10	0.29	0.00	0.37	0.08
8	37.40	0.33	0.05	0.39	0.05
9	38.10	0.38	0.16	0.43	0.05
10	38.40	0.42	0.20	0.44	0.03
11	39.20	0.46	0.33	0.49	0.03
12	41.08	0.50	0.62	0.58	0.08
13	41.60	0.54	0.70	0.61	0.07
14	43.40	0.58	0.99	0.69	0.11
15	43.50	0.63	1.00	0.69	0.07
16	45.10	0.67	1.25	0.75	0.08
17	45.70	0.71	1.35	0.77	0.06
18	45.92	0.75	1.38	0.78	0.03
19	47.00	0.79	1.55	0.81	0.02
20	48.49	0.83	1.78	0.85	0.01
21	52.20	0.88	2.36	0.91	0.04
22	53.34	0.92	2.54	0.92	0.01
23	57.40	0.96	3.18	0.96	0.00
Suma (mm)	938.10			Dmax =	0.125
Media (mm)	40.79				
D.Est. (S)	8.19		(Para N-1) muestral		
$\alpha$	6.39				
$\mu$	37.10				

Fuente: Elaboración Propia.

Figura 22- Grafico de distribución de probabilidad a las precipitaciones máximas.



Fuente: Elaboración propia.

**2.4.- Precipitación o tormenta de diseño:** Primeramente, se define la tormenta de diseño como un patrón de precipitación para la utilización en el diseño de un sistema hidrológico, la que conforman la entrada al sistema, a través de este los caudales se calculan utilizando procedimientos de lluvia – escorrentía y tránsitos de caudales. Existen varios métodos para calcular:

- ✓ Método de gumbel
- ✓ Métodos estadísticos

**Tabla 21 – Precipitación máxima de 24 hr para diferentes periodos de retorno.**

Periodo de Retorno $T$	$P$	Distribución Normal $X_T$	Distribución Log Normal $X_T$	Gumbel $X_T$	Gumbel Modificado $X_T$
2	0.500	40.79	39.98	39.58	39.44
5	0.200	47.68	47.58	48.32	46.68
10	0.100	51.29	52.12	54.10	51.48
20	0.050	54.27	56.19	59.65	56.08
25	0.040	55.14	57.43	61.41	57.54
50	0.020	57.62	61.15	66.84	62.03
100	0.010	59.85	64.70	72.22	66.49
140	0.007	60.87	66.38	74.82	68.65
200	0.005	61.90	68.13	77.58	70.94
500	0.002	64.38	72.52	84.66	76.80
1000	0.001	66.11	75.78	90.01	81.23
$\Delta_c (D_c) =$	0.284	0.079	0.093	0.115	0.125

*Entonces para 50, 140 y 200 años de periodo de retorno ( $T_r$ ) la precipitación de diseño es de 57.62 mm, 60.87mm y 61.90mm.*

**Fuente: Elaboración Propia.**

**Tabla 22 – Coeficientes de duración de lluvias entre 48 horas y una hora.**

Duración de la precipitación en	Coeficientes
1	0
2	0
3	0
4	0
5	0
6	0
8	0
10	0
12	0
14	0
16	0
18	0
20	0
22	0
24	1
48	1

Fuente: Manual para el diseño de carreteras pavimentadas.

**Tabla 23 – Precipitaciones máximas para diferentes periodos de duración.**

T (Años)	1000	500	200	140	100	50	25	20	10	5	2	Duracion (hr)
Pmax 24 horas	66.11	64.38	61.90	60.87	59.85	57.62	55.14	54.27	51.29	47.68	40.79	
PRECIPITACION (mm)	29.87	29.08	27.97	27.50	27.04	26.03	24.91	24.52	23.17	21.54	18.43	1
	35.52	34.59	33.26	32.70	32.16	30.96	29.62	29.16	27.56	25.62	21.91	2
	39.31	38.28	36.80	36.19	35.59	34.26	32.78	32.27	30.50	28.35	24.25	3
	42.24	41.13	39.55	38.89	38.24	36.82	35.23	34.67	32.77	30.47	26.06	4
	44.67	43.49	41.82	41.12	40.44	38.93	37.25	36.66	34.65	32.21	27.56	5
	46.75	45.52	43.77	43.04	42.32	40.74	38.99	38.37	36.27	33.72	28.84	6
	48.59	47.31	45.49	44.73	43.99	42.34	40.52	39.88	37.69	35.04	29.97	7
	50.23	48.91	47.03	46.25	45.48	43.78	41.89	41.24	38.97	36.23	30.99	8
	51.74	50.38	48.44	47.63	46.84	45.09	43.15	42.47	40.14	37.31	31.92	9
	53.12	51.72	49.73	48.90	48.09	46.29	44.30	43.60	41.21	38.31	32.77	10
	54.40	52.97	50.93	50.08	49.25	47.41	45.37	44.65	42.20	39.23	33.56	11
	55.59	54.13	52.05	51.18	50.33	48.45	46.36	45.63	43.13	40.10	34.30	12
	56.72	55.23	53.10	52.22	51.35	49.43	47.30	46.56	44.00	40.91	34.99	13
	57.78	56.26	54.09	53.19	52.31	50.36	48.19	47.43	44.82	41.67	35.65	14
	58.78	57.24	55.04	54.12	53.22	51.23	49.02	48.25	45.60	42.40	36.27	15
	59.74	58.17	55.93	55.00	54.08	52.07	49.82	49.04	46.35	43.09	36.86	16
	60.65	59.06	56.79	55.84	54.91	52.86	50.58	49.79	47.05	43.74	37.42	17
	61.52	59.91	57.60	56.64	55.70	53.62	51.31	50.50	47.73	44.37	37.96	18
	62.36	60.72	58.39	57.41	56.46	54.35	52.01	51.19	48.38	44.98	38.47	19
	63.17	61.51	59.14	58.16	57.19	55.05	52.68	51.85	49.00	45.56	38.97	20
	63.94	62.26	59.87	58.87	57.89	55.73	53.33	52.49	49.61	46.12	39.45	21
	64.69	62.99	60.57	59.56	58.57	56.38	53.95	53.10	50.19	46.66	39.91	22
	65.41	63.69	61.24	60.22	59.22	57.01	54.55	53.69	50.75	47.18	40.36	23
	66.11	64.38	61.90	60.87	59.85	57.62	55.14	54.27	51.29	47.68	40.79	24

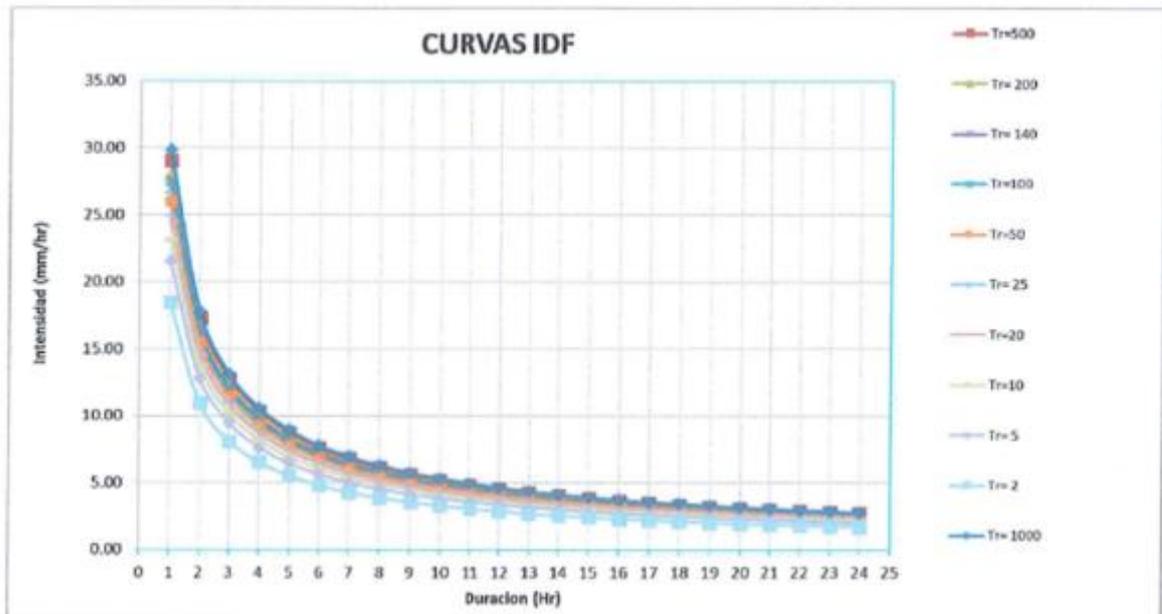
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 24 – Curvas intensidad duración frecuencia método de Dyck Peschke.**

T (Años)	1000	500	200	140	100	50	25	20	10	5	2	Duracion (hr)
Pmax 24 horas	66.11	64.38	61.90	60.87	59.85	57.62	55.14	54.27	51.29	47.68	40.79	
PRECIPITACION (mm/Hr)	29.87	29.08	27.97	27.50	27.04	26.03	24.91	24.52	23.17	21.54	18.43	1
	17.76	17.29	16.63	16.35	16.08	15.48	14.81	14.58	13.78	12.81	10.96	2
	13.10	12.76	12.27	12.06	11.86	11.42	10.93	10.76	10.17	9.45	8.08	3
	10.56	10.28	9.89	9.72	9.56	9.20	8.81	8.67	8.19	7.62	6.52	4
	8.93	8.70	8.36	8.22	8.09	7.79	7.45	7.33	6.93	6.44	5.51	5
	7.79	7.59	7.29	7.17	7.05	6.79	6.50	6.40	6.04	5.62	4.81	6
	6.94	6.76	6.50	6.39	6.28	6.05	5.79	5.70	5.38	5.01	4.28	7
	6.28	6.11	5.88	5.78	5.68	5.47	5.24	5.15	4.87	4.53	3.87	8
	5.75	5.60	5.38	5.29	5.20	5.01	4.79	4.72	4.46	4.15	3.55	9
	5.31	5.17	4.97	4.89	4.81	4.63	4.43	4.36	4.12	3.83	3.28	10
	4.95	4.82	4.63	4.55	4.48	4.31	4.12	4.06	3.84	3.57	3.05	11
	4.63	4.51	4.34	4.27	4.19	4.04	3.86	3.80	3.59	3.34	2.86	12
	4.36	4.25	4.08	4.02	3.95	3.80	3.64	3.58	3.38	3.15	2.69	13
	4.13	4.02	3.86	3.80	3.74	3.60	3.44	3.39	3.20	2.98	2.55	14
	3.92	3.82	3.67	3.61	3.55	3.42	3.27	3.22	3.04	2.83	2.42	15
	3.73	3.64	3.50	3.44	3.38	3.25	3.11	3.06	2.90	2.69	2.30	16
	3.57	3.47	3.34	3.28	3.23	3.11	2.98	2.93	2.77	2.57	2.20	17
	3.42	3.33	3.20	3.15	3.09	2.98	2.85	2.81	2.65	2.47	2.11	18
	3.28	3.20	3.07	3.02	2.97	2.86	2.74	2.69	2.55	2.37	2.02	19
	3.16	3.08	2.96	2.91	2.86	2.75	2.63	2.59	2.45	2.28	1.95	20
	3.04	2.96	2.85	2.80	2.76	2.65	2.54	2.50	2.36	2.20	1.88	21
	2.94	2.86	2.75	2.71	2.66	2.56	2.45	2.41	2.28	2.12	1.81	22
	2.84	2.77	2.66	2.62	2.57	2.48	2.37	2.33	2.21	2.05	1.75	23
	2.75	2.68	2.58	2.54	2.49	2.40	2.30	2.26	2.14	1.99	1.70	24

