

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL  
CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**TESIS**

**DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR  
DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA,  
DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023**

**PRESENTADO POR:**

BACH. HINOJOSA ARTEAGA JUAN

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL  
DE INGENIERO GEÓLOGO**

**ASESOR:**

DR. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

**CUSCO – PERÚ**

**2024**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada:.....  
"DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO  
POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA,  
DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA - CUSCO, 2023"

presentado por: **JUAN, HINOJOSA ARTEAGA** con DNI Nro.: **76297925** presentado  
por: ..... con DNI Nro.: ..... para optar el  
título profesional/grado académico de .....  
**INGENIERO GEÓLOGO**

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por **3** veces, mediante el  
Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la  
UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de **5**%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o  
título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	<input type="checkbox"/>

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, **11** de **JUNIO** de 20**24**

  
.....  
Firma  
Post firma **Ronald L. Lopez Zapana**

Nro. de DNI..... **23923900**.....

ORCID del Asesor..... **0000-0003-0148-6535**

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid: 27259:360809094**

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS PARA TURNITIN JUAN HINOJOSA .pdf**

AUTOR

**JUAN HINOJOSA ARTEAGA**

RECUENTO DE PALABRAS

**44775 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**206332 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**163 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**5.3MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 12, 2024 9:20 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 12, 2024 9:22 AM GMT-5**

### ● 5% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)



### **DEDICATORIA:**

A Dios, por su guía y sabiduría en este viaje académico. A mis padres, hermanos y familiares, por su inquebrantable apoyo. A mis docentes, compañeros y amigos, por sus enseñanzas y consejos, motivándome a cumplir mis metas y desarrollarme profesionalmente.

### **AGRADECIMIENTO:**

La vida nos presenta desafíos, y la universidad es uno de ellos. Entre aulas y libros, he encontrado un espacio para crecer y desarrollarme. Agradezco cada experiencia, pues moldea mi camino hacia la realización personal y profesional.

A mis padres, Juan Z. Hinojosa C. y Florentina Arteaga Q., por motivarme a seguir adelante y su apoyo incondicional día tras día.

A mis hermanos: Erick Germán, Jhon David y Yeyson Brayan. Más que hermanos, fueron amigos de confianza, que con su comprensión y buen ejemplo me han dado fuerza y fortaleza para seguir adelante durante mi etapa universitaria. Sin su apoyo, no hubiera llegado hasta aquí.

Más allá del aula, el Ing. Tedy Morocho ha sido un mentor y un amigo. Agradezco su guía, conocimientos y motivación brindada.

A mi institución educativa y a todos mis docentes, les agradezco su tiempo, esfuerzo y dedicación. Su influencia en mi vida ha sido significativa, y espero que mi trabajo sea un reflejo de su compromiso con la educación y el progreso académico.

Finalmente, a todas aquellas personas, entre familiares y amigos, que, aunque no menciono por su nombre, han colaborado de alguna manera en la realización de este trabajo: a los participantes de las encuestas y entrevistas, a los expertos que compartieron sus conocimientos, a los profesionales que me brindaron su tiempo y orientación. Gracias por su contribución y por hacer posible este logro.

***JUAN HINOJOSA ARTEAGA.***



## RESUMEN

Esta investigación se centra en la gestión de riesgos de desastres en la cuenca del río Conchacalla, una región vulnerable a inundaciones. Las inundaciones, tanto de origen natural como antropogénico, representan una amenaza recurrente para esta área, siendo exacerbadas por el cambio climático que ha aumentado la frecuencia y la intensidad de estos eventos.

Similar a lo observado en la microcuenca Quebrada Resaca-Palestina, la cuenca del río Conchacalla enfrenta desafíos como la expansión urbana descontrolada, la construcción en áreas de riesgo, el manejo inadecuado de residuos y la falta de mantenimiento de los cuerpos de agua, todos contribuyendo a la vulnerabilidad de las comunidades ante las inundaciones.

Para abordar esta problemática, se han implementado modelos hidrodinámicos y de calidad de agua, permitiendo la evaluación de diferentes escenarios de cambio climático y riesgo de inundación. A través de una metodología similar a la utilizada en investigaciones previas en la región, se han analizado en detalle los factores que condicionan y desencadenan las inundaciones, identificando áreas de alto riesgo y proponiendo medidas tanto preventivas como de mitigación.

Las soluciones propuestas incluyen tanto medidas estructurales, como la construcción de gaviones y nuevos puentes, como no estructurales, como la implementación de programas de educación comunitaria y la delimitación de fajas marginales. El objetivo es reducir el riesgo de inundaciones y promover una mayor resiliencia en las comunidades frente a estos eventos.

En conclusión, se destaca la importancia de la gestión integrada de riesgos de desastres en la planificación urbana y territorial específicamente para la cuenca del río Conchacalla. Se insta a la implementación de las medidas propuestas y a la realización de estudios adicionales sobre los cambios climáticos y su impacto en esta región. Se enfatiza la necesidad de una estrecha coordinación entre entidades gubernamentales y comunidades locales para una gestión efectiva de riesgos de desastres, con el fin de proteger vidas, propiedades y medios de vida en esta área vulnerable a inundaciones.

### **PALABRAS CLAVE:**

- Peligro
- Vulnerabilidad
- Riesgo
- CENEPRED
- Susceptibilidad
- Población
- Nivel



## ABSTRACT

This research focuses on disaster risk management in the Conchacalla River basin, a region vulnerable to flooding. Floods, both of natural and anthropogenic origin, represent a recurring threat to this area, being exacerbated by climate change, which has increased the frequency and intensity of these events.

Similar to what was observed in the Quebrada Resaca-Palestina micro-basin, the Conchacalla River basin faces challenges such as uncontrolled urban expansion, construction in risk areas, inadequate waste management and lack of maintenance of water bodies. all contributing to the vulnerability of the Quebrada Resaca-Palestina micro-basin. communities. to floods.

To address this problem, hydrodynamic and water quality models have been implemented, which allow different climate change and flood risk scenarios to be evaluated. Through a methodology similar to that used in previous research in the region, the factors that condition and trigger floods have been analyzed in detail, identifying high-risk areas and proposing both preventive and mitigation measures.

The proposed solutions include both structural measures, such as the construction of gabions and new bridges, and non-structural measures, such as the implementation of community education programs and the delimitation of marginal strips. The objective is to reduce the risk of flooding and promote greater resilience in communities against these events.

In conclusion, the importance of integrated disaster risk management in urban and territorial planning specifically for the Conchacalla River basin is highlighted. The implementation of the proposed measures and the carrying out of additional studies on climate changes and their impact in this region are urged. The need for close coordination between government entities and local communities is emphasized for effective disaster risk management to protect lives, property and livelihoods in this flood-vulnerable area.

### KEYWORDS:

- Danger
- Vulnerability
- Risk
- CENEPRED
- Susceptibility
- Population
- level





## Contenido

1. INTRODUCCIÓN. ....	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....	2
2.1. Línea y tipo de investigación .....	2
2.2. Identificación del problema .....	2
2.3. Contextualización del problema.....	2
2.4. Formulación del problema .....	2
2.5. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos.....	2
2.6. Población. ....	3
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	4
3.1. Objetivo general.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. MARCO TEÓRICO.....	5
4.1. Antecedentes de la Investigación .....	5
4.2. MARCO CONCEPTUAL .....	8
4.2.1. Parámetros Geomorfológicos.....	8
4.2.1.1. Parámetros generales de la cuenca.....	8
4.2.1.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca:.....	9
4.2.1.3. Parámetros asociados al relieve .....	12
4.2.1.4. Características de la red de drenaje.....	14
5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.....	16
5.1. Hipótesis General .....	16
5.2. Hipótesis Específicas.....	16
6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	16
6.1. Metodología:.....	16
6.2. Variable Dependiente .....	17
6.3. Variable Independiente.....	17
6.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	18
6.4.1. Ubicación de la zona de estudio. ....	18
6.4.1.1. Ubicación política. ....	18
6.4.1.2. Ubicación Geográfica. ....	20
6.4.1.3. Ubicación Hidrográfica.....	20
6.4.2. Accesibilidad.....	21
6.5. GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA .....	23



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



6.5.1.	Categorización de la Pendiente de la cuenca.....	23
6.5.2.	Unidades Geomorfológicas.....	27
6.6.	CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA.....	30
6.6.1.	Geología Regional.....	30
6.6.2.	Geología Local.....	30
6.6.2.1.	Descripción de Unidades Geológicas.....	31
6.7.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.....	36
6.8.	HIDROLOGÍA.....	38
6.8.1.	Información Básica.....	38
6.8.1.1.	Información cartográfica.....	38
6.8.1.2.	Información hidrometeorológica.....	38
6.8.2.	Parámetros Geomorfológicos.....	39
6.8.2.1.	Parámetros generales de la cuenca.....	40
6.8.2.2.	Parámetros asociados a la forma de la cuenca:.....	41
6.8.2.3.	Parámetros asociados al relieve.....	41
6.8.2.4.	Características de la red de drenaje.....	42
6.9.	PARÁMETROS CLIMÁTICOS.....	47
6.9.1.	Análisis exploratorio de variables climáticas.....	47
6.9.2.	Completado y extendido de información pluviométrica.....	47
6.9.3.	Análisis de consistencia.....	53
9.5.1	Corrección de información por análisis de tendencia.....	61
6.9.4.	Regionalización De Parámetros Climáticos.....	66
6.9.4.1.	Precipitación:.....	66
6.9.4.2.	Regionalización de la Temperatura.....	72
6.9.4.3.	Humedad Relativa:.....	74
6.10.	ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS.....	74
6.10.1.	Introducción.....	74
6.10.2.	Prueba De Outliers O Datos Dudosos.....	75
6.10.3.	Generación De Máximas Avenidas.....	79
6.10.3.1.	Análisis Estadístico De Distribuciones Teóricas.....	79
6.10.3.1.1.	Distribución Normal O Gaussiana.....	80
6.10.3.1.2.	Distribución Log Normal De Dos Parámetros.....	80
6.10.3.1.3.	Distribución Lognormal De 3 Parámetros.....	81
6.10.3.1.4.	Distribución Gamma De Un Parámetro.....	81





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



6.10.3.1.5.	Distribución Gamma De Dos Parámetros .....	82
6.10.3.1.6.	Distribuciones Tipo Pearson.....	83
6.10.3.1.7.	Distribución Pearson III (Gamma De Tres Parámetros) (Kendall,1969) .....	83
6.10.3.1.8.	Distribución Log Pearson III .....	83
6.10.3.1.9.	Distribución Tipo I (Gumbel).....	84
6.10.3.1.10.	Resultados de las Distribuciones Teóricas .....	85
6.10.3.2.	Tormenta de diseño y Curvas IDF.....	87
6.10.3.3.	Hietograma.....	94
6.10.3.4.	Caudal Máximo. ....	97
6.10.3.4.1.	Tiempo de concentración: .....	97
6.10.3.4.2.	Periodo de retorno:.....	98
6.10.3.4.3.	Método Racional Modificado .....	98
6.10.3.4.4.	Aplicación del HEC – HMS.....	101
6.10.4.	Características Hidráulicas del curso del rio principal.....	105
6.11.	SIMULACIÓN HIDRÁULICA .....	107
6.11.1.	Metodología General .....	107
6.11.2.	Modelo Matemático del Programa. ....	108
6.11.3.	Geometría De Malla De Cálculo. ....	109
6.11.4.	Consideraciones Previas al Modelamiento. ....	110
6.11.5.	Resultados del modelado: .....	113
7.	EVALUACIÓN DE RIESGOS .....	117
7.1.	Identificación De Peligro:.....	117
7.1.1.	Determinación del nivel de peligrosidad ante inundaciones. ....	119
7.1.2.	Susceptibilidad del ámbito de estudio ante el peligro por inundación.....	119
7.1.2.1.	Factores desencadenantes.....	119
7.1.2.2.	Factores Condicionantes .....	122
7.2.	Identificación De Elementos Expuestos: .....	131
7.3.	Identificación del escenario ante el proceso de inundación fluvial .....	137
7.3.1.	Estratificación del Nivel De Peligrosidad .....	137
7.4.	VULNERABILIDAD: .....	138
7.4.1.	Jerarquización De Las Dimensiones De La Vulnerabilidad.....	138
7.4.2.	Definición Y Estratificación De Los Niveles De Vulnerabilidad.....	138
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
8.1.	Conclusiones generales: .....	140



8.2. Conclusiones específicas de la investigación:.....	140
8.3. Recomendaciones.....	143
9. Referencias bibliográficas .....	146
10. APÉNDICES Y ANEXOS. ....	148

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Registro de inundación INDECI Anta .....	6
Tabla 2: Clasificación de tamaño de cuencas.....	8
Tabla 3. Clasificación de Índice de Gravelius kc .....	10
Tabla 4: Clasificación Factor de forma de Horton .....	11
Tabla 5: Ubicación Política administrativa del ámbito de estudio .....	18
Tabla 6: Ubicación geográfica de la cuenca Conchacalla .....	20
Tabla 7: Ubicación hidrográfica Cuenca (Unidad Hidrográfica).....	20
Tabla 8: Clasificación de pendientes .....	24
Tabla 9: Clasificación de pendientes de la cuenca Conchacalla. ....	24
Tabla 10: Columna estratigráfica tipo de la cuenca Conchacalla .....	30
Tabla 11: Información meteorológica utilizada. ....	38
Tabla 12: Parámetros geomorfológicos generales de la cuenca Conchacalla .....	40
Tabla 13: Parámetros geomorfológicos asociados a la forma de la cuenca Conchacalla.....	41
Tabla 14: Parámetros geomorfológicos asociados al relieve de la cuenca Conchacalla. ....	41
Tabla 15: Periodos incompletos de información pluviométrica por estación. ....	48
Tabla 16: registro de datos de precipitación estación Anta .....	49
Tabla 17: Generación números aleatorios Easy Fit. estación Anta y Kayra .....	50
Tabla 18: Registro de precipitación completado estación Anta .....	51
Tabla 19: Registro de precipitación completado y extendido estación Kayra .....	52
Tabla 20: Registro de precipitación completado y extendido estación Yauri .....	53
Tabla 21: Selección, y cuantificación de los periodos a analizar.....	55
Tabla 22: Variables estadísticas para consistencia en la diferencia de medias. ....	57
Tabla 23: Variables estadísticas para consistencia en la desviación estándar.....	59
Tabla 24: Datos obtenidos para el Criterio de decisión, consistencia en la media. ....	60
Tabla 25: Comprobación de variables estadísticas para consistencia en la media. ....	60
Tabla 26 : Comprobación de variables estadísticas para consistencia en la desviación estándar.....	61
Tabla 27: Comprobación de variables estadísticas, media, desviación estándar y varianza. .	61
Tabla 28: Valores estadísticos para análisis tendencias por la media.....	62
Tabla 29: Valores estadísticos para análisis tendencias por la desviación estándar. ....	63
Tabla 30: Registro corregido por tendencias de la estación Anta .....	65
Tabla 31: Ubicación de las estaciones meteorológicas.....	66
Tabla 32: Información básica de las estaciones en estudio para regionalizar. ....	66
Tabla 33: Precipitación altitud.....	67
Tabla 34: Parámetros de regionalización precipitación, altitud – distancia .....	69
Tabla 35: Parámetros de influencia precipitación , altitud – distancia .....	69
Tabla 36: Datos geográficos de la altitud media cuenca Conchacalla.....	70



Tabla 37: Registro de precipitación media mensual regionalizada para la cuenca Conchacalla. ....	71
Tabla 38: Temperatura media mensual (°C), cuenca Conchacalla .....	72
Tabla 39: Humedad Relativa (%), cuenca Conchacalla .....	74
Tabla 40: Registro de precipitación máxima de 24 horas estación Anta.....	75
Tabla 41: Precipitación máxima 24h de máxima anual.....	76
Tabla 42: Valores de Kn para la prueba de datos dudosos .....	77
Tabla 43: Parámetros estadísticos de registro de 24 horas .....	77
Tabla 44: Precipitación máxima 24h corregida por máximo valor permitido. ....	79
Tabla 45: Prueba de ajuste de distribución teórica registro de 24h estación Anta.....	85
Tabla 46: Precipitaciones máximas de 24h para diferentes periodos de retorno cuenca Conchacalla. ....	87
Tabla 47: Precipitaciones diarias máximas probables para diferentes periodos de retorno modelo HYDROESTA. ....	88
Tabla 48: Coeficientes de duración para tormentas de lluvia de 1 a 24 horas. MTC .....	90
Tabla 49: Coeficientes de duración para tormentas de lluvia de 1 a 24 horas. Dick Peshcke	90
Tabla 50: Precipitaciones máximas Pmax, para diferentes periodos de retorno "T" .....	90
Tabla 51: Intensidades de lluvia a partir de Pmax, según duración de precipitación y frecuencia de la misma.....	90
Tabla 52: Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma rara diversos periodos de retorno.....	91
Tabla 53: Cambio de variable y regresión potencial entre periodo de retorno y constante de regresión.....	92
Tabla 54: Determinación de los coeficientes de regresión potencial de la ecuación de curvas IDF .....	93
Tabla 55: Valores de intensidad de lluvia VS período de retorno .....	94
Tabla 56: Tormenta de diseño para la zona d estudio para un periodo de retorno “T” de 50 años .....	95
Tabla 57: Hietograma para pedido de retorno T de 50 años .....	95
Tabla 58: Hietograma para pedido de retorno T de 100 años .....	97
Tabla 59: tiempo de contratación de las cuencas menores para la generación de caudales de diseño. ....	98
Tabla 60: Periodos de retorno,.....	98
Tabla 61: Resultado de Caudal de diseño según método Racional modificado.....	100
Tabla 62: Datos de precipitación máxima de 24 hr, de diseño para diferentes periodos de diseño .....	103
Tabla 63: Resumen de procesamiento de datos.....	103
Tabla 64: Caudal generado para un periodo de retorno de 100 años.....	104
Tabla 65: Resumen de procesamiento de datos.....	105
Tabla 66: Caudales pico para un periodo de retorno de 100 años HEC-HMS.....	105
Tabla 67: Caudal Bruto de escorrentia: .....	111
Tabla 68: Valores de rugosidad “n” de Manning en canales.....	111
Tabla 69: Peligrosidad por Rango de factor de gravedad según tirante hidráulico y velocidad de flujo .....	120
Tabla 70: Comparación de pares para altura de flujo, según modelamiento con IBER 2d. .	120
Tabla 71: Vector de priorización para altura de flujo, según modelamiento con IBER 2d. .	121



Tabla 72: Comparación de pares para Velocidad de flujo, según modelamiento con IBER 2d. .....	121
Tabla 73: Vector de priorización para Velocidad de flujo, según modelamiento con IBER 2d.....	121
Tabla 74: Comparación de pares para factor Geología.....	122
Tabla 75: Vector de priorización para factor Geología. ....	122
Tabla 76: Comparación de pares para factor Geomorfología. ....	123
Tabla 77: Vector de priorización para factor Geomorfología. ....	123
Tabla 78: Comparación de pares para factor Pendiente. ....	124
Tabla 79: Vector de priorización para factor pendiente. ....	124
Tabla 80: Inventario de infraestructura expuesta al peligro vivienda y centro educativo ....	132
Tabla 81: Áreas agrícolas posibles a ser afectadas por desborde.....	136
Tabla 82: Niveles de Peligro cuenca Conchacalla .....	137
Tabla 83: Estratificación del nivel de peligros por inundación fluvial cuenca de Conchacalla .....	137
Tabla 84: Matriz de Comparación de Pares, parámetros de vulnerabilidad.....	138
Tabla 85: Matriz de Vector de priorización de Parámetros de vulnerabilidad.....	138
Tabla 86: Niveles de Vulnerabilidad cuenca Conchacalla. ....	138

#### INDICE DE MAPAS

Lamina 1 : MAPA DE UBICACION .....	19
Lamina 2: MAPA DE VIAS DE ACCESO.....	22
Lamina 3: MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA CONCHACALLA .....	26
Lamina 4: MAPA GEOMORFOLOGÍA LOCAL.....	29
Lamina 5: MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA CONCHACALLA .....	35
Lamina 6: MAPA DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES.....	37
Lamina 7:MAPA DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS .....	46
Lamina 8: MAPA DE ISOHIETAS.....	68
Lamina 9: MAPA DE ISOTERMAS.....	73
Lamina 10: MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD. ....	139



## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Delimitación de la cuenca del rio Conchacalla. ....	3
Imagen 2: Captura de pantalla de reporte de incidencia de peligro de lluvias intensas centro poblado de Conchacalla. ....	7
Imagen 3: Vista panorámica de la vía de acceso a la zona de estudio. ....	21
Imagen 4: Proceso de delimitación y generación de red drenaje imagen DEM. ....	23
Imagen 5: modelo de procesamiento de datos Argis. ....	40
Imagen 6: Mapa orográfico y curva hipsométrica con polígono de frecuencia de altitudes. ....	42
Imagen 7: Captura pantalla mascara programa HEC-HMS. ....	101
Imagen 8: Añadido de la cuenca Conchacalla para generación de caudal al HEC HMS. ....	102
Imagen 9: Hietograma de diseño según HEC HMS. Cuenca Conchacalla. ....	103
Imagen 10: Modelo de procesamiento de IBER 2D. ....	108
Imagen 11: Mallado Iber 2D. ....	110
Imagen 12: Modelo de canales fluviales con diferentes coeficientes de Manning. ....	112
Imagen 13: Proceso de simulación de progresiva 0+0 00 a 0+500 m. ....	113
Imagen 14: Proceso de simulación de progresiva 0+500 a 1+000 m. ....	113
Imagen 15: Proceso de simulación de progresiva 1+000 a 1+500 m. ....	114
Imagen 16: Proceso de simulación de progresiva 1+500 a 2+000 m. ....	114
Imagen 17: Proceso de simulación de progresiva 2+000 a 2+500 m. ....	115
Imagen 18: Proceso de simulación de progresiva 2+500 a 3+000 m. ....	115
Imagen 19: Proceso de simulación de progresiva 3+000 a 3+500 m punto final de estudio. ....	116
Imagen 20: antecedentes de lluvias intensas en distrito de Anta 25 febrero 2019 y problemas de desborde, cauce del rio Conchacalla (fuente: Perú 21) ....	119
Imagen 21: captura de pantalla de programa HCANALES. ....	125
Imagen 22: Cálculo de capacidad de transporte Puente 01 HCANALES. ....	125
Imagen 23: Cálculo de capacidad de transporte Puente 02 HCANALES. ....	126
Imagen 24: Cálculo de capacidad de transporte Puente 03 HCANALES. ....	127
Imagen 25: Cálculo de capacidad de transporte Puente 04 HCANALES. ....	127
Imagen 26: Cálculo de capacidad de transporte Puente 05 HCANALES. ....	128
Imagen 27: Cálculo de capacidad de transporte Puente 06 HCANALES. ....	129
Imagen 28: Cálculo de capacidad de transporte Puente 07 HCANALES. ....	130
Imagen 29: Cálculo de capacidad de transporte cauce del rio HCANALES. ....	131



### INDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1: curva evolutiva del drenaje.....	13
Gráfico 2: Distribución porcentual de las unidades de pendiente.....	24
Gráfico 3: Distribución porcentual de las unidades geológicas. ....	31
Gráfico 4: Selección de mejor ajuste de distribución Easy Fit. (Enero Anta).....	50
Gráfico 5: Selección de mejor ajuste de distribución Easy Fit. (Febrero Kayra).....	50
Gráfico 6: Histograma de precipitación para la estación Anta.....	54
Gráfico 7: Histograma de precipitación para la estación Kayra.....	54
Gráfico 8: Histograma de precipitación para la estación Yauri .....	55
Gráfico 9: Ecuación de tendencia polinómica de la precipitación .....	67
Gráfico 10: Hietograma de precipitación total mensual de la Cuenca Conchacalla.....	70
Gráfico 11: Comportamiento regional de la temperatura (orográfico).....	72
Gráfico 12: Histograma precipitación máxima de 24 horas Estación de Anta .....	74
Gráfico 13: Hoja de procesamiento de Hidroesta. Para un ajuste de serie de datos de distribución Gamma de 3 parámetros. ....	86
Gráfico 14: Precipitación máxima (Pmax), para diferentes periodos de retorno .....	89
Gráfico 15: Constantes de determinación Vs periodo de retorno .....	93
Gráfico 16: Curva Intensidad Duración y Frecuencia. ....	94
Gráfico 17: Patrón de tormenta para un periodo de retorno de 50 años .....	95
Gráfico 18: Hietograma de diseño, para un periodo de retorno “T” de 50 años .....	96
Gráfico 19: Hietograma de diseño, para un periodo de retorno “T” de 100 años .....	97

### INDICE DE DIAGRAMA

Diagrama 1: Diseño metodológico para delimitar la cuenca Conchacalla.....	39
Diagrama 2: Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales .....	117
Diagrama 3: flujograma de peligrosidad .....	118





## 1. INTRODUCCIÓN.

La cuenca de Conchacalla, situada en la comunidad de Conchacalla, distrito de Anta, provincia de Anta, departamento de Cusco, se encuentra en la parte baja de la región y es atravesada por la vía asfaltada Cusco-Abancay. Esta área ha experimentado numerosos eventos climáticos extremos, desbordamientos y riesgos a lo largo de su historia, según informes del INDECI. Estos eventos han causado daños significativos en la infraestructura y las comunidades locales, como se documenta en los sucesos de 1998, 2010 y 2016.

La morfología de la cuenca influye considerablemente en su hidrología, afectando el comportamiento durante eventos de precipitación extrema y el escurrimiento superficial. Por esta razón, este estudio busca comprender mejor estas características y determinar áreas con diferentes niveles de riesgo por desbordamiento e inundación en la ribera del río Conchacalla.

Para este análisis, se ha utilizado el software IBER, una herramienta de modelado hidráulico diseñada para simular flujos de agua en sistemas fluviales y costeros. Este software permite estudiar y predecir fenómenos hidrológicos como inundaciones, erosión fluvial, transporte de sedimentos y contaminación del agua. En investigaciones sobre riesgo de inundación, el modelado hidráulico proporcionado por el software IBER ofrece una comprensión detallada del comportamiento del agua en la cuenca, lo cual es fundamental para la toma de decisiones en la gestión de riesgos y la planificación de medidas de mitigación.

El objetivo general es realizar este análisis mediante métodos numéricos y simulaciones, con objetivos específicos que incluyen definir y ponderar los parámetros condicionantes y desencadenantes del factor inundación y desbordamiento, así como proponer acciones de prevención o mitigación.

Las conclusiones del estudio destacan datos importantes sobre la cuenca del río Conchacalla, tales como su área de escurrimiento hídrico superficial, su geomorfología, geología, forma, dinámica fluvial y características hidrológicas. Estos hallazgos proporcionan una base sólida para comprender y abordar los riesgos asociados con los eventos hidrodinámicos en la región.



## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

### **2.1. Línea y tipo de investigación**

La línea de investigación del presente proyecto corresponde a la Gestión de riesgo de desastres, ante fenómenos hidrodinámicos, para la identificación de zonas de alto riesgo a la susceptibilidad a ser afectados por desborde e inundación.

### **2.2. Identificación del problema**

El sector de Conchacalla, a través del tiempo ha sido sometido a intensas precipitaciones con subsecuente inundación tanto en viviendas y áreas de cultivo, como lo ocurrido el año 1998, 2010 y el 24 de Febrero del 2016, el distrito de Anta, ha registrado eventos de intensidad de precipitación anómala con una duración de 10 horas, que incremento los caudales de los ríos adyacentes, en este mismo año 2023, el 01 de marzo, ocurrió el desborde del rio Hatunmayo, que afectó directamente al sector Conchacalla, de esta manera podemos apreciar que este sector se encuentra vulnerable a eventos de inundación por desborde ya que presenta riveras naturales con relieves irregulares, por lo tanto en los tiempos de lluvia, las riberas exceden su capacidad de transporte de agua provocando así el desborde, a sus alrededores, afectando así viviendas, zonas de cultivo y estructuras civiles.