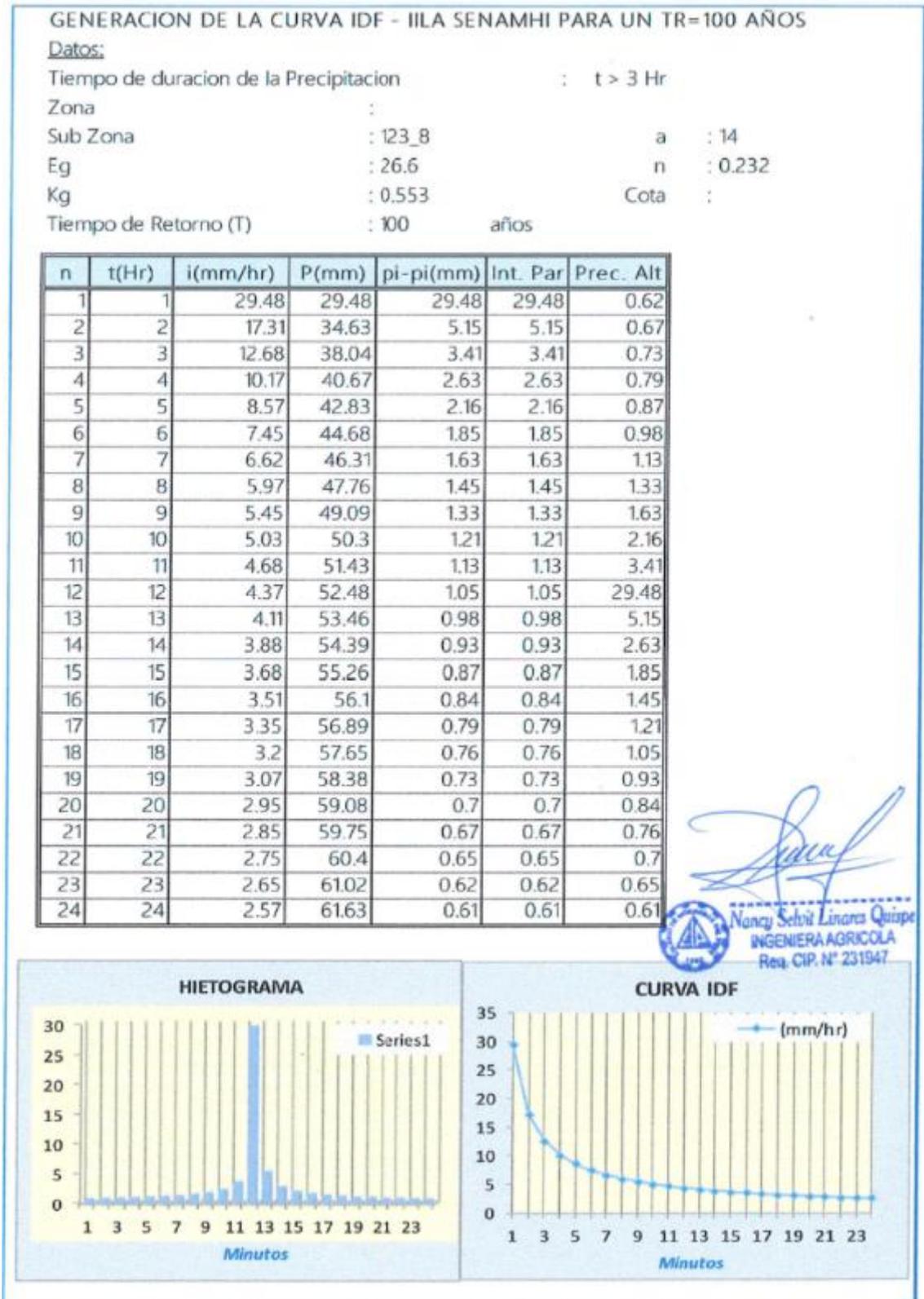
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 25 – Curvas IDF.**



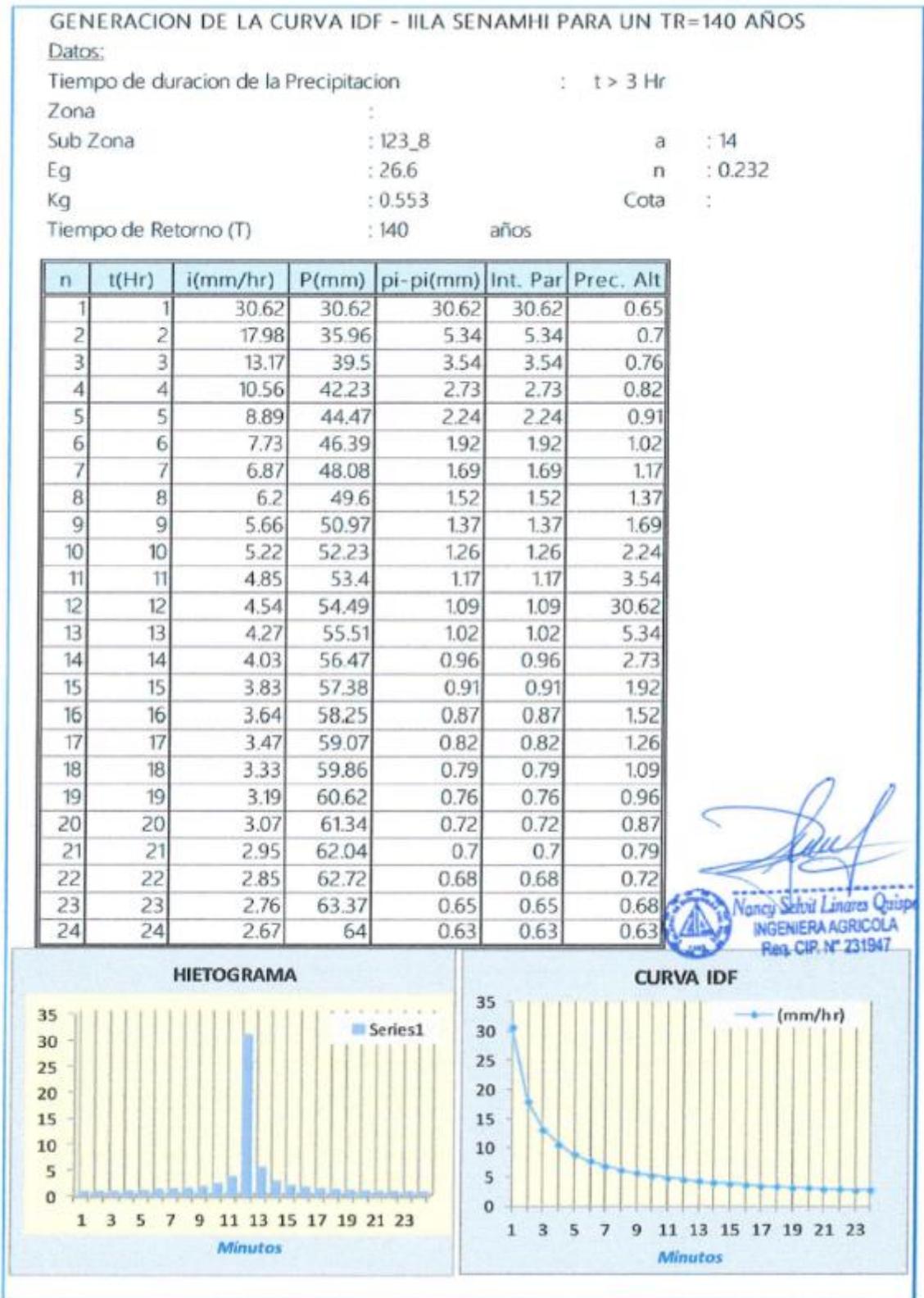
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 23- Hietograma de diseño calculado por Illa senamhi, para un TR=100 años.**



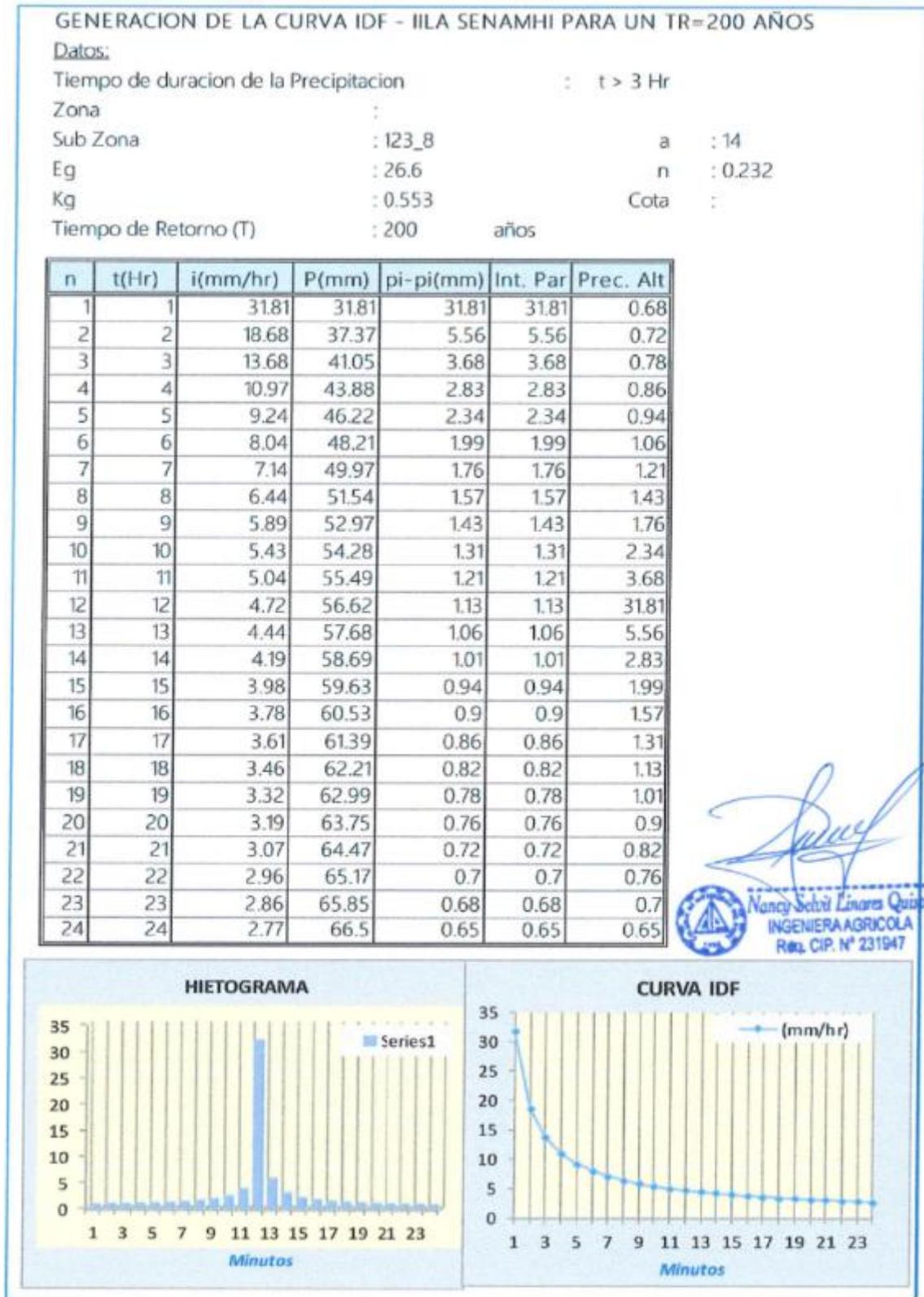
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 24- Hietograma de diseño calculado por Illa senamhi, para un TR=140 años.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 25- Hietograma de diseño calculado por Illa senamhi, para un TR=200 años.**



Fuente: Elaboración propia.

### **3.- Análisis de máximas avenidas:**

**3.1.- Método racional:** El método racional basado en datos de lluvia del área para encontrar la escorrentía y el caudal máximo generado para diferentes períodos de retorno.

Se recomienda principalmente para cuencas pequeñas de menos de 13 kilómetros cuadrados, donde se espera que llueva de manera más uniforme en toda la superficie. Aunque la cuenca en este caso es mucho más grande, se buscarán los valores promedio para toda la cuenca y luego se compararán con los valores obtenidos en el caso de la división de la cuenca en subcuencas. El área que cumple la condición.

### **4.2.- Modelación hidrológica de la microcuenca con HEC-HMS:**

A partir de los datos generados, se realiza un análisis exhaustivo de la inundación utilizando el programa informático HEC-HMS.

Es un programa de simulación hidrológica de tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para evaluar el proceso de salida de crecidas de una o varias subcuencas (caudal máximo y horas pico), en condiciones de fuertes lluvias, aplicar parte del método de diseño de hietogramas pérdida por infiltración, flujo central y conversión a flujo directo

Es un programa complejo que permite calcular la hidrología generada por la cuenca utilizando insumos como los datos físicos de la cuenca, datos de lluvia, etc. Además, permite configurar varias subcuencas, para cálculos personalizados de flujo en vivo para cada subcuenca, y finalmente puede configurar mapas hidrográficos para producir hidrología de salida de cuenca.

Esta hipótesis es lo más desfavorable posible, por lo que la hipótesis que determina el valor máximo del flujo de contribución, pero en el caso de que las cuencas de gran superficie puedan dividirse en otras subcuencas, suponga que esta suposición está

lejos de ser práctica y es probable que ser más que modificar los resultados.

De las microcuencas estudiadas, en ellas se implementó un programa HEC-HMS, para caudales de crecida con periodos de retorno de 2,5 y 10 años, respectivamente.

Para el caso del diseño hidráulico se adoptará una avenida para un periodo de retorno de 2 años, según el manual de drenaje urbano.

**Tabla 26 – Parámetros HEC- HMS en la microcuenca.**

PARAMETROS DE LA MICROCUENCA DEL RIO CCULLAYMAYU							
Cuenca	Area (km2)	NC	L (m)	J	Tc	Tlag	Tlag (min)
W20 - CCULLAYMAYU	22.862	86.16	11201.09	0.250	2.448	0.857	51
<b>TOTAL</b>	<b>22.862</b>						

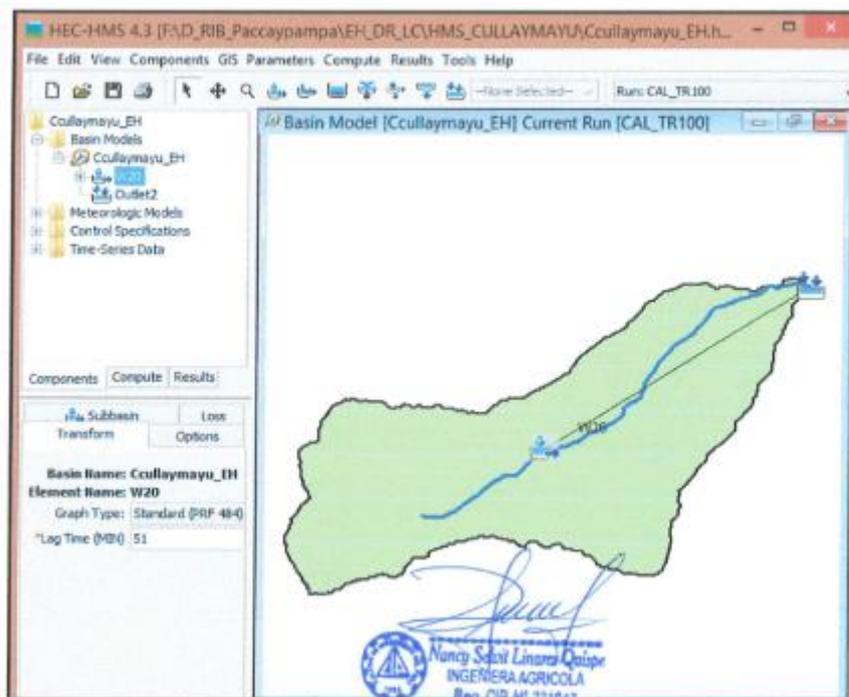
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 27 – Estimación de numero de curva en la microcuenca en estudio.**

CALCULO CN								
GRUPO HIDROLOGICO								
			GRUPO B			GRUPO C		
Cuenca	Area (km2)	NC	%	CN	PRODUCTO	%	CN	PRODUCTO
W20	22.862	86.16	60.00			42.000		
Sin Cultivo			7.80	86	670.80	42.000	91	3822.00
Tierra Cultivada			10.00	79	790.00	0.000	84	0.00
Pastizales			42.00	79	3318.00	0.000	86	0.00
Bosques			0.200	75	15.00		86	0.00
<u>Sumatorias y</u>								
<u>Producto</u>			60.00		4,793.80	42.00		3,822.00
<b>TOTAL</b>	<b>22.862</b>							

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 26- Modelo meteorológico de la subcuenca del rio Ccollaymayu.**



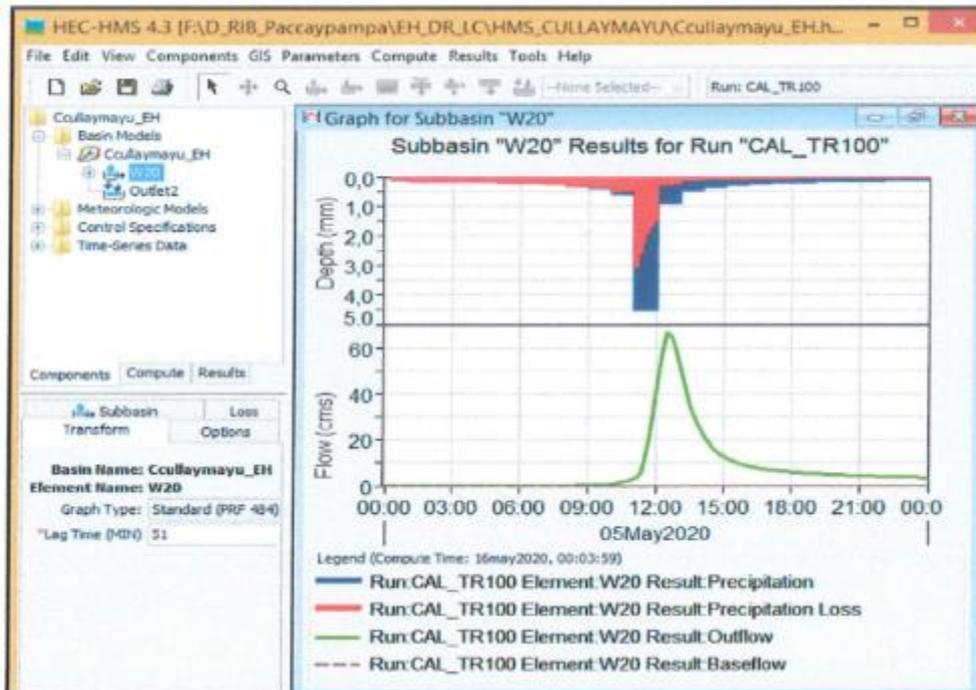
Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 28 – Hietograma de diseño.**

DURACION (hr)	PRECIPITACION	PRECIPITACION	PRECIPITACION
	(mm) TR=100 Años	(mm) TR=140 Años	(mm) TR=200 Años
1	0.65	0.67	0.68
2	0.70	0.71	0.73
3	0.76	0.77	0.78
4	0.83	0.84	0.85
5	0.91	0.93	0.94
6	1.02	1.03	1.05
7	1.16	1.18	1.20
8	1.36	1.38	1.41
9	1.66	1.69	1.72
10	2.19	2.23	2.27
11	3.43	3.49	3.55
12	27.04	27.50	27.97
13	5.12	5.20	5.29
14	2.65	2.70	2.74
15	1.89	1.92	1.95
16	1.49	1.52	1.54
17	1.25	1.27	1.29
18	1.08	1.10	1.12
19	0.96	0.98	0.99
20	0.87	0.88	0.90
21	0.79	0.80	0.82
22	0.73	0.74	0.75
23	0.68	0.69	0.70
24	0.65	0.67	0.68

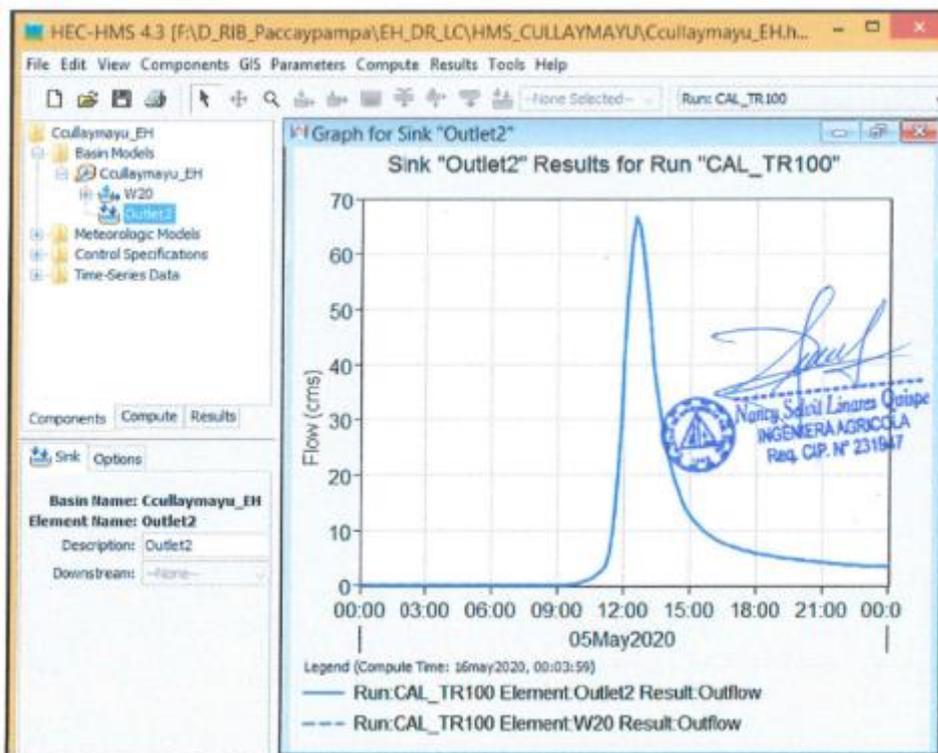
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27- Hidrograma generado en la microcuenca del rio Ccollaymayu TR 100 años.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 28- Hidrograma de salida en punto de aforo – OUTLET2.