### **2.3. Contextualización del problema**

Las inundaciones tanto en Perú como en todo el mundo, son un problema frecuente propio de los tiempos de lluvia, es por esto que se debe tomar medidas de acción para poder controlar, mediante acciones de prevención, así evitar pérdidas de cultivos, erosión de suelos y daños en las estructuras de viviendas aledañas.

### **2.4. Formulación del problema**

¿Cuáles son las áreas con niveles de riesgo por desborde e inundación, en la cuenca del rio Conchacalla del distrito de Anta?

### **2.5. Formulación Interrogativa de los Problemas Específicos.**

#### **Problema Específico 1**

¿Cómo determinar los parámetros condicionantes y desencadenantes del factor inundación producto de fenómenos hidrodinámicos, de las riberas rio Conchacalla de la provincia Anta?



## Problema Específico 2

¿Qué acciones estructurales y no estructurales de prevención o mitigación por desborde, son necesarios para resguardar la integridad del sector Conchacalla de la provincia Anta?

### 2.6. Población.

Como población, se tiene área física de la cuenca del río Conchacalla, delimitada a través de su divortium aquarum, que comprende una superficie de 17.44 km<sup>2</sup>.

*Imagen 1: Delimitación de la cuenca del río Conchacalla.*



*Foto 01: Tipología mayoritaria de vivienda en la comunidad de Conchacalla.*



*Foto 02: vista de la cuenca de Conchacalla*

### **3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1. Objetivo general**

Determinar las áreas con niveles de riesgo por desborde e inundación, por métodos numéricos mediante el uso de programas y simulación de la rivera del río Conchacalla del distrito de Anta

#### **3.2. Objetivos específicos.**

##### **Objetivo Específico 1**

Determinar, definir, delimitar y ponderar los parámetros Condicionantes (pendiente, secciones del cauce, material de confinamiento del cauce de río, área de la cuenca, parámetros geomorfológicos, pendiente de la cuenca, cobertura vegetal, uso de suelo, condiciones geológicas de la cuenca) y desencadenantes (Precipitación, Fenómeno del niño) para el factor inundación y desborde producto de los fenómenos hidrodinámicos, con un análisis de simulación.

##### **Objetivo Específico 2**

Realizar el planteamiento de acciones estructurales y no estructurales de prevención o mitigación, frente al riesgo de inundación en la rivera del río Conchacalla.





## **4. MARCO TEÓRICO.**

### **4.1. Antecedentes de la Investigación**

#### **Internacional:**

Según los autores de este proyecto son Bolívar Fandiño, J.A., Pineda Toro, D.M. y Salcedo Herrera, I.G. El estudio se centra en el análisis del riesgo de inundaciones bajo escenarios de cambio climático en la microcuenca palestina de la comunidad Quebrada Resaka Usmedu Itam. Se implementaron modelos 2D hidrodinámicos y de calidad del agua en el software IBER utilizando IDEAM para los escenarios de cambio climático desarrollados para el período 2011-2100 en Colombia. Esta experiencia de investigación contribuye a mi tesis doctoral y proporciona enfoques metodológicos y técnicos para analizar y evaluar el riesgo de inundaciones en cuencas fluviales bajo el cambio climático. La aplicación de sus modelos hidrodinámicos y modelos de calidad del agua puede proporcionar una referencia para su investigación, especialmente en la fase de análisis y simulación de inundaciones de la cuenca del río Conchacalla. Además, las evaluaciones de riesgo, vulnerabilidad y riesgo proporcionan una base para comprender la gravedad y la naturaleza de los riesgos de inundación que enfrentan las comunidades, lo que es relevante para su investigación sobre la gestión del riesgo de desastres en la cuenca del río Conchacalla.

#### **A nivel Nacional**

El proyecto de modelamiento hidrodinámico bidimensional llevado a cabo por la Autoridad Nacional del Agua (ANA) del Ministerio de Agricultura y Riego, a través del Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (PMGRH), se enfoca en la evaluación y gestión de los riesgos de inundación en la cuenca baja del río Tumbes. Este proyecto se dedica a desarrollar un programa integral de control de avenidas, el cual permitirá definir las áreas susceptibles a inundaciones y generar mapas de inundación para la mencionada cuenca.

Este antecedente investigativo resulta útil para tu tesis, ya que ofrece un ejemplo práctico de cómo se puede aplicar el modelamiento hidrodinámico para evaluar y manejar los riesgos de inundaciones en una cuenca específica. El enfoque del proyecto en la creación de escenarios de amenaza durante eventos extremos, como el fenómeno de El Niño, puede ser especialmente pertinente para tu estudio, que busca identificar áreas de alto riesgo de desbordamientos e inundaciones en la cuenca del río Conchacalla. Asimismo, la metodología empleada para delimitar zonas inundables y elaborar mapas de inundación puede servir de referencia para tus propias investigaciones en la gestión de riesgos de desastres en tu área de estudio.



### A nivel Regional

A nivel regional, el Instituto de Gestión Hídrica y Ambiental (IMA) desarrolla infraestructura de protección fluvial en el marco de sus capacidades adquiridas. Esto se logra estudiando los riesgos de desastres naturales provocados por fenómenos hidrometeorológicos. Estos antecedentes de investigación enfatizan la importancia de las medidas preventivas y el desarrollo de infraestructura de protección fluvial para reducir el riesgo de desastres naturales asociados a fenómenos hidrometeorológicos como inundaciones por desbordamiento. Su uso en la construcción de infraestructuras de protección fluvial puede servir como ejemplo para que su tesis determine medidas estructurales de prevención y mitigación, como la construcción de gaviones o rompeolas en la cuenca del río Conchacalla. Además, destaca la importancia de las actividades a nivel regional en la gestión integrada del riesgo de desastres, que pueden considerarse en el contexto de la investigación sobre gestión de riesgos en su campo de estudio.

### A nivel Local,

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) reportó varias inundaciones y desbordamientos en la provincia del Cusco en 1998, 2010 y 2016. Daños graves. Los antecedentes de esta investigación proporcionan evidencia directa del impacto de las inundaciones y desbordes en la provincia de Anta, especialmente en la cuenca del río Conchacalla. Su importancia radica en la confirmación empírica de la vulnerabilidad de la región a inundaciones por desbordamientos, como el ocurrido en 2016. Enfatiza la importancia de los estudios de gestión del riesgo de desastres en la cuenca del río Conchacalla y proporciona una base sólida para identificar áreas de alto riesgo e implementar medidas de prevención y mitigación de desastres.

**Tabla 1:** Registro de inundación INDECI Anta

UBICACIÓN	VIDA Y SALUD		VIVIENDAS		
	FAMILIAS DAMNIFICADAS	FAMILIAS AFECTADAS	VIVIENDAS COLAPSADAS	VIVIENDAS INHABITABLES	VIVIENDAS AFECTADAS
DPTO. CUSCO					
PROV. ANTA					
DIST. ANTA	13	43	2	11	43

**Nota:** Viviendas de adobe.

**Fuente:** Jefe de Oficina de Defensa Civil de la Municipalidad Provincial de Anta.

En el año 2024, la problemática del riesgo de desbordamiento e inundación sigue siendo una preocupación vigente, ya que no se han tomado acciones concretas para proponer soluciones





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



estructurales que reduzcan el impacto directo en la vida humana, la infraestructura urbana, las vías de comunicación y la agricultura en el área de investigación.

De acuerdo con los registros de INDECI, en la comunidad de Conchacalla se tiene el siguiente registro de ocurrencias de lluvias intensas.

Imagen 2: Captura de pantalla de reporte de incidencia de peligro de lluvias intensas centro poblado de Conchacalla.

**INDECI** PDFelement

### REPORTE SINPAD

EVALUACIÓN NRO.   
 CÓDIGO SINPAD   
 TIPO DE PELIGRO   
 HECHOS

UBICACIÓN

#### 1. INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Zona Afectada:  
 Departamento / Provincia / Distrito / Localidad

1.2 Condiciones climáticas de la zona afectada para la asistencia en el momento del reporte

1.3 Ruta de acceso sugerida para llegar a la zona afectada

Via de transporte  Tiempo estimado de llegada   
 Tipo de vehículo  Ruta principal  
 Lugar de partida  Ruta alterna

#### 2.0 DAÑOS A LA VIDA Y A LA SALUD DE LA PERSONA

##### 2.1 Población (damnificada y afectada) con respecto al daño en las viviendas

Localidad	Número de Familias			Número de Personas		
	Afecta.	Damnifica.	Total	Afecta.	Damnifica.	Total
-	0	0	0	0	0	0
CUSCO / ANTA / ANTA / CCORCHACALLA	0	1	1	0	7	7
<b>Total de daños por vivienda:</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<b>Total de daños por Medios de Vida:</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
<b>Total General:</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

##### 2.2 Grupos Etarios y Condición

Condición	Menor de 1 año		1 a 4 años		5 a 9 años		10 a 14 años		15 a 17 años		18 a 49 años		50 a 59 años		Mayor de 60 años		Gestantes
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F	
DAMNI	0	0	0	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0

#### 3.0 DAÑOS MATERIALES

##### 3.1 A las viviendas (En base al tipo de material predominante en las paredes de la vivienda)

Tipo	Destruida	Inhabitable	Afectada
ADOBE O TAPIAL	0	1	0
<b>Total</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Fuente: INDECI



## 4.2. MARCO CONCEPTUAL

### 4.2.1. Parámetros Geomorfológicos.

#### 4.2.1.1. Parámetros generales de la cuenca.

Mediante este epígrafe, se identificaron los aspectos más fundamentales de la cuenca Conchacalla; estos constituyen la información mínima esencial necesaria para obtener una primera comprensión de la naturaleza y el comportamiento hidrológico de la cuenca. Entre estos aspectos se incluyen: área, longitud, perímetro, ancho promedio y desnivel altitudinal.

- **Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>):**

Es la superficie plana en proyección horizontal, de forma muy irregular, obtenida tras la delimitación de la cuenca; se mide en kilómetros cuadrados, excepto en el caso de cuencas pequeñas, que se expresan en hectáreas. El tamaño de la cuenca tiene una influencia directa en las características de los escurrimientos fluviales y en la amplitud de las fluctuaciones.

*Tabla 2: Clasificación de tamaño de cuencas.*

Rangos de áreas (km <sup>2</sup> )	Clasificación
< 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia-grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Fuente: Campos Aranda (1992)

- **Perímetro (km).**

Comprende toda la extensión de la línea divisoria de aguas o las cumbres que delimitan el área de drenaje de la cuenca. Este parámetro se mide en unidades de longitud, generalmente expresado en metros o kilómetros.

- **Longitud de la cuenca (L)**

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (estación de aforo) hasta un punto aguas arriba donde la trayectoria general del río principal intersecta la línea de contorno de la cuenca.

- **Ancho medio de la cuenca (W):**



Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca. Finalmente, el ancho se define como la relación entre el área ( $A_c$ ) y la longitud de la cuenca ( $L$ ); se designa por la letra  $W$  de forma que:

$$W = \frac{A}{L}$$

Dónde:

A: superficie de la cuenca en  $\text{km}^2$ .

L: longitud de la cuenca en  $\text{km}$ .

- **Desnivel altitudinal (DA)**

Es el valor que resulta de la diferencia entre la cota más alta y la más baja de la cuenca, utilizando la relación matemática ( $DA = HM - Hm$ ). Este valor se relaciona con la variabilidad climática y ecológica, ya que una cuenca con una mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas debido a las significativas variaciones en precipitación y temperatura.

- **Orientación**

El eje de la cuenca que sigue la orientación del río principal, en relación al Norte.

#### 4.2.1.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca:

La forma de una cuenca influye significativamente en las características del hidrograma de descarga de un río, especialmente durante eventos de avenidas máximas. Específicamente, cuencas con la misma área, pero formas diferentes producirán hidrogramas distintos. Esto sugiere una fuerte componente probabilística en la determinación de una cuenca a través de sus parámetros y las características de su red de drenaje. Por esta razón, se han buscado relaciones de similitud geométrica entre las características promedio de una cuenca y su red de canales con las de otras cuencas.

La forma de una cuenca determina la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas con igual superficie, pero diferentes formas, se espera un comportamiento hidrológico distinto. La medición de los factores de forma de una cuenca se lleva a cabo mediante una metodología que cubre dos objetivos: primero, permite comparar la forma de la cuenca con



figuras geométricas conocidas; segundo, facilita la comparación de los resultados de las mediciones, que son adimensionales, con los obtenidos en otras cuencas que pueden tener más información histórica sobre su comportamiento hidrológico.