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 29- Resultados de la simulación de máximas avenidas para un TR=100 años.**

Project: Ccullaymayu\_EH Simulation Run: CAL\_TR100

Start of Run: 05may2020, 00:00 Basin Model: Ccullaymayu\_EH  
 End of Run: 06may2020, 00:00 Meteorologic Model: Ccullaymayu\_EH  
 Compute Time: 16may2020, 00:03:59 Control Specifications: CAL\_control

Show Elements: All Elements Volu...  MM  100l Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W20	22.862	66.435	05may2020, 12:30	28.31
Outlet2	22.862	66.435	05may2020, 12:20	28.31

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 30- Resultados de la simulación de máximas avenidas para un TR=140 años.**

Project: Ccullaymayu\_EH Simulation Run: CAL\_TR140

Start of Run: 05may2020, 00:00 Basin Model: Ccullaymayu\_EH  
 End of Run: 06may2020, 00:00 Meteorologic Model: Ccullaymayu\_EH  
 Compute Time: 16may2020, 00:12:21 Control Specifications: CAL\_control

Show Elements: All Elements Volume...  MM  1000 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W20	22.862	68.422	05may2020, 12:30	29.11
Outlet2	22.862	68.422	05may2020, 12:20	29.11

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31- Resultados de la simulación de máximas avenidas para un TR=200 años.**

Project: Ccullaymayu\_EH Simulation Run: CAL\_TR200

Start of Run: 05may2020, 00:00 Basin Model: Ccullaymayu\_EH  
 End of Run: 06may2020, 00:00 Meteorologic Model: Ccullaymayu\_EH  
 Compute Time: 16may2020, 00:14:51 Control Specifications: CAL\_control

Show Elements: All Elements Volum...  MM  1000 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
W20	22.862	70.475	05may2020, 12:30	29.94
Outlet2	22.862	70.475	05may2020, 12:20	29.94

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 29 – Resumen de caudales máximos para TR=100, 140 y 200 años en la microcuenca en estudio.**

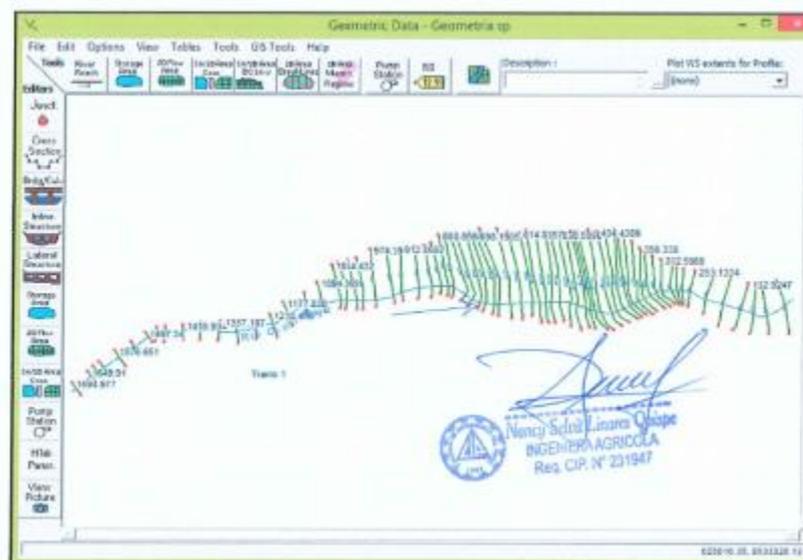
DESCRIPCION	Area (km2)	Qmax (m3/s), TR=100 Años	Qmax (m3/s), TR=140 Años	Qmax (m3/s), TR=200 Años
MICROCUECNA DEL RIO CULLAY	22.862	66.44	68.42	70.48

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.2. Resultados de los parámetros hidráulicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu

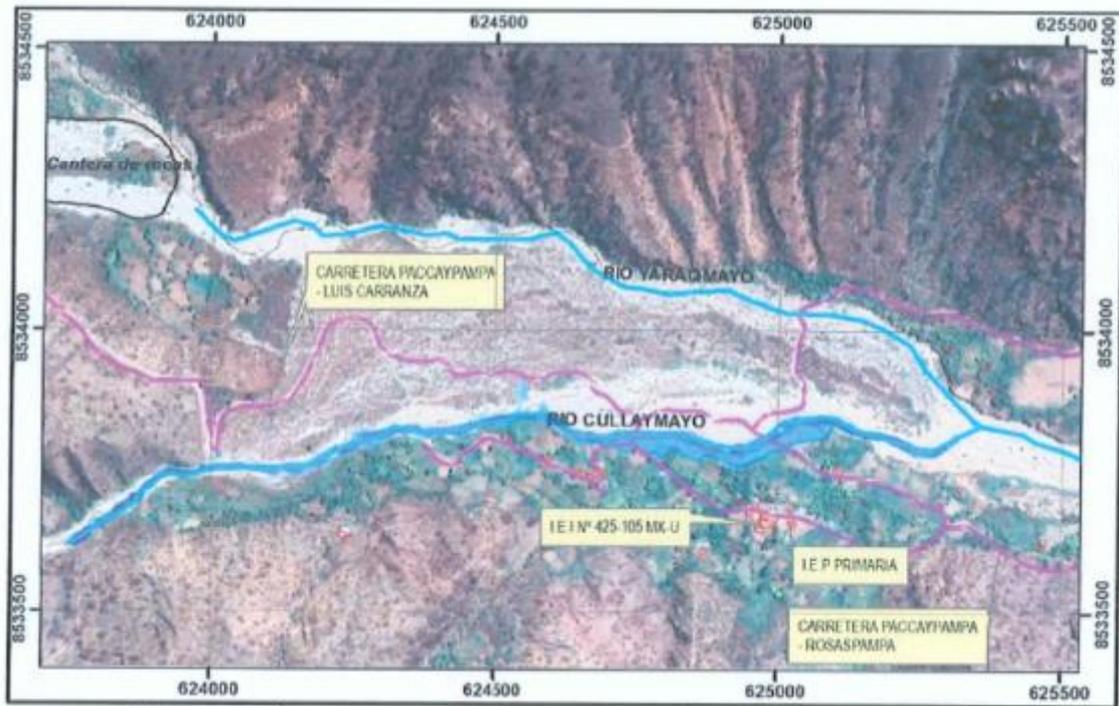
**1.- Análisis hidráulico del tramo en estudio:** Este tramo se ubica su inicio en la comunidad de Paccaypampa con una longitud de 1565m. En total se han procesado 74 secciones transversales, las mismas que se han ingresado al programa HEC-RAS v.5.0.3, para obtener las características hidráulicas a partir del tránsito del caudal de diseño  $Q=66.44$  m<sup>3</sup>/seg. En la figura 32, observa la distribución en planta de las secciones transversales ingresadas al programa.

**Figura 32- Vista en planta de las secciones transversales naturales ingresadas al programa HEC RAS v.5.0.3. en situación sin proyecto.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 33- Áreas de inundación la cual representa un alto riesgo para las instituciones públicas, bienes públicos y viviendas para 100 años de tiempo de retorno en condiciones son proyecto.**

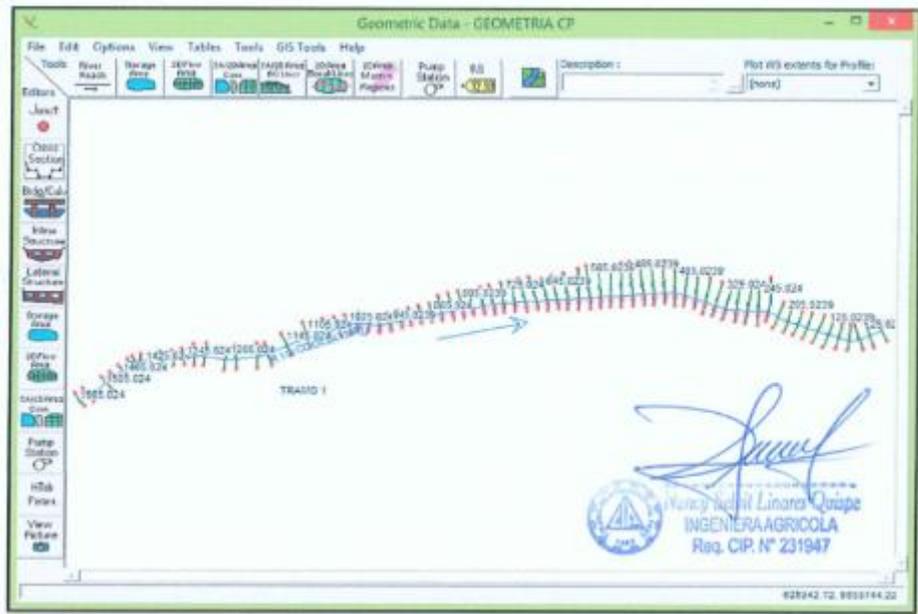


Fuente: Elaboración propia.

**2.- Predimensionamiento de estructuras hidráulicas en la margen derecha del río Ccollaymayu, en el tramo de estudio con defensa ribereña:** Para un dimensionamiento previo de la estructura del río, se considerará el caudal máximo de diseño dentro de los tramos naturales del río. A continuación, se presentan los resultados del estudio considerando los caudales de diseño obtenidos en la etapa hidrológica.

**2.1.- Sector en estudio:** Este primer tramo ubica su inicio en la comunidad de Paccaypampa con una longitud de 1565m, en total se han procesado 74 secciones transversales, las mismas que se han ingresado al programa HEC-RAS v.5.0.3, para obtener las características hidráulicas a partir del tránsito del caudal de diseño  $Q=66.44 \text{ m}^3/\text{seg}$ . En la figura 34, se observa la distribución en planta de las secciones transversales ingresadas al programa.

**Figura 34- Vista en planta de las secciones transversales ingresadas al programa HEC-RAS v.5.0.3.**



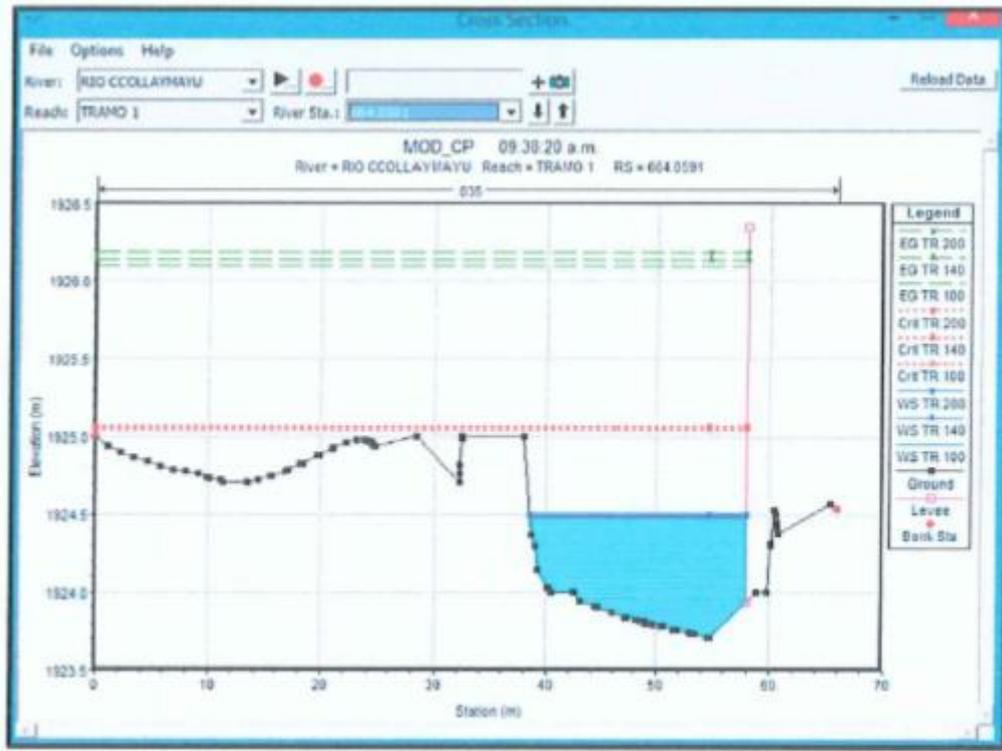
Fuente: Elaboración propia.

**Figura 35- Áreas de inundación para 100 años de tiempo de retorno en condiciones con proyecto, en la imagen se distingue la protección de la defensa ribereña a las unidades productoras de bienes e instituciones públicas, además de las viviendas privadas.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 36- Sección típica en la cual se observa 57cm de calado, esta sección pertenece a la estación 00+900 en el plano de secciones y en el HEC RAS a la estación 664.06.**



**Fuente: Elaboración propia.**

En el primer tramo en donde no se intervendrá entre las estaciones 1565.024 a 1025.024, se observa una velocidad máxima de 8.42 m/s y una mínima de 3.46 m/s, la cual todo este tramo el agua discurre en un régimen supercrítico, en cuanto al calado varía entre 0.65 a 1.61m.

En el segundo tramo en donde se intervendrá con el proyecto que comprende entre las estaciones 845.024 a 245.024 en HEC RAS y 00+720 a 01+320 en secciones transversales se observan velocidades máximas sobre la línea del thalweg entre 6.75 y 5.03 m/s, la velocidad máxima de 6.75 m/s sobre la línea del thalweg nos permite elegir un espesor del colchón igual a 0.50m.

Además, se ello en este tramo se observa calados que varían entre 0.63 y 0.86 metros, y todo este tramo el agua discurre en un régimen supercrítico alcanzando un numero de froude de 2.84.

Sin embargo, los calados críticos varían entre 1.50 y 1.10 metros, mientras tanto la altura de línea de energía crítica varía entre 1.29 y 2.32 metros de altura, teniendo en cuenta estos factores la altura de gavión se ha definido en 2 metros.

En la siguiente figura se observa la distribución de velocidades la cual pertenece a la estación 00+900 en el plano de secciones y en el HEC RAS a la estación 664.06 como en la figura 37:

**Figura 37- Sección típica de distribución de velocidades en la cual se observa un promedio de velocidad de 4 a 5 m/s, esta sección pertenece a la estación 00+900 en el plano de secciones y en el HEC RAS a la estación 664.06.**



Fuente: Elaboración propia.

**2.2.- Simulación de flujo permanente gradualmente variado a través del tramo de estudio con defensa ribereña:** Para el análisis de la defensa ribereña en el tramo de estudio, Paccaypama, se tendrá en cuenta el análisis con respecto a velocidades y tirantes de agua, así como el pre dimensionamiento inicial para el desarrollo definitivo de cada uno de los diseños de la defensa ribereña en cada del tramo.

Se ha realizado la generación de cada una de las secciones transversales, incluyendo las siguientes transversales, producto del pre dimensionamiento realizado en la etapa anterior, para el tramo en estudio:

**Tabla 30 – Resultados de parámetros hidráulicos con fines de protección ante avenidas en la localidad de Paccaypampa desde el tramo 00+000 al 01+565.**

RESULTADOS DEL MODELAMIENTO HIDRAULICO CON HEC RAS v 5.0.3 EN SITUACION CON PROYECTO															
Proyecto:	"CREACION DEL SERVICIO DE PROTECCION FRENTE A INUNDACIONES Y SOCIALIZACION EN LA MARGEN DERECHA DEL RIO CCOLLAYMAYU, EN LA COMUNIDAD DE PACCAYPAMPA DEL DISTRITO DE LUIS CARRANZA - PROVINCIA DE LA MAR - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO".														
Rio:	RIO CCOLLAYMAYU														
Tramo del Rio	Estacion HECRAS	Caudal de Max. Avenida (m <sup>3</sup> /s)	Cota de fondo del rio (m.s.n.m.)	Cota del superficie agua (m.s.n.m.)	Cota de Calado critico (m.s.n.m.)	Cota del linea de energia (m.s.n.m.)	S del linea de energia (m/m)	Velocidad del agua (m/s)	Área hidráulica (m <sup>2</sup> )	Ancho de la lámina de agua (m)	Numero de Froude	Calado (m.)	Calado Critico (m.)	Altura de Velocidad (m.)	Intersección
TRAMO_1	1565.024	66.44	2018.35	2019.96	2019.96	2020.57	0.013520	3.48	20.4	16.92	1.01	1.61	1.61	0.61	
TRAMO_1	1545.024	66.44	2015.88	2016.74	2017.48	2018.72	0.12577	7.64	9.22	13.73	2.98	0.88	1.6	2.98	
TRAMO_1	1505.024	66.44	2010.98	2011.85	2012.63	2014.94	0.113108	7.78	9.05	11.89	2.82	0.87	1.65	3.09	
TRAMO_1	1485.024	66.44	2009	2009.88	2010.65	2012.75	0.100189	7.5	9.4	11.79	2.88	0.88	1.65	2.87	
TRAMO_1	1465.024	66.44	2007.37	2008.19	2008.98	2010.74	0.08817	6.07	10.20	12.49	2.91	1.01	1.66	2.41	
TRAMO_1	1445.024	66.44	2005.44	2006.46	2007.11	2008.82	0.092826	6.95	10.13	13.53	2.97	1.02	1.67	2.45	
TRAMO_1	1437.810	66.44	2005	2005.85	2006.46	2008.24	0.090746	6.85	10.3	14.09	2.96	0.85	1.48	2.35	
TRAMO_1	1425.024	66.44	2004	2004.89	2005.55	2007.13	0.070241	6.63	10.63	13.10	2.36	0.89	1.55	2.24	
TRAMO_1	1405.024	66.44	2001.85	2002.84	2003.53	2005.4	0.095213	7.09	9.84	12.08	2.8	0.98	1.67	2.36	
TRAMO_1	1385.024	66.44	1998.95	1999.79	2000.62	2003.14	0.126971	8.1	8.7	11.64	2.99	0.84	1.67	3.34	
TRAMO_1	1395.024	66.44	1995	1996.8	1997.65	2000.41	0.143623	8.42	8.37	11.6	3.16	0.8	1.65	3.61	
TRAMO_1	1345.024	66.44	1993.82	1994.49	1995.06	1997.01	0.164841	7.63	10.03	20.6	3.22	0.67	1.24	2.52	
TRAMO_1	1325.024	66.44	1991.89	1992.54	1993.02	1994.31	0.096383	5.89	11.87	21.32	2.51	0.85	1.13	1.77	
TRAMO_1	1305.024	66.44	1989.95	1990.62	1991.09	1992.36	0.097733	5.84	12.07	21.24	2.47	0.67	1.14	1.74	
TRAMO_1	1285.024	66.44	1986.24	1986.96	1987.42	1988.63	0.088075	5.72	12.32	21.82	2.43	0.72	1.18	1.67	
TRAMO_1	1265.024	66.44	1984.24	1985.07	1985.54	1986.62	0.08295	5.88	12.63	21.48	2.5	0.73	1.2	1.75	
TRAMO_1	1205.024	66.44	1980.52	1981.27	1981.73	1982.93	0.101021	5.7	12.36	22.4	2.45	0.75	1.21	1.65	
TRAMO_1	1185.024	66.44	1978.62	1979.36	1979.82	1981.01	0.091183	5.68	12.41	21.75	2.4	0.74	1.2	1.64	
TRAMO_1	1145.024	66.44	1974.85	1975.5	1975.95	1977.17	0.100875	5.72	12.31	22.98	2.5	0.65	1.1	1.67	
TRAMO_1	1105.024	66.44	1970.08	1970.79	1971.3	1972.56	0.132156	5.89	11.96	21.27	2.51	0.71	1.22	1.77	