- **Coefficiente de Gravelius**

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que abarque la misma área que la cuenca hidrográfica. La razón de utilizar un área equivalente a la de un círculo es que una cuenca con forma circular, debido a su simetría, tiene mayores probabilidades de generar avenidas más grandes.

$$Kc = \frac{P}{2 * \sqrt{\pi * Ac}}$$

**Tabla 3. Clasificación de Índice de Gravelius kc**

Valores de Kc	Forma
1 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
1.25 a 1.5	Oval-redonda a oval-oblonga
1.5 a 1.75	Oval-oblonga a rectangular oblonga
> 1.75	Rectangular

Fuente: Gaspari et al. (2012)

- **Rectángulo equivalente**

Roche ha propuesto el concepto de un "rectángulo equivalente" como un medio para comparar de manera más simple las cuencas hidrográficas en términos de su influencia sobre el escurrimiento. Roche postula que el escurrimiento de una cuenca determinada es aproximadamente igual, bajo condiciones climáticas idénticas, al escurrimiento sobre un rectángulo con la misma área, coeficiente de compacidad y distribución hipsométrica similar. Además, se supone que la distribución de suelo, vegetación y densidad de drenaje se mantiene constante en las diferentes áreas dentro de las curvas de nivel.

$$L = \frac{Cg\sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{Cg} \right)^2} \right] \quad l = \frac{Cg\sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{Cg} \right)^2} \right]$$



Donde

L=altura del rectángulo en km

l= base del rectángulo en km

Cg= coeficiente de Gravelius

A= superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

- **Factor de Forma de Horton (Ff)**

El factor de forma es la relación entre el área de una cuenca y el cuadrado de su longitud. Su objetivo es medir la tendencia de la cuenca a ser más alargada o más cuadrada. Una cuenca con un factor de forma bajo tiende a ser menos propensa a inundaciones en comparación con una de la misma área, pero con un factor de forma mayor. La geología juega un papel fundamental en la formación de la fisiografía de una región y, por ende, en la forma de las cuencas hidrográficas. Un factor de forma superior a la unidad indica un mayor achatamiento de la cuenca o de un río principal corto, lo que sugiere una mayor propensión a experimentar crecidas significativas debido a la concentración del escurrimiento durante lluvias intensas.

Tabla 4: Clasificación Factor de forma de Horton

Factor de forma (Ff)	$Ff = \left( \frac{A}{Lc^2} \right)$	<p><b>Ff</b> = Factor de forma de Horton</p> <p><b>A</b> = Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)</p> <p><b>Lc</b> = Longitud del cauce principal (m)</p>	<p>0 - 0,25 = Estrecha</p> <p>0,25 - 0,50 = Alargada</p> <p>0,5 - 0,75 = Amplia</p> <p>0,75 - 1 = Ancha</p>
----------------------	--------------------------------------	--	---

0 - 0,25	0,25 - 0,50	0,50 - 0,75	0,75 - 1
Estrecha	Alargada	Amplia	Ancha



#### 4.2.1.3. Parámetros asociados al relieve

Estos parámetros son de suma importancia, ya que el relieve de una cuenca tiene un impacto más significativo en su respuesta hidrológica que su forma. En términos generales, podemos observar que a medida que el relieve o la pendiente de una cuenca aumentan, la generación de escorrentía tiende a ocurrir en lapsos de tiempo más cortos.

Los parámetros principales relacionados con el relieve son: la pendiente media del cauce (S), la pendiente media de la cuenca (j), la curva hipsométrica, el histograma de frecuencias altimétricas y la altitud media (H).

- **Pendiente media del cauce (S)**

Es la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud.

$$S = \frac{h}{l} \text{ o también } S = \frac{DA}{L}$$

Donde:

h, DA: desnivel altitudinal (km)

l, L: longitud del cauce en km

- **Pendiente media o promedio de la cuenca (J)**

Se determina como una media ponderada de las pendientes de todas las áreas elementales de la cuenca donde la línea de máxima pendiente permanece constante. Este valor es un indicador de la velocidad promedio del escurrimiento y, en consecuencia, de su capacidad de arrastre o erosión.

$$J = 100 \frac{\sum Li * E}{A}$$

Donde,

J= pendiente media de la cuenca

Li= Longitud de cada una de las curvas de nivel (km)





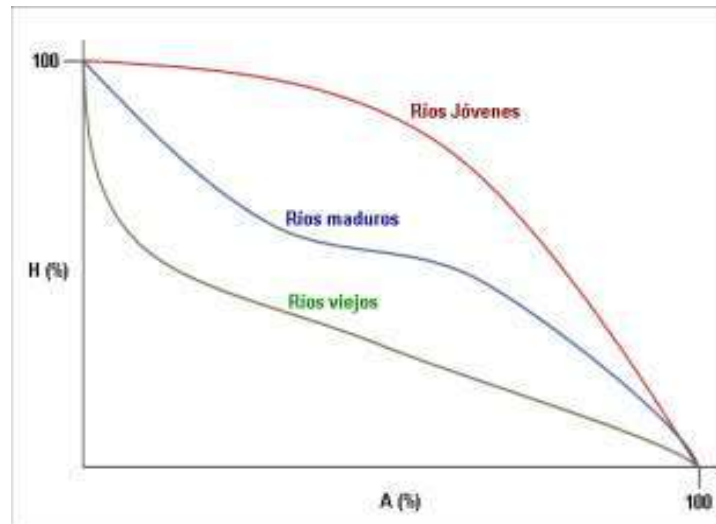
$E$ = Equidistancia de las curvas de nivel (km)

$A$ = superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)

- **Curva hipsométrica:**

Es un gráfico que indica el grado de evolución de la cuenca.

*Gráfico 1: curva evolutiva del drenaje*



- **Histograma de frecuencias altimétricas**

Es la representación de la superficie, expresada en kilómetros cuadrados o en porcentaje, entre dos niveles de altitud, donde el valor medio de las alturas actúa como la marca de clase. Cuando se representan varios niveles, se obtiene un histograma, que se puede generar a partir de los mismos datos utilizados para crear la curva hipsométrica. Tanto la curva hipsométrica como el histograma contienen la misma información, pero se presentan de manera diferente, ofreciendo una perspectiva probabilística de la variación de altitudes en la cuenca.

- **Altura media (H)**

La altura media,  $H$ , representa la elevación promedio en relación con el nivel de la estación de aforo ubicada en la desembocadura de la cuenca. La variación en la altitud de una cuenca hidrográfica afecta directamente su distribución térmica, lo que influye en la formación de microclimas y hábitats específicos según las condiciones locales. Esta variación altitudinal sirve como un indicador de la diversidad territorial en el



escurrimiento resultante de una región, proporcionando una base para la caracterización de zonas climáticas y ecológicas dentro de ella.

$$H = \frac{V}{A}$$

Donde:

V = Volumen comprendido entre la curva y los ejes (m<sup>3</sup>)

A = Superficie de la cuenca m<sup>2</sup>.

Este valor puede ser calculado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas. La estimación por una media aritmética ponderada en el caso del histograma, o de la curva hipsométrica calculando el área bajo la curva y dividiéndola por el área total

#### 4.2.1.4. Características de la red de drenaje

- **Hidráulica de la red fluvial**

La forma de los canales fluviales naturales es el resultado de la interacción entre el flujo de agua y los materiales erosionables en los límites del canal. El flujo de agua está influenciado principalmente por dos fuerzas: la gravedad y la pendiente del canal, mientras que la fricción actúa en contra del movimiento del agua. Esta interacción puede dar lugar a dos regímenes de flujo: laminar o turbulento.

- En el régimen laminar, el agua fluye a velocidades muy pequeñas, de forma que en el contacto con el lecho la velocidad del agua es prácticamente nula y las capas superiores se deslizan entre sí.
- En el régimen turbulento, el agua fluye a velocidades mayores, de forma que se originan numerosos movimientos caóticos, con remolinos secundarios que se superponen al flujo normal, por lo que la capacidad erosiva del flujo es mayor.



- **Perfil longitudinal**

El perfil longitudinal de un río es la representación de las alturas desde su origen hasta su desembocadura. Por lo general, los ríos muestran un perfil cóncavo, aunque pueden presentar secciones planas o abruptas debido a la presencia de rocas duras, actividad tectónica reciente o cambios bruscos en el cauce. El nivel de base, que generalmente corresponde al nivel del mar, representa la altura mínima del perfil. El perfil de equilibrio describe un estado en el que las variaciones en la acción y el nivel de base son constantes en un sistema fluvial. Cuanto más significativas sean las modificaciones del perfil, más tiempo se requerirá para que el río se ajuste al perfil de equilibrio.

- **Jerarquización de la red fluvial**

La jerarquización proporciona una comprensión más precisa de la complejidad y evolución del sistema de drenaje de una cuenca. El orden está vinculado al flujo relativo en un tramo de canal. Existen varios sistemas de jerarquización, siendo los más comunes los propuestos por Horton (1945) y Strahler (1952), entre otros.

El método de Strahler es similar al de Horton, con la diferencia de que un mismo canal puede tener segmentos de diferentes órdenes a lo largo de su curso, dependiendo de los afluentes que reciba en cada tramo. El orden no aumenta cuando un segmento de cierto orden se une a otro de orden inferior.

- **Densidad de drenaje**

Se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Dónde:

L:  $\sum$  longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en km.



## **5. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN.**

### **5.1. Hipótesis General**

Las viviendas y áreas de cultivo que se encuentra en la rivera del rio Conchacalla, se encuentran propensos a sufrir inundación por desborde, debido a que, en tiempos de lluvia intensa, el cauce del rio no tiene la capacidad de transportar el caudal generado por la cuenca por lo tanto tiene un nivel alto a muy alto de riesgo por inundación.

### **5.2. Hipótesis Específicas**

#### **Hipótesis Especifica 1**

Mediante la ponderación de los factores condicionantes y desencadenantes y con la aplicación de la simulación, se podrá apreciar con más precisión los lugares más propensos a una ocurrencia de desborde que afecta a viviendas y zonas de cultivo.

#### **Hipótesis Específicas 2**

Haciendo uso de la simulación resultante, se planteará acciones de prevención o mitigación al desborde, dependiendo de las zonas más vulnerables cercanas a la rivera del rio Conchacalla.

## **6. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.**

### **6.1. Metodología:**

Mediante el desarrollo de este trabajo de tesis, metodológicamente, por un lado, nos permitirá estudiar de forma integrada el sistema natural de la cuenca sobre el cual se emplaza el poblado de Conchacalla, como su topografía, geomorfología, variabilidad climática y la configuración territorial en la distribución de los usos del suelo. Por otro lado, será central analizar su infraestructura y red de drenaje (conductos, ramales, encauzamientos con sus caudales máximos) y los aspectos técnicos (gestión de obras, infraestructuras y proyectos de habilitación urbana etc) para analizar la dinámica y velocidad del escurrimiento y movimiento multidireccional del agua durante el desarrollo de un evento de precipitación extrema.

Los modelos que se utilizarán serán el HEC-RAS, RIVER, SIG, para simular los eventos y posibles crecidas, como también se recurrirá a un modelo complementario de evaluación de daños para valorar y/o estimar obras y apoyar la toma de decisiones. En este sentido se tendrán en cuenta variables que refieren a la vulnerabilidad y exposición de la población, como así también se respaldará mediante levantamiento topográfico e imágenes históricas



del crecimiento urbano y expansión residencial de la comunidad, proyecciones futuras a partir de las modelizaciones disponibles, información periodística y registros fotográficos de los eventos ocurridos durante el año anteriores.

Respecto al análisis de los eventos, se trabajará sobre datos históricos de precipitaciones, se construirán curvas IDF e hietogramas con base en las lluvias registradas durante el año 1965 a 2022. Las variables que se incorporarán serán la intensidad, duración, frecuencia y recurrencia. Los resultados de estos escenarios permitirán evaluar el peso de las variables y factores a lo largo de las modelizaciones, optimizar la búsqueda de patrones de distribución espacial y validar las predicciones de riesgo y vulnerabilidad teniendo en cuenta el costo ambiental, económico y social.

Este estudio de tesis en progreso se enfocará en dos aspectos principales. Por un lado, se dedicará a examinar de manera integral el entorno natural que rodea a la ciudad, incluyendo su topografía, geomorfología, variabilidad climática y la distribución de los usos del suelo en el área regional. Por otro lado, se centrará en analizar detalladamente la infraestructura urbana relacionada con el drenaje, como conductos, ramales y entubamientos, junto con sus capacidades de manejo de caudales máximos. Además, se abordarán aspectos técnicos como la gestión de obras, infraestructuras y proyectos de pavimentación para comprender la dinámica y la velocidad del flujo de agua y su movimiento en múltiples direcciones durante eventos climáticos o situaciones específicas.

## **6.2. Variable Dependiente**

Riesgo Hidrodinámico en las viviendas, infraestructura y terrenos agrícolas de la cuenca del río Conchacalla.

## **6.3. Variable Independiente**

Riesgo por desborde e inundación para determinar la vulnerabilidad de las viviendas, infraestructura y terrenos agrícolas de la cuenca del río Conchacalla.



## RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

### 6.4. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Está representado por el cauce del río Conchacalla como conductor de las crecidas máximas de los caudales extremos, y sus elementos expuestos aledaños a las riberas de este río. En general esta unidad de análisis está dentro de la delimitación hidrológica de la cuenca río Conchacalla que tiene una superficie de 17.44 km<sup>2</sup>, cuyas características generales se describe a continuación.