TRAMO_1	1065.024	66.44	1905.42	1906.13	1966.54	1967.58	0.112031	5.32	13.25	27.13	2.43	0.71	1.12	1.44	
TRAMO_1	1045.024	66.44	1902.94	1903.62	1964.05	1965.2	0.124148	5.56	12.87	24.38	2.46	0.68	1.11	1.38	
TRAMO_1	1025.024	66.44	1900.89	1901.4	1961.85	1962.94	0.102203	5.48	12.85	22.88	2.34	0.71	1.18	1.53	
TRAMO_1	1005.024	66.44	1908.35	1898.05	1959.54	1960.8	0.108807	5.85	12.02	21.57	2.51	0.7	1.19	1.75	
TRAMO_1	985.024	66.44	1905.89	1906.52	1956.99	1958.39	0.133244	6.06	11.62	24.28	2.8	0.63	1.1	1.87	
TRAMO_1	945.024	66.44	1903.58	1904.33	1954.86	1956.21	0.091106	6.06	11.63	19.00	2.46	0.75	1.25	1.87	
TRAMO_1	925.024	66.44	1901.52	1902.27	1952.81	1954.23	0.10662	6.2	11.37	18.17	2.5	0.75	1.25	1.86	
TRAMO_1	905.024	66.44	1949.49	1950.24	1950.77	1952.22	0.004955	6.24	11.3	18.21	2.53	0.75	1.28	1.98	
TRAMO_1	885.024	66.44	1947.44	1948.14	1948.7	1950.23	0.103185	6.41	11	18.21	2.63	0.7	1.28	2.09	
TRAMO_1	865.024	66.44	1945.34	1946.08	1946.64	1948.17	0.103196	6.4	11.01	18.19	2.63	0.74	1.3	2.09	
TRAMO_1	845.024	66.44	1943.29	1944.04	1944.6	1946.07	0.108762	6.23	11.31	18.25	2.63	0.75	1.31	1.98	
TRAMO_1	825.024	66.44	1941.29	1942.03	1942.56	1944.04	0.103707	5.95	11.83	18.32	2.37	0.74	1.27	1.81	M. Dorecha
TRAMO_1	805.024	66.44	1939.15	1939.97	1940.49	1941.84	0.099505	6.05	11.65	18.22	2.62	0.81	1.31	1.87	M. Dorecha
TRAMO_1	785.024	66.44	1937.35	1938.15	1938.68	1939.91	0.093392	5.88	12.03	18.14	2.3	0.8	1.31	1.75	M. Dorecha
TRAMO_1	765.024	66.44	1935.35	1936.32	1936.82	1938.07	0.088895	5.87	12.01	18.22	2.31	0.77	1.27	1.78	M. Dorecha
TRAMO_1	745.024	66.44	1933.85	1934.41	1934.94	1936.29	0.087	6.07	11.6	18.23	2.43	0.73	1.26	1.88	M. Dorecha
TRAMO_1	725.024	66.44	1931.71	1932.44	1932.88	1934.45	0.086857	6.27	11.24	18.17	2.35	0.73	1.27	2.00	M. Dorecha
TRAMO_1	705.024	66.44	1929.8	1930.51	1931.09	1932.51	0.092584	6.27	11.25	18.19	2.54	0.71	1.29	2.00	M. Dorecha
TRAMO_1	685.024	66.44	1927.82	1928.45	1928.95	1930.34	0.118286	6.08	11.59	23.45	2.76	0.83	1.13	1.88	M. Dorecha
TRAMO_1	664.059	66.44	1925.81	1926.53	1926.96	1928.05	0.10008	5.47	12.89	26.83	2.82	0.72	1.15	1.53	M. Dorecha
TRAMO_1	645.024	66.44	1923.71	1924.6	1925.07	1926.18	0.078508	5.74	12.27	18.48	2.31	0.79	1.36	1.68	M. Dorecha
TRAMO_1	625.024	66.44	1921.87	1922.63	1923.07	1924.24	0.13441	5.61	12.56	21.29	2.83	0.76	1.2	1.80	M. Dorecha
TRAMO_1	605.024	66.44	1919.87	1920.77	1921.17	1922.06	0.083138	5.03	14	28.42	2.29	0.84	1.24	1.29	M. Dorecha
TRAMO_1	585.024	66.44	1917.89	1918.77	1919.2	1920.25	0.097004	5.38	13.1	27.02	2.47	0.78	1.31	1.48	M. Dorecha
TRAMO_1	565.024	66.44	1916.03	1916.76	1917.18	1918.3	0.097701	5.49	12.84	25.79	2.48	0.73	1.15	1.34	M. Dorecha
TRAMO_1	545.024	66.44	1914.06	1914.81	1915.48	1916.55	0.078798	8.84	12.06	18.22	2.29	0.75	1.42	1.74	M. Dorecha
TRAMO_1	525.024	66.44	1912.43	1913.21	1913.84	1914.87	0.081892	6.87	12.01	18.14	2.37	0.78	1.41	1.76	M. Dorecha
TRAMO_1	505.024	66.44	1910.81	1911.57	1912.31	1913.34	0.079941	5.9	11.95	18.32	2.33	0.76	1.15	1.77	M. Dorecha
TRAMO_1	485.024	66.44	1909.2	1910.04	1910.42	1911.54	0.09278	5.43	12.97	25.72	2.44	0.84	1.22	1.50	M. Dorecha
TRAMO_1	465.024	66.44	1906.99	1907.65	1908.32	1909.63	0.09411	6.22	11.24	18.18	2.51	0.67	1.33	1.87	M. Dorecha

TRAMO_1	445.024	66.44	1904.47	1905.18	1905.75	1907.47	0.121101	6.73	10.47	18.08	2.83	0.69	1.28	2.31	M. Dorecha
TRAMO_1	425.024	66.44	1902.09	1902.71	1903.36	1905.03	0.122354	6.75	10.43	18.03	2.84	0.65	1.3	2.32	M. Dorecha
TRAMO_1	405.024	66.44	1899.63	1900.3	1900.89	1902.6	0.125081	6.71	10.5	18.19	2.82	0.67	1.26	2.29	M. Dorecha
TRAMO_1	385.024	66.44	1897.62	1898.42	1898.38	1900.37	0.094794	6.19	11.39	18.31	2.5	0.8	1.25	1.85	M. Dorecha
TRAMO_1	365.024	66.44	1895.69	1896.52	1897.03	1898.47	0.094483	6.2	11.37	18.35	2.51	0.82	1.34	1.88	M. Dorecha
TRAMO_1	345.024	66.44	1893.78	1894.6	1895.09	1896.48	0.103318	6.07	11.62	20.92	2.8	0.81	1.3	1.88	M. Dorecha
TRAMO_1	325.024	66.44	1891.86	1892.72	1893.14	1894.46	0.094385	6.94	12.06	21.35	2.48	0.86	1.28	1.74	M. Dorecha
TRAMO_1	305.024	66.44	1889.63	1890.34	1890.89	1892.44	0.104268	6.43	10.97	18.12	2.84	0.71	1.26	2.11	M. Dorecha
TRAMO_1	285.024	66.44	1887.42	1888.12	1888.69	1890.3	0.108281	6.54	10.79	18.19	2.71	0.7	1.27	2.18	M. Dorecha
TRAMO_1	265.024	66.44	1885.28	1886.04	1886.61	1888.15	0.103945	6.42	10.97	18.38	2.85	0.76	1.33	2.10	M. Dorecha
TRAMO_1	245.024	66.44	1883.1	1884.03	1884.58	1886.06	0.101329	6.35	11.1	18.43	2.81	0.73	1.26	2.06	M. Dorecha
TRAMO_1	225.024	66.44	1881.29	1882.03	1882.58	1884.07	0.099336	6.23	11.14	18.22	2.86	0.74	1.29	2.04	M. Dorecha
TRAMO_1	205.024	66.44	1879.21	1880.02	1880.57	1882.07	0.10096	6.34	11.12	18.33	2.6	0.81	1.26	2.08	
TRAMO_1	185.024	66.44	1877.22	1877.9	1878.4	1879.86	0.117448	6.1	11.38	22.4	2.78	0.68	1.18	1.96	
TRAMO_1	165.024	66.44	1875.27	1875.98	1876.48	1877.74	0.091537	5.88	11.88	21.21	2.5	0.71	1.18	1.78	
TRAMO_1	145.024	66.44	1873.14	1873.8	1874.4	1875.8	0.101872	6.1	11.65	20.92	2.82	0.76	1.26	1.90	
TRAMO_1	125.024	66.44	1871.16	1871.88	1872.38	1873.77	0.100619	6.09	11.57	20.82	2.81	0.72	1.22	1.89	
TRAMO_1	105.024	66.44	1869.11	1869.87	1870.36	1871.76	0.100424	6.1	11.56	20.79	2.81	0.76	1.25	1.90	
TRAMO_1	85.024	66.44	1867.07	1867.8	1868.3	1869.72	0.102686	6.14	11.49	20.74	2.63	0.73	1.23	1.92	
TRAMO_1	65.024	66.44	1865.07	1865.79	1866.29	1867.68	0.101135	6.09	11.57	20.83	2.61	0.72	1.22	1.89	
TRAMO_1	45.024	66.44	1863.11	1863.8	1864.29	1865.67	0.099162	6.08	11.63	20.86	2.59	0.69	1.18	1.87	
TRAMO_1	25.024	66.44	1860.97	1861.69	1862.18	1863.59	0.10825	6.12	11.52	21.37	2.67	0.72	1.21	1.91	
TRAMO_1	0.000	66.44	1859	1859.61	1860.11	1861.49	0.101562	6.08	11.63	21.05	2.8	0.61	1.11	1.87	
TRAMO_1	0.000	66.44	1858.62	1859.48	1859.98	1860.12	0.083587	5.87	12.43	21.43	2.38	0.88	1.36	1.64	

Fuente: Elaboración propia.

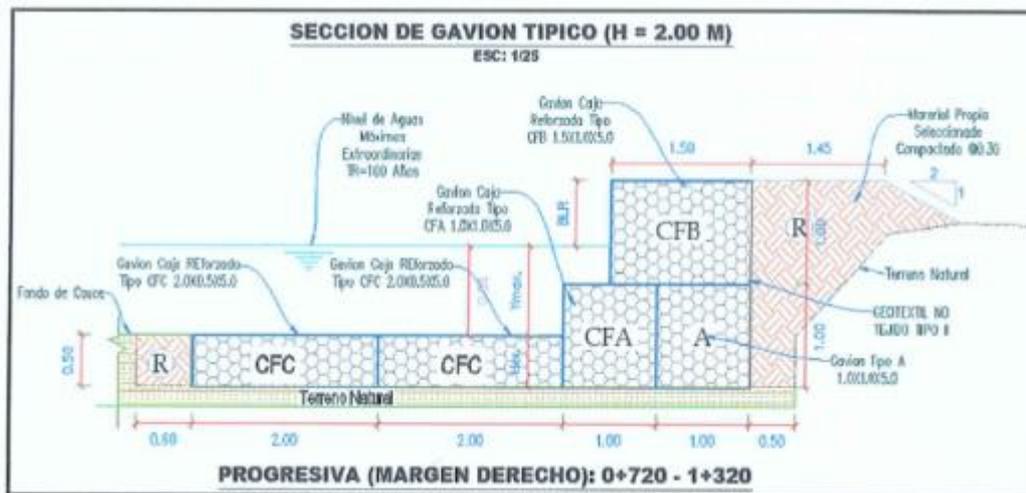
**2.3.- Definición de la altura del muro gavión:** Según los resultados que se presenta en la tabla siguiente, los calados varían entre 0.86 y 0.63 metros teniendo en cuenta estas características importantes se define la altura de muro gavión que a continuación se detalla:

**Tabla 31 – Definición de la altura del muro gavión.**

CALCULO DE LA ALTURA DEL MURO GAVION H=2.0 metros	
Caudal de diseño del río Ccollaymayu (Tr= 100años)	66.44 m <sup>3</sup> /s
Tirante Maximo (Ymax.)	0.86 m
Tirante Minimo (Ymin.)	0.63 m
Velocidad Maxima (Vmax.)	6.75 m/s
Velocidad Minima (Vmin.)	5.03 m/s
Velocidad media (Vmed.)	5.89 m/s
Profundidad de socavacion (Ps)	1.79 m
Borde Libre (Bl) (Alt. Vel.)	1.95 m
Borde Libre Según recomendaciones (Blr)	0.60 m
Altura del Muro (Hm=Ymax+Bl)	2.81 m
Altura del colchon reno (Hcr)	0.50 m
Ancho del colchón reno (Hcr= 2*Ps)	3.58 m
Altura adoptado (Hm=Ymax.+Blr+Hcr)	2.00 m

Fuente: Elaboración propia.

**Figura 38- Típico muro gavión de H=2.00 metros.**



Fuente: Elaboración propia.

El gavión típico comprende los siguientes componentes:

- ✓ Gavión caja tipo A 5.0x1.0x1.0M, (90%Zn+10%Al+PARA), Ømalla 2.4mm – cocada 10x12cm.
- ✓ Gavión caja fuerte tipo A 5.0x1.0x1.0M, (90%Zn+10%Al+PARA), Ømalla 3.4mm – cocada 10x12cm
- ✓ Gavión caja fuerte tipo B 5.0x1.5x1.0M, (90%Zn+10%Al+PARA), Ømalla 3.4mm – cocada 10x12cm
- ✓ Colchon antisocavante gavión caja fuerte tipo C 5.0x2.0x0.5M, (90%Zn+10%Al+PARA), Ømalla 3.4mm – cocada 10x12cm

**3.- Ancho estable del río:** “Se necesita un valor representativo de varios caudales, para así poder realizar una acción modeladora del rango completo de caudales, los cuales nos permitirán modelar las diferentes relaciones geométricas hidráulicas del cauce aluvial en condiciones de equilibrio dinámico.” (Basile, 2018).

**Tabla 32 – Calculo del ancho estable del rio.**

CALCULO HIDRÁULICO DEL ANCHO ESTABLE DEL RIO							
Proyecto: "CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES Y SOCAVACIÓN EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CCOLLAYMAYU, EN LA COMUNIDAD DE PACCAYPAMPA DEL DISTRITO DE LUIS CARRANZA - PROVINCIA DE LA MAR - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO".							
SECCIÓN ESTABLE O AMPLITUD DE CAUCE ( B ) DEL RIO CCULLAYMAYU							
Caudal (m³/seg). TR=100Años	MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON $B = K_1 Q^{0.73}$			MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING $B = (Q^{0.8} S^{1.49}) / (n K^{0.54})^{10^{0.16}}$		MÉTODO DE BLENCHE $B = 1.81(Q F_s F_p)^{0.12}$	
	Condiciones de Fondo de río	$K_1$	B (m)	Valores rugosidad de Manning (n)	B (m)	Factores	B (m)
66.44	Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.5	22.82	Descripción	n	Factor de Fondo	$F_s$
Pendiente En el cauce intervenido (m/m)				Caudal de Río con fuerte transporte de acarreo = 0.035	3.035		
	0.19334	MÉTODO DE PETTIS $B = 4.44 Q^{0.5}$		Descripción	K	Factor de Orilla	$F_p$
B (m)		Material aluvial = 3 a 12	12	Materiales sueltos	0.1		
36.19		Coeficiente de Tipo de Río				Descripción	m
				Para ríos de montaña	0.5		

RESUMEN :	
MÉTODO	B (m)
MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON	22.82
MÉTODO DE PETTIS	36.19
MÉTODO DE ALTUNIN - MANNING	19.74
MÉTODO DE BLENCHE	41.73
===== ANCHO ESTABLE PROMEDIO B :	36.12
===== ANCHO ESTABLE ADOPTADO B :	28.80

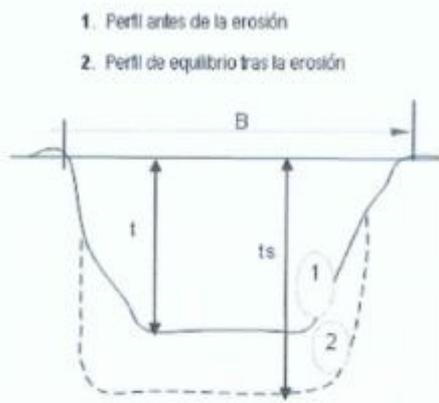
De acuerdo a lo verificado en campo corresponde este valor para el río en estudio

Fuente: Elaboración propia.

**4.- Estudio de socavación generalizada:** El objetivo de esta parte del estudio consiste en calcular la socavación generalizada a partir de la ecuación de Lischvan Lebediev, cuando se transita el caudal de diseño en el tramo de estudio, en el cauce del río Ccollaymayu, donde se instalarán las estructuras hidráulicas. Esta socavación generalizada permitió definir el ancho del colchón reno de cada una de las estructuras hidráulicas a instalarse en la margen derecha e izquierda del río Ccollaymayu.

Tabla 33 – Calculo de la profundidad de socavación.

CALCULO DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H <sub>S</sub> ) PARA MUROS DE PROTECCION TIPO										
Proyecto:	*CREACIÓN DEL SERVICIO DE PROTECCIÓN FRENTE A INUNDACIONES Y SOCAVACIÓN EN LA MARGEN DERECHA DEL RÍO CCOLLAYMAYU, EN LA COMUNIDAD DE PACCAYPAMPA DEL DISTRITO DE LUIS GARRANZA - PROVINCIA DE LA MAR - DEPARTAMENTO DE AYACUCHO*.									
Río:	CCOLLAYMAYU O CULLAY									
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV										
Suelos Granulares - No Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(1)$										
Suelos Cohesivos										
$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.60 \gamma_s^{1.18} \beta))^{1/(x+1)} \dots\dots(2)$										
Donde:										
$t_s$ = Tirante despues de producirse la socavacion (m)										
$t$ = Tirante sin socavacion (m)										
$t = 0.65$ m										
$D_m$ = Diametro Medio de las particulas (mm)										
$D_m = 7.773$ mm										
$\gamma_s$ = Peso Especifico suelo (Kg/m3)										
$\mu$ = Coeficiente de Contraccion										
$\alpha$ = Coeficiente >>>>>										
$\alpha = Q/(t_m^{5/3} B \mu)$										
Tirante medio ( $t_m$ ) = A/B	Q (Caudal de Diseño)	Coeficiente de Contraccion ( $\mu$ ) Tabla N° 01	Ancho Estable	$\alpha$						
$t_m = 0.58$	66.40	$\mu = 1.00$	B = 20.00	8.27						
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION PARA SUELOS NO COHESIVO .....(1):										
X : Exponente que depende de : $D_m$ para suelos Granulares No Cohesivos y $\gamma_s$ para suelos cohesivos. >>>>> TABLA N° 03		Coeficiente por Tiempo de Retorno : $\beta$ (Tabla N° 04)	TIRANTE DE SOCAVACION SUELOS GRANULARES - NO COHESIVOS							
X (Tabla N° 03)	1/x+1		$t_s = ((\alpha t^{5/3}) / (0.68 D_m^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$							
x = 0.35	0.74	$\beta = 1.00$	$t_s = 2.44$ m							
<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H<sub>S</sub>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>H<sub>S</sub></td> <td>= t<sub>s</sub> - t</td> </tr> <tr> <td>H<sub>S</sub></td> <td>= 1.79 m</td> </tr> </tbody> </table>					PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H <sub>S</sub> )		H <sub>S</sub>	= t <sub>s</sub> - t	H <sub>S</sub>	= 1.79 m
PROFUNDIDAD DE SOCAVACION (H <sub>S</sub> )										
H <sub>S</sub>	= t <sub>s</sub> - t									
H <sub>S</sub>	= 1.79 m									



Fuente: Elaboración propia.

## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. Discusión de resultados específicos

**1.- De los parámetros hidrológicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu:** Para la determinación del caudal de diseño de máximas avenidas o el escurrimiento máximo en la microcuenca en estudio se tuvieron en consideración lo siguiente: tiempo o periodo de retorno de 100, 140 y 200 años.

De acuerdo al manual de hidrología, hidráulica y drenaje, aprobada mediante la Resolución Directoral N°20-2011-MTC/14, en conformidad del artículo 18 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por Decreto Supremo N°034-2008-MTC, recomienda que las obras de defensas ribereñas se deben hacer los diseños para una vida útil de 40 años y un riesgo admisible de 22%.

Sin embargo, de acuerdo a las recomendaciones de ANA, el periodo de retorno para dimensionar obras de defensa ribereñas es de 100 años; tiempo de retorno de 100 años (diseño), intensidad máxima (curva IDF método de DYCK PESCHKE y IILA – SENAMHI).

Para determinar el caudal máximo de diseño de las microcuencas en estudio, se ha identificado el punto de aforo:

ITEM	UNIDAD HIDROGRAFICA	UBICACIÓN DEL PUNTO DE AFORO		
		ESTE (m)	NORTE (m)	ALTITUD (m.s.n.m.)
01	Sub cuenca del Río Cullay o Ccollaymayu	624971	8533871	1912.00

Para determinar el caudal máximo de diseño de las aportantes de ha utilizado el método semidistribuido HEC HMS, se determinó los caudales máximos estimados por los diferentes métodos:

DESCRIPCION	Area (km <sup>2</sup> )	Qmax (m <sup>3</sup> /s), TR=100 Años	Qmax (m <sup>3</sup> /s), TR=140 Años	Qmax (m <sup>3</sup> /s), TR=200 Años
MICROCUEENCA DEL RIO CULLAY	22.862	66.44	68.42	70.48

**2.- De los parámetros hidráulicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu:** Se ha tomado en cuenta los caudales de diseño del estudio hidrológico, para un TR=100 años, para el diseño del proyecto: Río Ccollaymayu teniendo en cuenta un Q= 66.44 m<sup>3</sup>/seg.

El transito hidráulico, se realiza mediante la ayuda del programa HEC-RAS v.5.0.3, teniendo en cuenta un análisis de flujo permanente gradualmente variado unidimensional.

Para la obtención de las características hidráulicas en cada tramo de análisis, se han ingresado las secciones transversales, perpendiculares a la línea de thalweg, en cada una de las cuales, se ha ingresado los coeficientes de rugosidad de Manning, habiéndose considerado un valor de 0.035 para el río Ccollaymayu.

De acuerdo al análisis hidráulico se ha evidenciado en el tramo en donde se intervendrá con el proyecto que comprende entre las estaciones 845.0239 a 245.024 en HEC RAS y 00+720 a 01+320 en secciones transversales que las velocidades máximas sobre la línea del thalweg entre 6.75 y 5.03 m/s, la velocidad máxima de 6.75 m/s sobre la línea del thalweg nos permite elegir un espesor del colchón reno igual a 0.50m.

Además de ello en este tramo se observa calados que varían entre 0.86 y 0.63 metros y todo este tramo el agua discurre en un régimen supercrítico alcanzando un numero de froude de 2.84. La altura del muro gavión de 2.00

metros se definieron teniendo en cuenta los siguientes datos que a continuación se presentan:

<b>CALCULO DE LA ALTURA DEL MURO GAVION H=2.0 metros</b>	
Caudal de diseño del rio Ccollaymayu (Tr=100años)	66.44 m <sup>3</sup> /s
Tirante Maximo (Ymax.)	0.86 m
Tirante Minimo (Ymin.)	0.63 m
Velocidad Maxima (Vmax.)	6.75 m/s
Velocidad Minima (Vmin.)	5.03 m/s
Velocidad media (Vmed.)	5.89 m/s
Profundidad de socavacion (Ps)	1.79 m
Borde Libre (Bl) (Alt. Vel.)	1.95 m
Borde Libre Según recomendaciones (Blr)	0.60 m
Altura del Muro (Hm=Ymax+Bl)	2.81 m
Altura del colchon reno (Hcr)	0.50 m
Ancho del colchon reno = 2*Ps	3.58 m
Altura adoptado (Hm=Ymax.+Blr+Hcr)	2.00 m

Para el diseño de las estructuras de gaviones, se ha tenido en cuenta las velocidades máximas alcanzadas, que permitieron determinar el espesor del colchón reno, longitud (a partir de la socavación generalizada, mediante el método el Lischtvab Lebediev) y diámetro de piedras que deben estar contenidas dentro del colchón reno y gavión caja fuerte, además de ello se tuvo en cuenta el movimiento de masas para opta las alturas planteadas.