#### 6.4.1. Ubicación de la zona de estudio.

##### 6.4.1.1. Ubicación política.

La cuenca del río Conchacalla, está dentro de la Jurisdicción de:

*Tabla 5: Ubicación Política administrativa del ámbito de estudio*

<b>Comunidad Campesina</b>	Conchacalla
<b>Distrito</b>	Anta
<b>Provincia</b>	Anta
<b>Departamento</b>	Cusco

*Foto 03 y 04: Vista Panorámica de la zona de estudio.*



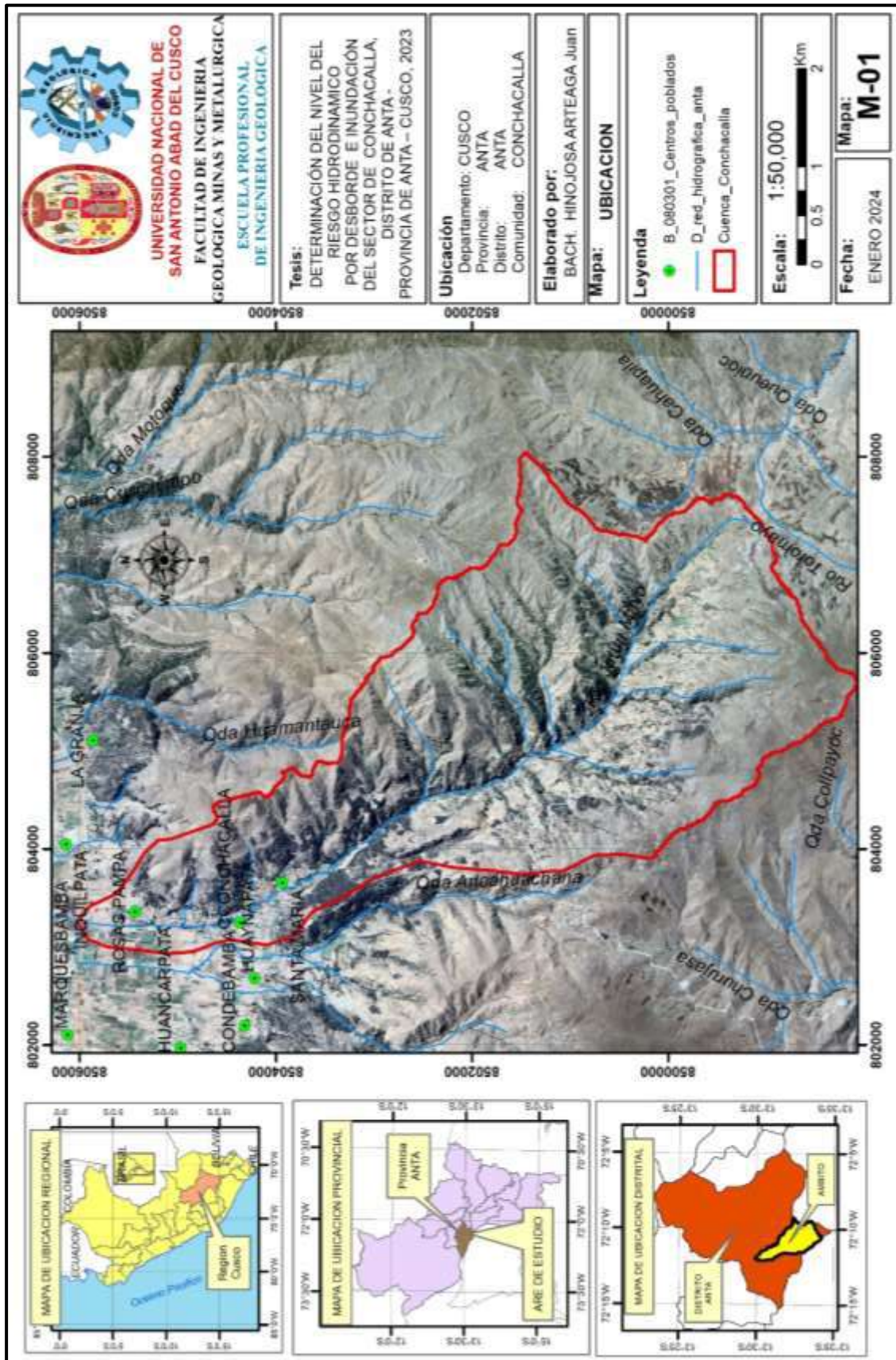




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 1 : MAPA DE UBICACION





#### 6.4.1.2. Ubicación Geográfica.

Geográficamente la zona de estudio, se encuentra ubicada a través de su centroide como cuenca en:

*Tabla 6: Ubicación geográfica de la cuenca Conchacalla*

COORDENADA UTM		ALT. MEDIA	ALT. MAXIMA	ALT. MINIMA
Este	Norte	msnm	msnm	msnm
805250.48	8501515.37	3842	4300	3400

En proyección WG84S, Franja 18L, con las coordenadas geográficas en UTM

#### 6.4.1.3. Ubicación Hidrográfica

Hidrográficamente la zona de estudio se encuentra ubicado en la parte media de la cuenca del río Vilcanota, en la sub cuenca del río Hatunmayo – Huarrocondo, siendo su clasificación Pfafstetter la siguiente:

*Tabla 7: Ubicación hidrográfica Cuenca (Unidad Hidrográfica)*

Cuenca (Unidad Hidrográfica)	Código Pfafstetter	Nivel de cuenca
Región hidrográfica del río Amazonas	4	1
Intercuenca Alto Amazonas	49	2
Cuenca hidrográfica del río Ucayali	499	3
Cuenca del río Urubamba	4994	4
Cuenca 49949	49949	5
Cuenca del río Hatunmayo-Huarrocondo	499496	6

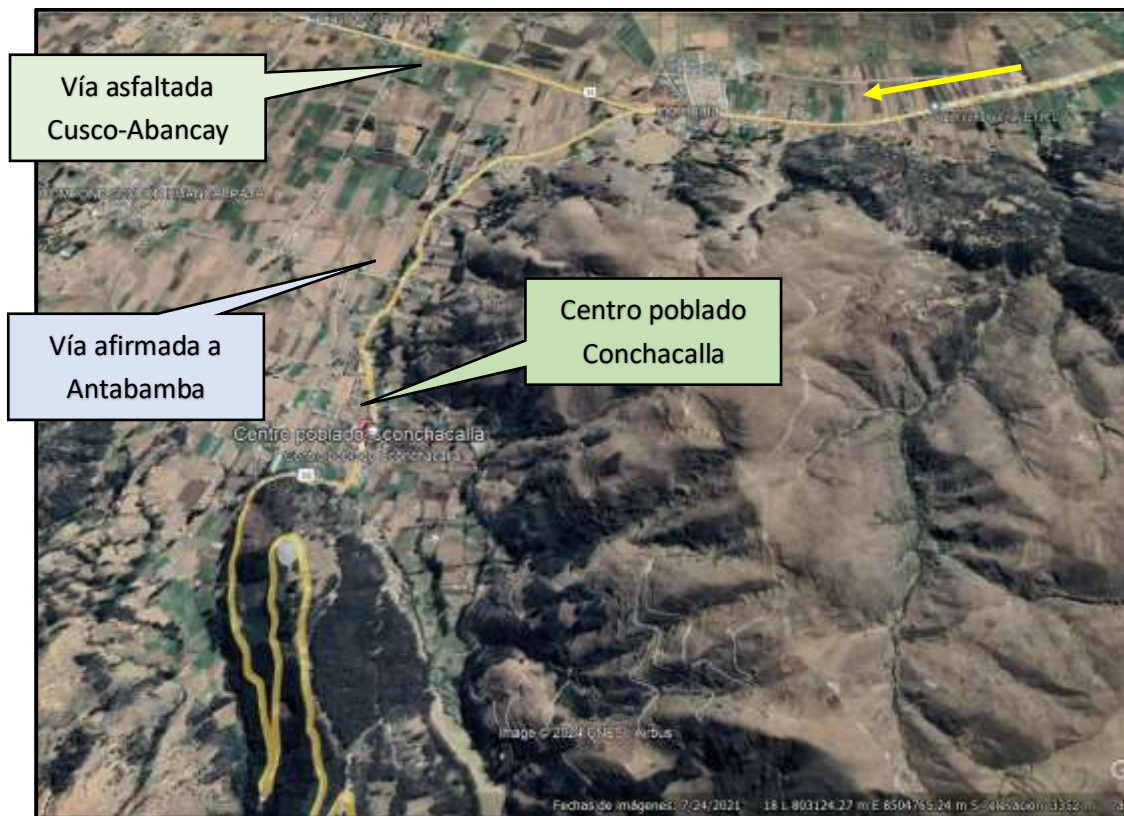
Fuente: Delimitación Y Codificación De Unidades Hidrográficas Del Perú – ANA.



#### 6.4.2. Accesibilidad

La cuenca de Conchacalla, por la parte baja, es atravesada por la vía asfaltada Cusco – Abancay, la cual, a 10 minutos (en camioneta), del distrito de Izcuchaca, sobre esta vía, se encuentra el desvío de carretera afirmada que ingresa al poblado Conchacalla y continua axialmente por la margen derecha hasta la cabecera de cuenca, en continuidad al distrito de Antabamba (Apurímac).

*Imagen 3: Vista panorámica de la vía de acceso a la zona de estudio.*



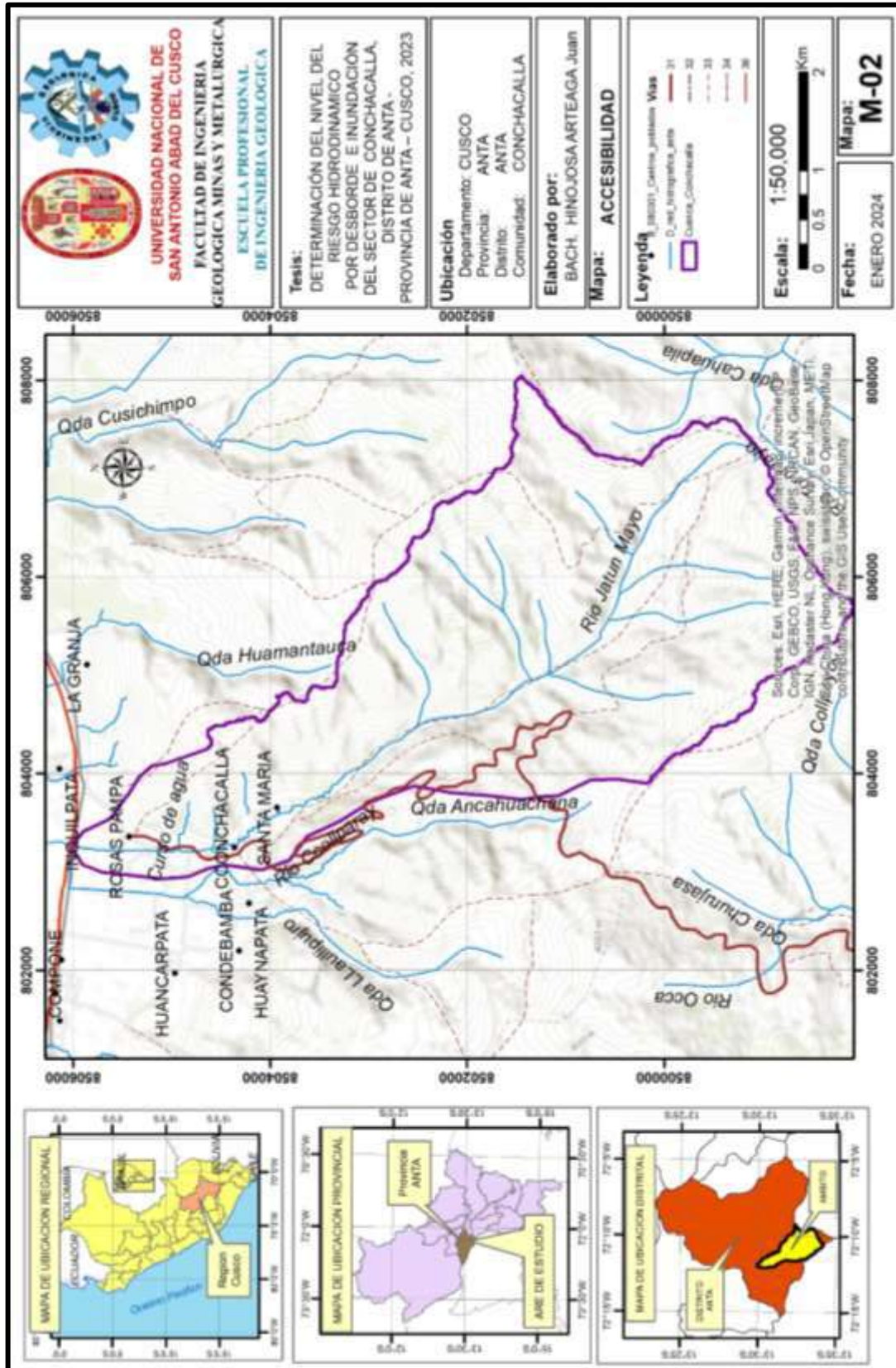




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 2: MAPA DE VIAS DE ACCESO.





## 6.5. GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA

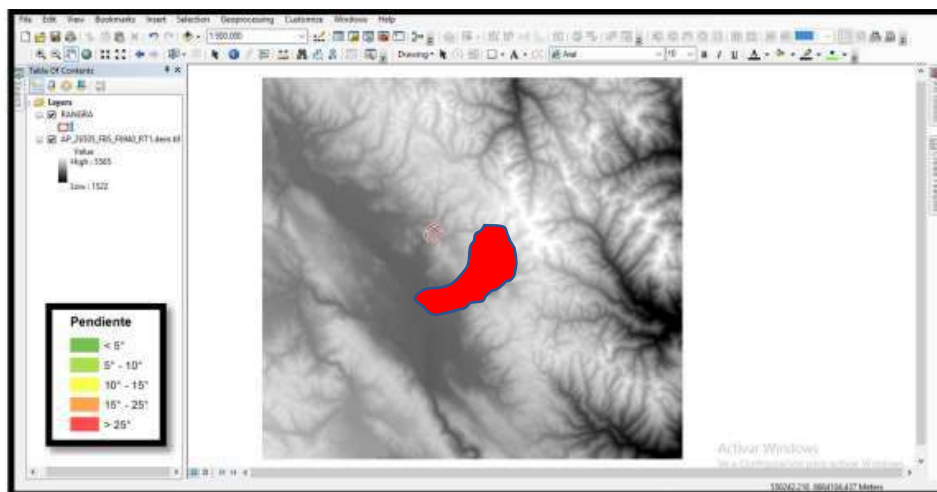
Regionalmente la cuenca se ubica en la Cordillera Oriental con presencia de picos elevados, abruptos y parte de la depresión allanada de Anta, seccionada por el curso del río Hatunmayo en dirección preferente de Sureste a Noroeste.

De acuerdo a la descripción metodológica del ministerio del Ambiente (MINAM) y como órgano suscrito a él (INGEMMET); la descripción de relieve desde su origen (Geomorfología) parte de la descripción de grandes unidades de paisaje (Fisiografía), y para ello, es necesario primero conocer los diversos grados de inclinación de este relieve. A continuación, se describe este procedimiento.

### 6.5.1. Categorización de la Pendiente de la cuenca.

Para ello, se ha utilizado como insumo, la imagen satelital de elevación del satélite ALOS PALSAR de 12.5 de resolución, el cual orbitó alrededor de la Tierra en el periodo comprendido entre los años 2006 hasta el 2011, descargándose la opción Hi-Res Terrain Corrected, el cual contiene el archivo DEM. Una vez descargado, en Arcmap, se abre el archivo con la extensión DEM y se coloca el área de estudio para visualizar el área de trabajo y a través de diversos pasos y herramientas del Arcmap, se procede a generar la pendiente sobre la imagen DEM, y luego a la zona de trabajo.

*Imagen 4: Proceso de delimitación y generación de red drenaje imagen DEM..*



El rango de pendientes que se desea obtener, después del proceso, procede de INGEMMET categorizado de la siguiente manera:



**Tabla 8:** Clasificación de pendientes

Clase	Descripción	Gradiente de Pendiente
A	Muy Llano	0° - 1°
B	Suave	1° - 5°
C	Moderado	5° - 15°
D	Fuerte	15° - 25°
E	Muy Fuerte	25° - 45°
F	Abrupto	45° - 75°
G	Acantilado	75° - 90°

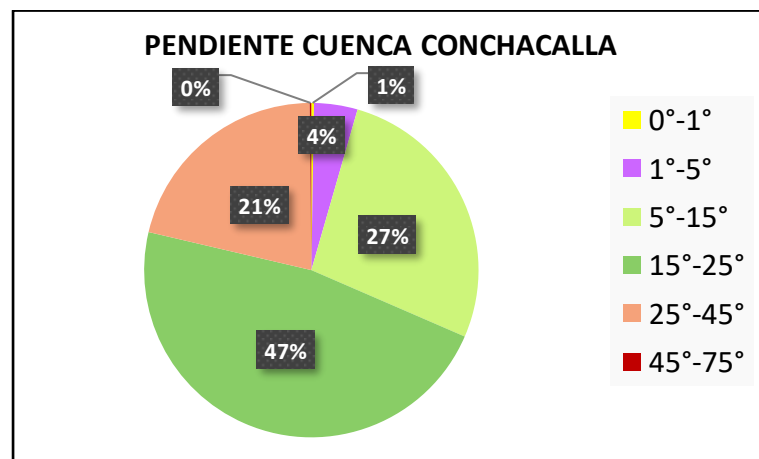
Fuente: INGEMMET

Finalmente obtenemos la clasificación de las pendientes de inclinación de las laderas de la cuenca de Conchacalla (mapa 03 y tabla 9), para su posterior análisis.

**Tabla 9:** Clasificación de pendientes de la cuenca Conchacalla.

PENDIENTE CUENCA CONCHACALLA					
COLOR	CLASE	RANGO	PENDIENTE	AREA (Ha)	AREA (%)
	A	0°-1°	Muy Llano	4.42	0.26
	B	1°-5°	Suave	72.12	4.20
	C	5°-15°	Moderado	463.87	27.04
	D	15°-25°	Fuerte	808.80	47.15
	E	25°-45°	Muy Fuerte	363.54	21.19
	F	45°-75°	Abrupto	2.58	0.15
				1715.32	100.00

**Gráfico 2:** Distribución porcentual de las unidades de pendiente.



De acuerdo a los resultados, se puede indicar que, el 47.15% de la cuenca presenta laderas con pendientes **fuertes** entre los 15° a 25°, el 21.19% de las laderas están entre





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



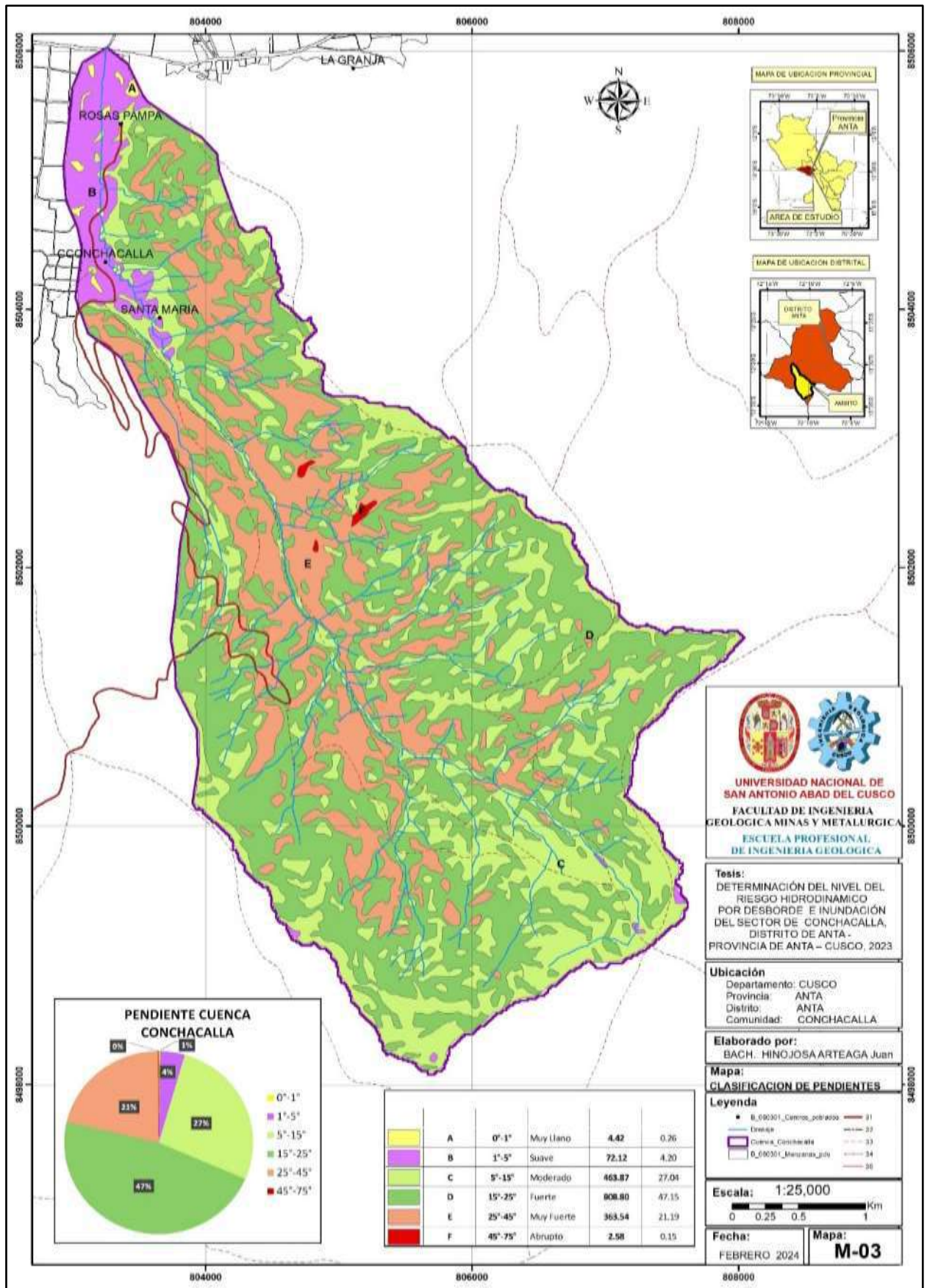
rangos de inclinación **muy fuertes** ( $25^{\circ}$ - $45^{\circ}$ ), el 27.04% de las laderas son de pendiente **moderada** y 4.46% de la cuenta está conformado por pendientes entre **muy llanos a suaves** ( $0^{\circ}$ - $5^{\circ}$ ), ubicados principalmente en la zona baja de la cuenca.



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 3: MAPA DE PENDIENTES DE LA CUENCA CONCHACALLA





### **6.5.2. Unidades Geomorfológicas.**

A nivel local se ha generado la geomorfología local del ámbito cercano a la zona de modelado hidráulico.

#### **Cauce fluvial:**

Conformado por el cauce del río mismo Conchacalla, con pendiente variable 5 % a 1 %, de tipo rectilíneo típico de ríos de montaña, conformado por gravas y arenas limpias.

#### **Terrazas Baja Aluvial**

Muy restringida a la zona media de la cuenca conformada por sedimentos antiguos de una llanura de inundación, pero que está en constante progradación en periodos de máximas avenidas. Conformado por un paquete de grava sub angulosa en matriz limo arcilloso.

#### **Terraza Baja Flúvio Aluvial**

Se encuentra ampliamente distribuida en la margen derecha del río Conchacalla desde la progresiva 0+500, y próximo a la progresiva 2+000; conformado por gravas redondeadas a sub redondeadas envueltos en matriz limo areno arcilloso.

#### **Terraza baje sedimentaria consolidada**

Está constituida mayoritariamente por la zona baja de la cuenca, conformada por depósitos paleolacustres hacia el fondo y cubierto por sedimento flúvio aluviales, es denominado como formación San Sebastián. presenta pendientes de 0 a 5 °.

#### **Terraza media aluvial**

Conformada por depósitos inconsolidados antiguos y algunos provenientes de conos de deyección de laderas adyacentes.

#### **Terraza media coluvial**

Conformado por depósitos de ladera, acumulados como escombros por gravedad y escurrimiento superficial.

#### **Pie de montaña baja sedimentaria consolidada**

Está constituido por un pequeño afloramiento de la formación san Sebastián sobre basamento rocoso de la formación Tacaza.



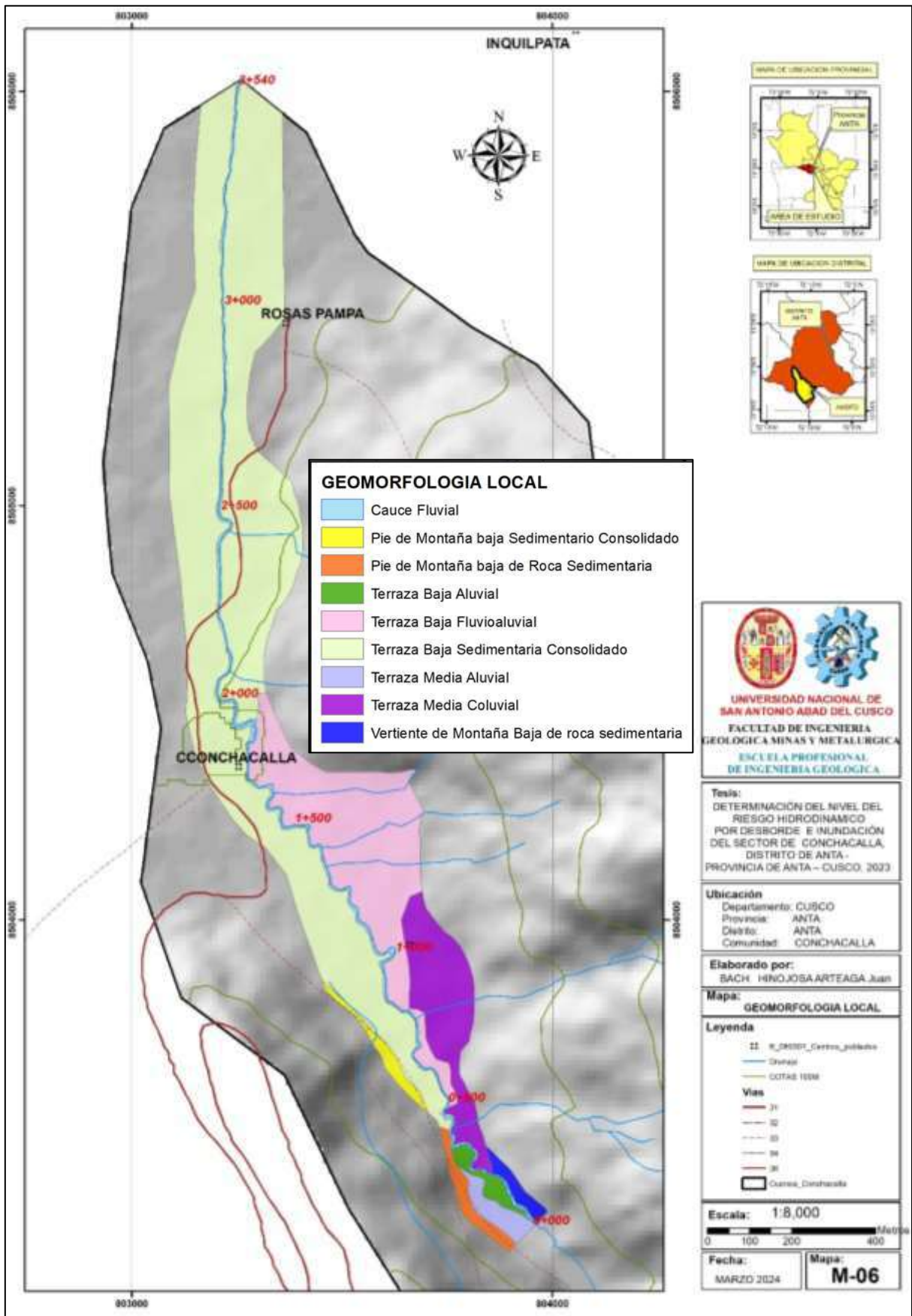
**Pie de montaña baja en roca sedimentaria**

Es un relieve inclinado conformado por basamento de roca arenisca conglomerádicas de la formación Tacaza. 15 a 25°.

**Vertiente de montaña baja en roca sedimentaria**



Lamina 4: MAPA GEOMORFOLOGÍA LOCAL.







## 6.6. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LA CUENCA.

### 6.6.1. Geología Regional.

En el marco regional, la cuenca Conchacalla está rodeada por unidades geológicas que se desarrollaron desde el pleistoceno medio al holoceno (form. Yuncaypata) pasando por episodios de intrusión de parte del batolito de Andahuaylas -Yauri (dioritas de Zurite) presente frente a la zona de estudio. Se analiza la estratigrafía del área teniéndose en cuenta un ámbito geológico local, basado en la geología regional que de una u otra forma se encuentra comprometida con la constitución del probable acuífero de Anta.