## CONCLUSIONES

- A. La microcuenca de estudio tiene un área de 22.86 km<sup>2</sup> y el coeficiente de compacidad (gravelius) 1.87 determinando la forma de la microcuenca que es alargada, longitud 9.99 km, pendiente de la cuenca es de 17.34 % y el tiempo de concentración es de 2.27 Hr; donde el problema más crítico del Río Ccollaymayu, que es el arrastre de material debido que en las partes altas de la microcuenca hay bastante actividad de movimiento de masas de suelo y rocas debido a ello y por la alta pendiente que tiene el Río arrastra el material hasta la localidad de Paccaypampa y ahí deposita material fino y grueso y por tal motivo el Río cambia a cada año su curso debido. Para el desarrollo del estudio hidrológico se utilizó las estaciones de Allpachaca, Chiara, Chontaca, Quinoa, Huanta, Putacca y Tambillo que se ubican en áreas circundantes al área en estudio y por similitud altitudinal para el cálculo de intensidades máximas, por otro lado, el modelo hidrológico HEC HMS, se ajusta mejor en su cálculo de máximas avenidas por ser un método de cálculo semidistribuido.
- B. Se ha tomado en cuenta los caudales de diseño del estudio hidrológico, para un TR=100 años, para el diseño del proyecto: Río Ccollaymayu teniendo en cuenta un Q= 66.44 m<sup>3</sup>/seg. El tránsito hidráulico, se realiza mediante la ayuda del programa HEC-RAS v.5.0.3, teniendo en cuenta un análisis de flujo permanente gradualmente variado unidimensional. Para la obtención de las características hidráulicas en cada tramo de análisis, se han ingresado las secciones transversales, perpendiculares a la línea de thalweg, en cada una de las cuales, se ha ingresado los coeficientes de rugosidad de Manning, habiéndose considerado un valor de 0.035 para el río Ccollaymayu. De acuerdo al análisis hidráulico se ha evidenciado en el tramo en donde se intervendrá con el proyecto que comprende entre las estaciones 845.0239 a 245.024 en HEC RAS y 00+720 a 01+320 en secciones transversales que las velocidades máximas sobre la línea del thalweg entre 6.75 y 5.03 m/s, la velocidad máxima de 6.75 m/s sobre la línea del thalweg nos permite elegir un espesor del colchón reno igual a 0.50m. Para el diseño de las estructuras de gaviones, se ha tenido en

cuenta las velocidades máximas alcanzadas, que permitieron determinar el espesor del colchón reno, longitud (a partir de la socavación generalizada, mediante el método el Lischtvab Lebediev) y diámetro de piedras que deben estar contenidas dentro del colchón reno y gavión caja fuerte, además de ello se tuvo en cuenta el movimiento de masas para opta las alturas planteadas.

## RECOMENDACIONES

1. Al elegir la estación pluviométrica fiarse de los datos más confiables y Para el diseño de obras de defensa ribereña se recomienda dimensionar con caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años y corroborar para un periodo de retorno de 200 años; además el diseñador podrá proponer periodos de retorno mayores a los mencionados.
2. Debe quedar claro que la investigación no queda aquí, se tiene que continuar investigando en el tiempo de vida útil aceptable de la estructura, teniendo en cuenta que el rio CCollaymayu, presenta alto grado de acarreo de materiales, por lo que, se recomienda el mantenimiento anual de las estructuras y como también la limpieza rutinaria del lecho del rio, por otro lado para la instalación de la estructuras se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas en que respecta a diámetros de piedras y tipo de malla de gavión a utilizar, así como el diámetro de rocas para el enrocado y así garantizar la estabilidad de las estructuras hidráulicas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alcocer, V., Rodríguez, J., Bourguett, V., Llaguno, O., & Albornoz, P. (2016). Metodología para la generación de mapas de riesgo por inundación en zonas urbanas. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII(0187–8336), 33–55.
2. Andina. (2019, abril 1). Ya suman más de 700 los damnificados por inundaciones en Chanchamayo. p. 1. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-ya-suman-mas-700-los-damnificados-inundaciones-chanchamayo-747177.aspx>
3. Aparicio, F. (2002). *Fundamentos de hidrología de superficie (Primera)*. México - México: Limusa S.A. de C.V.
4. Arce, R., Birkel, C., Durán, D., & Samudio, M. (2006). *Metodologías fotogramétricas e hidrológicas para estimar la amenaza y vulnerabilidad de inundación en la cuenca del río Purires, Cartago, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, 14.
5. Bateman, A. (2007). *Hidrología básica y aplicada (Primera)*. Venezuela: Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos.
6. CENEPRED. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por inundaciones fluviales* (p. 48). p. 48. Lima - Perú: Dirección de gestión de procesos subdirección de normas y lineamientos.
7. CENEPRED. (2015). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales (Segunda ed; NEVA STUDIO SAC, Ed.)*. Recuperado de [http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas\\_detalle.aspx?idp=112](http://www.sigpad.gov.co/sigpad/paginas_detalle.aspx?idp=112)
8. Chow, V. (1994). *Hidrología aplicada (Primera; M. Suarez, Ed.)*. Santa fe de Bogotá: McGraw-Hill.
9. CNN. (2017). No es solo Harvey: agosto fue un mes de inundaciones en el mundo. Recuperado de <http://cnnespanol.cnn.com/2017/09/02/no-es-solo-harvey-agosto-fue-un-mes-de-inundaciones-en-el-mundo/#0>
10. Comercio. (2017). Las impactantes imágenes de las lluvias e inundaciones en Perú. Recuperado de <https://elcomercio.pe/peru/impactantes-imagenes-lluvias-e-inundaciones-peru-407507>

11. Concha, C., & Miranda, A. (2016). Análisis del riesgo de inundación en la cuenca del río Chili en el tramo de Chilina a Uchumayo - Arequipa. Universidad Católica de Santa María.
12. Correo. (2018). Rios se desbordan en Chanchamayo y causan inundaciones en diversos sectores. Chanchamayo.
13. Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). Diseño Hidrológico (Segunda Ed). Argentina: WASA - GN.
14. Google Earth. (2020). Google Earth Pro. Recuperado de <https://www.google.es/earth/download/gep/agree.html>
15. GRJ. (2015). Memoria descriptiva del estudio cultural del departamento de Junín a escala 1: 100 000 (p. 185). p. 185. Huancayo - Perú: Gobierno Regional de Junín.
16. Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2015). Métodos para la determinación del tiempo de concentración (tc) de una cuenca hidrográfica (p. 9). p. 9. Recuperado de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo de concentración.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/10779/Tiempo%20de%20concentraci3n.pdf)
17. INDECI. (2011). Manual de estimación del riesgo ante inundaciones fluviales (pp. 1–85). pp. 1–85. Lima - Perú: Instituto Nacional de Defensa Civil.
18. Lavao, S., & Corredor, J. (2014). Aplicación de la teoría del número de curva (CN) a una cuenca de montaña, caso de estudio: Cuenca del río Murca, mediante la utilización de sistema de información geográfica. Universidad Militar Nueva Granada.
19. Linsley, R., Kohler, M., & Paulus, J. (2003). Hidrología para ingenieros (Segunda). Bogotá-Colombia: McGraw-Hill Latinoamericana, S.A.
20. Lux, B. (2012). Conceptos básicos de morfometría de cuencas hidrográficas (p. 8). p. 8. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
21. MTC. (2008). Manual de hidrología, hidráulica y drenaje (Primera). Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
22. Perú21. (2017). Miguel Romero Sotelo: “Este es el momento de rediseñar las ciudades”. Recuperado de <https://peru21.pe/lima/miguel-romero-sotelo-momento-redisenar-ciudades-entrevista-69605>

23. Rodríguez, H. (2012). Inundaciones en zonas urbanas. Medidas preventivas y correctivas, acciones estructurales y no estructurales. Universidad Nacional Autónoma de México.
24. SENAMHI. (2017). Datos históricos. Recuperado de <http://www.senamhi.gob.pe/?p=data-historica>
25. Valdivia, J. (2014). Determinación del área de inundación por máxima avenida de la quebrada Amojú, en la zona urbana de la ciudad de Jaén - Cajamarca. Universidad Nacional de Cajamarca.
26. Yépez, C. (2016). Comportamiento de las máximas avenidas y las posibles áreas de inundación producidas en la quebrada Cruz Blanca para la zona urbana del distrito de Cajamarca, 2016. Universidad Privada del Norte.

## **ANEXOS**

ANEXO 01 – Matriz de Consistencia.

ANEXO 02 – Mapa de Velocidades.

ANEXO 03 – Mapa de Inundaciones.

ANEXO 04 – Planos.

### Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	JUSTIFICACIÓN	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><b>Problema general</b> ¿Cómo se determina el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho?</p> <p><b>Problemas específicos</b> a) ¿Cuáles son los parámetros hidrológicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho? b) ¿Cuáles son los parámetros hidráulicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho?</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar el estudio hidrológico e hidráulico para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> a) Determinar los parámetros hidrológicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho. b) Determinar los parámetros hidráulicos de la cuenca para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.</p>	<p><b>Justificación metodológica</b> Los tratamientos metodológicos de esta investigación deben servir de guía para investigaciones similares referidas a la peligrosidad de inundaciones de los diferentes ríos que presenta nuestra hidrografía en el ámbito nacional e internacional, producto del desbalance ambiental, consecuencia del problema del calentamiento global y que posiblemente a futuro se viene agudizando en los diferentes medios.</p> <p><b>Justificación social</b> A partir de los resultados encontrados en el presente trabajo de investigación se pretende resolver problemas de inundación a zonas agrícolas y socavación del río Ccollaymayu por parte del flujo de agua cuando se presenten caudales extraordinarios. Por lo tanto, según lo descrito se justifica socialmente el aporte de este</p>	<p><b>Hipótesis General</b> El estudio hidrológico e hidráulico es determinante para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.</p> <p><b>Hipótesis específicos</b> a) Determinar los parámetros hidrológicos de la cuenca, incide significativamente para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho. b) Determinar los parámetros hidráulicos de la cuenca, incide significativamente para la protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, Luis Carranza, La Mar, Ayacucho.</p>	<p><b>Variable Independiente</b> Estudio hidrológico e hidráulico.</p> <p><b>Variable dependiente:</b> Protección frente a inundaciones y socavación</p>	<p><b>Método de investigación</b> Método científico.</p> <p><b>Tipo de estudio</b> El tipo de investigación por la naturaleza del estudio es aplicado</p> <p><b>Nivel de investigación</b> El estudio por el nivel de descriptivo - explicativo.</p> <p><b>Diseño metodológico</b> No Experimental</p>

		<p>estudio a fin de evitar problemas futuros al entorno social y de salud de la población.</p> <p><b>Justificación teórica</b></p> <p>La presente investigación tiene la finalidad de proponer medidas específicas de protección frente a inundaciones y socavación del río Ccollaymayu, dándole prioridad a los lugares considerados como zonas críticas por presentar riesgos altos y muy altos. Bajo una buena planificación estas zonas tendrán que ser absueltas de estos problemas utilizando acciones preventivas dosificadas en el tiempo, con la finalidad de prevenir los daños frente a desastres naturales.</p>			
--	--	---	--	--	--