La identificación y nomenclatura estratigráfica está basada en la siguiente información:

- Mapa Geológico del cuadrángulo del Tambobamba, Hoja 28r, INGEMMET a escala 1/50,000 – 2018.

### 6.6.2. Geología Local

En ella se describirá únicamente las unidades geológicas encontradas en el ámbito de la cuenca Conchacalla, para ello se ha elaborado la columna estratigráfica tipo de la cuenca, tal como se observa en la tabla siguiente:

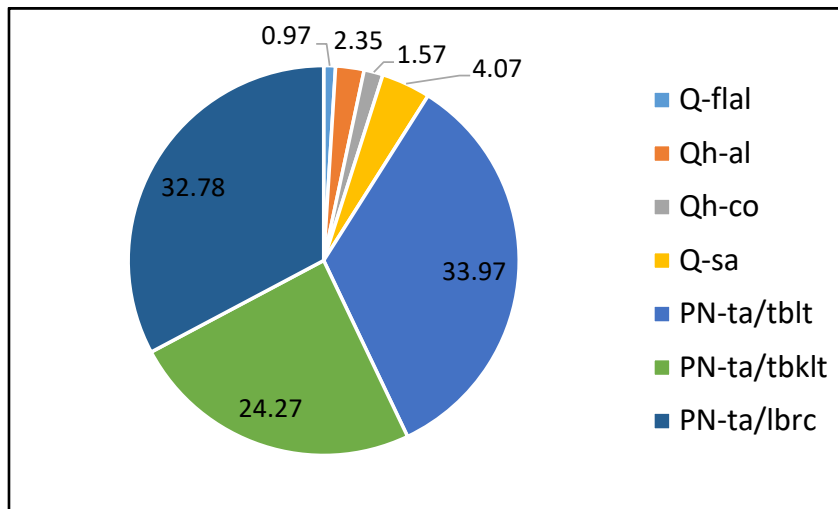
*Tabla 10: Columna estratigráfica tipo de la cuenca Conchacalla*

SISTEMA	SERIE	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	SECUENCIA	DESCRIPCION	CODIGO	COLOR	AREA (Ha)	AREA (%)
CUATERNARIO	HOLOCENO	Depositos Fluvio aluvial		Capas de fragmentos redondeados a sub redondeados, heterometricos, envueltos en matriz limo areno arcilloso.	Q-flal		16.98	0.97
		Depositos aluviales		Capas con clastos sub redondeados heterometricos envueltos en matriz limo arcillosos.	Qh-al		41.06	2.35
		Depositos coluviales		Capas de fragmentos angulosos, heterometricos, envueltos en matriz limo arcilloso.	Qh-co		27.40	1.57
	PLEISTOCENO INFERIOR	Fm. San Sebastian		Capas de arcillas, arenas y turbas	Q-sa		70.93	4.07
NEOGENO	INFERIOR	GRUPO TACAZA	SUPERIOR	Toba litica	PN-ta/tblt		592.38	33.97
PALEOGENO	SUPERIOR		MEDIA	Secuencia tobacea con cristales	PN-ta/tbklt		423.28	24.27
			INFERIOR	Volcanosedimentarios de color rojo	PN-ta/lbrc		571.66	32.78





Gráfico 3: Distribución porcentual de las unidades geológicas.



#### 6.6.2.1. Descripción de Unidades Geológicas.

##### Grupo Tacaza (PN-ta):

Esta unidad geológica, ocupa el 91.02 % del ámbito de la cuenca, de acuerdo a estudios regionales este grupo se encuentra dividida en ocho secuencias, de las cuales tres afloran en la zona de estudio.



Fotos 05-06: medidas de lineamientos sobre la formación Tacaza



**La secuencia inferior** (PN-ta/lbrc), se encuentra constituida por areniscas de grano medio a fino, de color gris y flujos piroclásticos que presentan laminaciones paralelas finas.



**Fotos 07-08:** afloramientos rocosos de la formación Tacaza (miembro inferior)

**La secuencia intermedia** (PN-ta/lbr), está compuesta por flujos piroclásticos de composición dacítica, esporádicamente depositadas en lagunas extensas cercanas unas a otras.





**Foto 09:** *Afloramiento de la secuencia intermedia de la formación Tacaza, parte baja del poblado de Mantoclla.*



**Foto 10:** *Afloramiento de la secuencia intermedia de la formación Tacaza, flujos piroclásticos de composición dacítica.*

Finalmente, **la secuencia superior** (PN-ta/tblt), está compuesta por lavas andesíticas y hacia el tope ignimbritas de composición riodacítica a dacítica, en bancos bien estratificados con arenas medias a finas, debido a una deposición en un ambiente lacustre.



**Foto 11-12:** *ubicación de la secuencia superior Formación Tacaza*

Las rocas del Grupo Tacaza son permeables y en el caso de las lavas andesíticas de la secuencia superior, por presentar fracturas, tienen alta permeabilidad. Así mismo, por estar fracturadas sus características geomecánicas son condicionantes para la inestabilidad de los taludes.





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



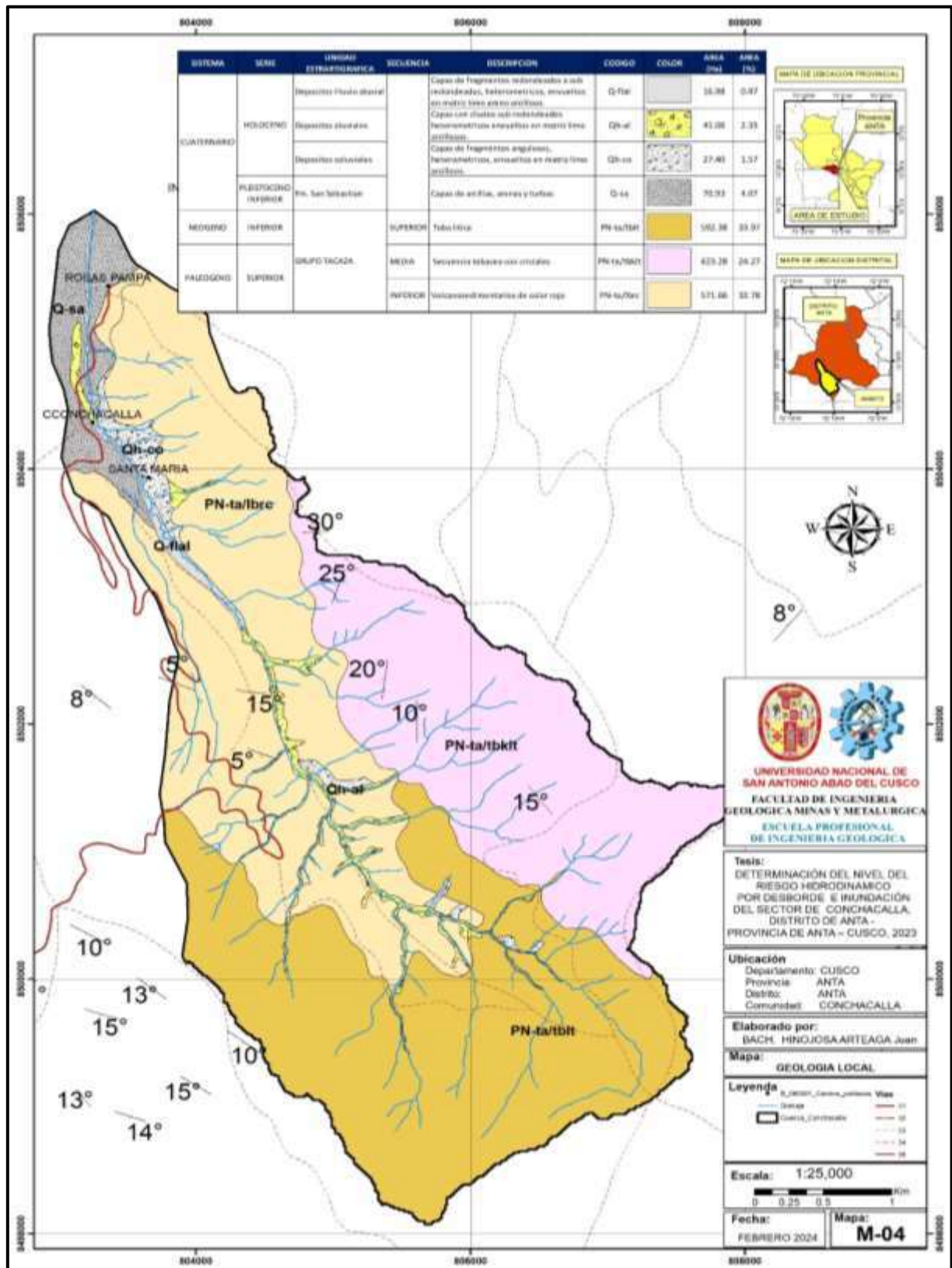
Finalmente se reconocieron acumulaciones de materiales asociados a los movimientos en masa, en este caso a los deslizamientos y algunos derrumbes que se produjeron en este sector. Se pudo diferenciar una sucesión de depósitos que pueden ser correlacionados con eventos antiguos de movimientos en masa.



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 5: MAPA GEOLÓGICO DE LA CUENCA CONCHACALLA





## 6.7. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

En el ámbito de la cuenca de Conchacalla, se ha identificado la presencia de fallas locales



*Foto 13-14: Medida de dirección y buzamiento de sistemas de fallas locales.*



*Foto 15: Dirección de sistemas de falla inversa.*

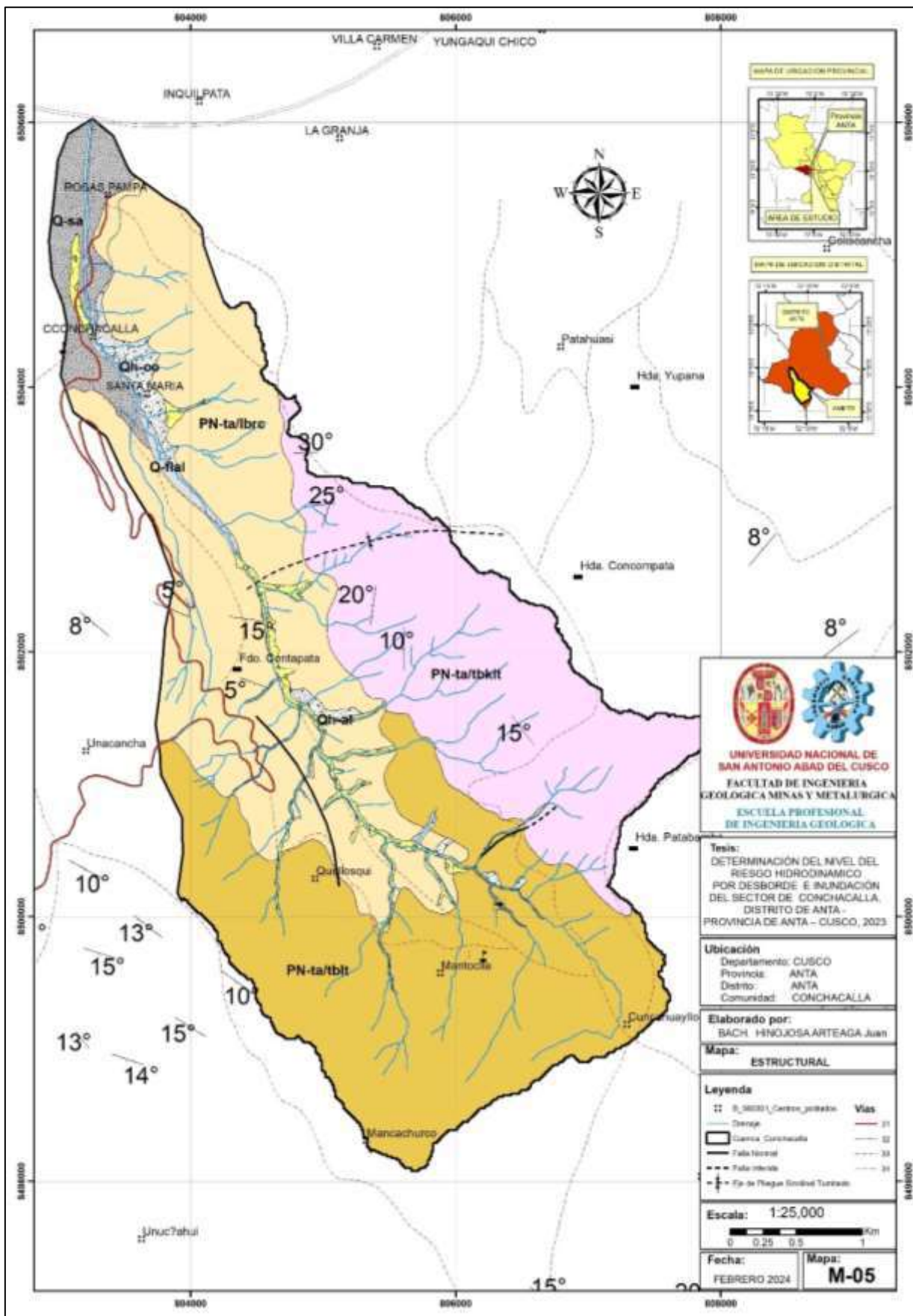




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 6: MAPA DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES





## 6.8. HIDROLOGÍA

El desarrollo de las características hidrológicas de la cuenca del río Conchacalla, en el marco de la tesis de investigación: “DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA”; se realizó a partir de la recopilación de la información meteorológica existente, proveniente de entidades como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA) y otras de carácter técnico como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA); para luego hacer las correspondientes correcciones por análisis de consistencia y tendencias, y su regionalización a la zona de estudio. Para determinar la intensidad de precipitaciones máximas de diseño, se ha trabajado sobre la base de registros de precipitación máxima de 24 horas de la estación de Ancachuro extrapolados a la zona de trabajo por factores de corrección de inverso a la distancia.

### 6.8.1. Información Básica

#### 6.8.1.1. Información cartográfica

Se ha utilizado como fuente de análisis, la delimitación de la cuenca sobre imagen satelital, la generación de curvas de nivel, para determinar la altitud máxima y mínimo de la cuenca, y finalmente la coordenada del centro de gravedad de la cuenca.

#### 6.8.1.2. Información hidrometeorológica.

Se ha recopilado información meteorológica existente, proveniente de entidades como el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Autoridad Nacional del Agua (ANA) y otras de carácter técnico como el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA); para la tesis correspondiente se ha utilizado información meteorológica de las estaciones Kayra, Ancachuro y Yauri (por su altitud),

*Tabla 11: Información meteorológica utilizada.*

ESTACION	COD	UBICACIÓN			LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
		DPTO.	PROVINCIA	DISTRITO	(G, M, S)	(G, M, S)	(msnm)
KAYRA	CO-607	Cusco	Cusco	San Jerónimo	13° 33' 25"	71° 52' 31"	3,219
ANCACHURO	113035	Cusco	Anta	Zurite	13° 28' 20.71"	72° 13' 7.54"	3,324
YAURI		Cusco	Espinar	Yauri			3927
CUENCA CONCHACALLA		Cusco	Anta	Anta	<b>14° 20' 56.71"</b>	<b>72° 01' 30"</b>	4,025

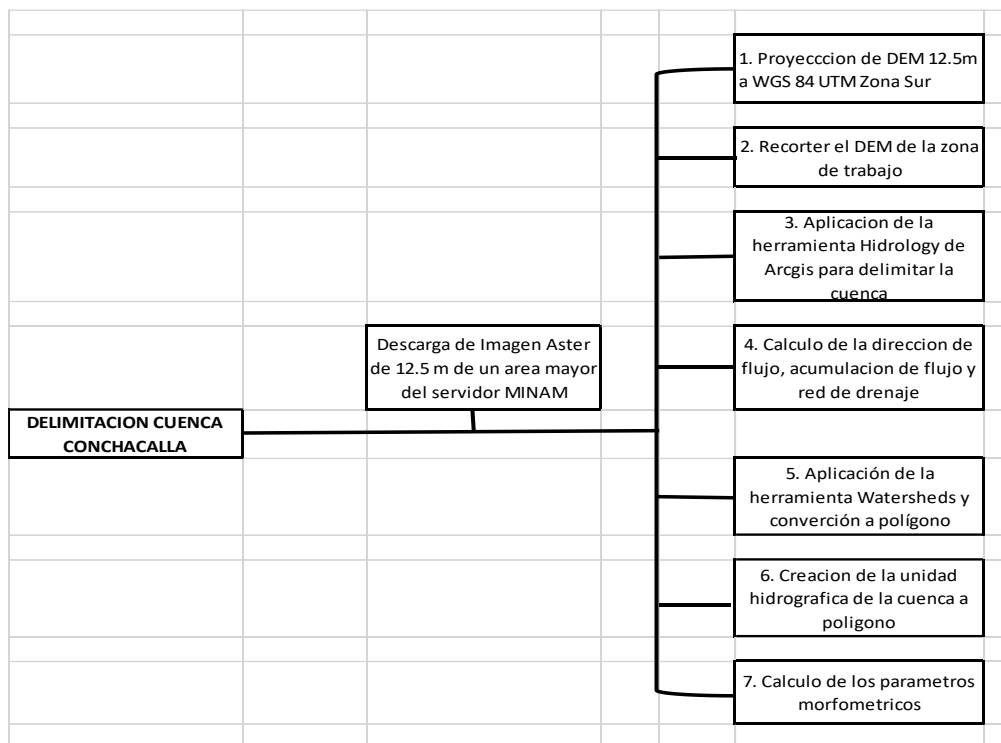


### 6.8.2. Parámetros Geomorfológicos

Las características físicas de la cuenca Conchacalla, tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella.

Estas características físicas podemos clasificarlas en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la cuenca, y las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, la sección transversal. (fuente: Agua y Sig). en el esquema siguiente se presenta la metodología seguida para la delimitación de la cuenca, como parte inicial de los cálculos morfométricos de la cuenca.

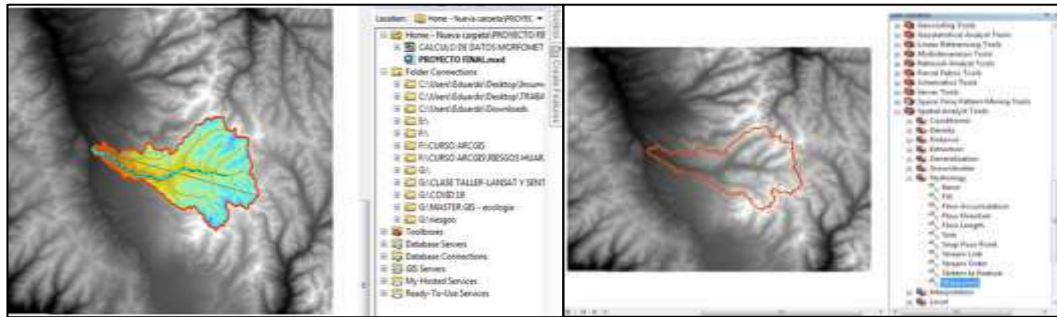
*Diagrama 1: Diseño metodológico para delimitar la cuenca Conchacalla.*



Luego de re proyectar la imagen DEM de la zona de estudio, se procedió a utilizar la herramienta hydrology del ArcToolBox del Software Argis, para delimitar la cuenca de estudio, primero se aplicó la herramienta dirección de flujo, acumulación de flujo y por ultimo watersheds para delimitar la cuenca Conchacalla.



Imagen 5: modelo de procesamiento de datos Argis.



Y finalmente, se realizó el cálculo y análisis de los parámetros de forma, sistema de drenaje, orden de la corriente, parámetros de relieve, parámetros hidrológicos y geométricos con el objetivo de obtener los valores hidrológicos de la cuenca Conchacalla para luego utilizarlos en el cálculo de los parámetros morfométricos.

### 6.8.2.1. Parámetros generales de la cuenca.

A través del siguiente ítem, se determinó los aspectos físicos más básicos de la cuenca Conchacalla; éstos, constituyen la información mínima básica fundamental que se necesita para conocer de forma preliminar la naturaleza y comportamiento geohidrológico de la cuenca. Incluyen: área, longitud axial, perímetro, ancho promedio y desnivel altitudinal. En la tabla siguientes se describe los resultados de los valores morfométricos de la cuenca Conchacalla procesados en hoja de cálculo.

**Tabla 12:** Parámetros geomorfológicos generales de la cuenca Conchacalla.

ELEMENTO MORFOMETRICO	SIMBOL.	UNIDAD	VALOR	
Área Total De La Cuenca	Ac	Km <sup>2</sup>	17.44	
Perímetro	Pc	Km	26.81	
Longitud Axial	L.A	Km	8.32	
Ancho Promedio	AP	Km	2.10	
Desnivel	DA	m	900	
Orientación eje de cuenca		Cartesiano	de SE a NW	
Centro De Gravedad	Latitud	Ls	grados	13°32'19.25"
	longitud	Lw	grados	72°10'48.13"

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la clasificación de tamaños de cuenca, propuesto por Campos Aranda (1992), la cuenca del río Conchacalla por ser menor a 25 km<sup>2</sup>, se puede decir que le corresponde a la categoría de **MICROCUENCA**. Así mismo, la relación entre la



longitud axial y el ancho medio de la cuenca, es de 4:1, la cual explica la forma alargada de la cuenca.

### 6.8.2.2. Parámetros asociados a la forma de la cuenca:

La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial.

*Tabla 13: Parámetros geomorfológicos asociados a la forma de la cuenca Conchacalla.*

ELEMENTO MORFOMETRICO	SIMBOL.	UNIDAD	VALOR
Coefficiente De Compacidad	Kc		1.81
Factor Forma	Ff		0.16
Rectángulo Equivalente:	Figura	N°	
Lado Mayor	L	Km	11.95
Lado Menor	I	Km	1.46

Según su coeficiente de Gravelius, la cuenca es alargada rectangular, con poca probabilidad a las crecidas súbitas por caudales extremos. De acuerdo al factor de forma según Horton, la cuenca es estrecha alargada, con tiempo de concentración mayor que permite la disipación de caudales súbitos.

Desarrollando las relaciones matemáticas anteriores, se tiene un equivalente de área de cuenca a rectángulo equivalente de lado mayor  $L = 11.95$  km y de lado menor  $l = 1.46$  km.

### 6.8.2.3. Parámetros asociados al relieve

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma.

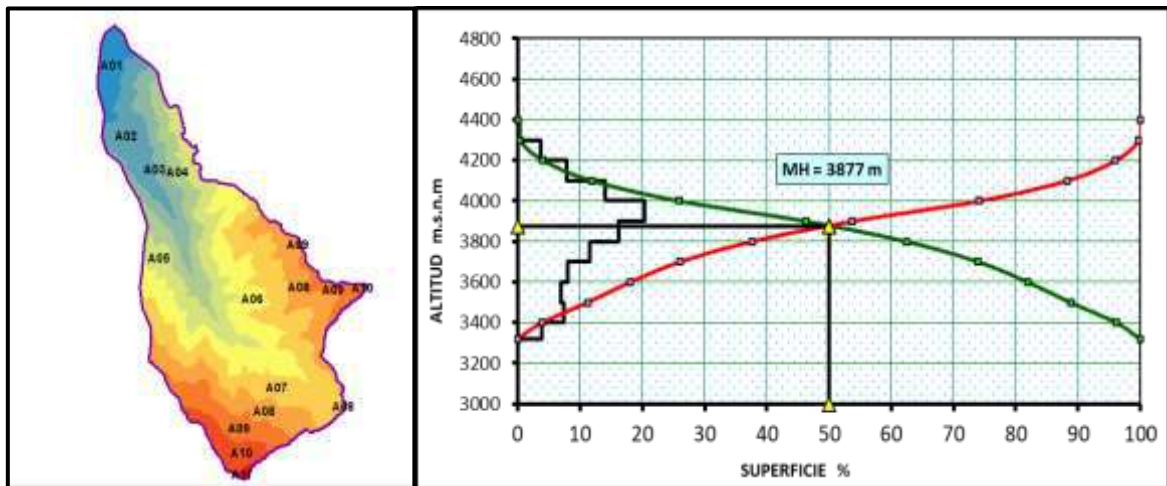
*Tabla 14: Parámetros geomorfológicos asociados al relieve de la cuenca Conchacalla.*

ELEMENTO MORFOMETRICO	SIMBOL.	UNIDAD	VALOR
Pendiente Media del Cauce	S	m/m	0.069
Pendiente Media de la Cuenca			
Criterio de Jusstin	J	%	21.6
Curva Hipsométrica	FIGURA	N°	
Polígono de Frecuencia de Altitudes	FIGURA	N°	
Altitud Media.	H	m	3842
Mediana de la Altitud	MH	m	3877
Altitud Máxima	Hmax.	m.s.n.m	4300
Altitud Mínima	Hmin.	m.s.n.m	3400
Línea de Máxima Pendiente	LMP	%	42.92
Coefficiente Orográfico	Co	m <sup>2</sup> /km <sup>2</sup>	0.85
Coefficiente de Masividad	Cm	m/km <sup>2</sup>	220.30





Imagen 6: Mapa orográfico y curva hipsométrica con polígono de frecuencia de altitudes.



#### 6.8.2.4. Características de la red de drenaje

- **Hidráulica de la red fluvial**

La morfología de los canales fluviales naturales depende de la interacción entre el flujo y los materiales erosionables en el límite del canal. Por su parte, el flujo de agua está sometido a dos fuerzas principales: la gravedad y la pendiente del canal, mientras que la fricción se opone al movimiento del agua. En atención a ello, el movimiento del agua se puede producir en régimen laminar o en régimen turbulento

- En el régimen laminar, el agua fluye a velocidades muy pequeñas, de forma que en el contacto con el lecho la velocidad del agua es prácticamente nula y las capas superiores se deslizan entre sí.
- En el régimen turbulento, el agua fluye a velocidades mayores, de forma que se originan numerosos movimientos caóticos, con remolinos secundarios que se superponen al flujo normal, por lo que la capacidad erosiva del flujo es mayor.





*Foto 16: Características del cauce natural de transporte del río Conchacalla, de flujo turbulento*

- **Perfil longitudinal**

El perfil longitudinal de un río es la línea obtenida al representar las diferentes alturas desde su nacimiento a su desembocadura. En muchos casos, los ríos tienen un perfil longitudinal cóncavo, aunque en ocasiones aparecen partes aplanadas y abruptas a causa de la presencia de afloramientos rocosos duros. El nivel base está constituido por la altura mínima y corresponde, al nivel de desembocadura o nivel de selección por el interés del estudio. Debido a la ubicación de la cuenca en zona de montaña, sus problemas de dinámica fluvial combinada a diversos factores geodinámicos tectónicos etc, hace que esta cuenca necesite mayor tiempo para ajustarse a un perfil de equilibrio.



Foto 17-18: Pendiente hidráulica alta del río parte media alta y alta de la cuenca, con cambios sustanciales de perfil de equilibrio.



Foto 19-20: Pendiente hidráulica baja del río, parte media baja y baja de la cuenca con cambios moderados de perfil de equilibrio.

- **Jerarquización de la red fluvial**

La jerarquización permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. El orden se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal. Hay varios sistemas de jerarquización, siendo los más utilizados el de Horton (1945) y el de Strahler (1952).

El método de Strahler es muy parecido a Horton, con la diferencia de que un mismo canal puede tener segmentos de distinto orden a lo largo de su curso, en función de los afluentes que le llegan en cada tramo. El orden no se incrementa cuando a un segmento de un determinado orden confluye uno de orden menor.

### **Densidad de drenaje**

Se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene:

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Dónde:

L:  $\sum$  longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en km.

A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca.

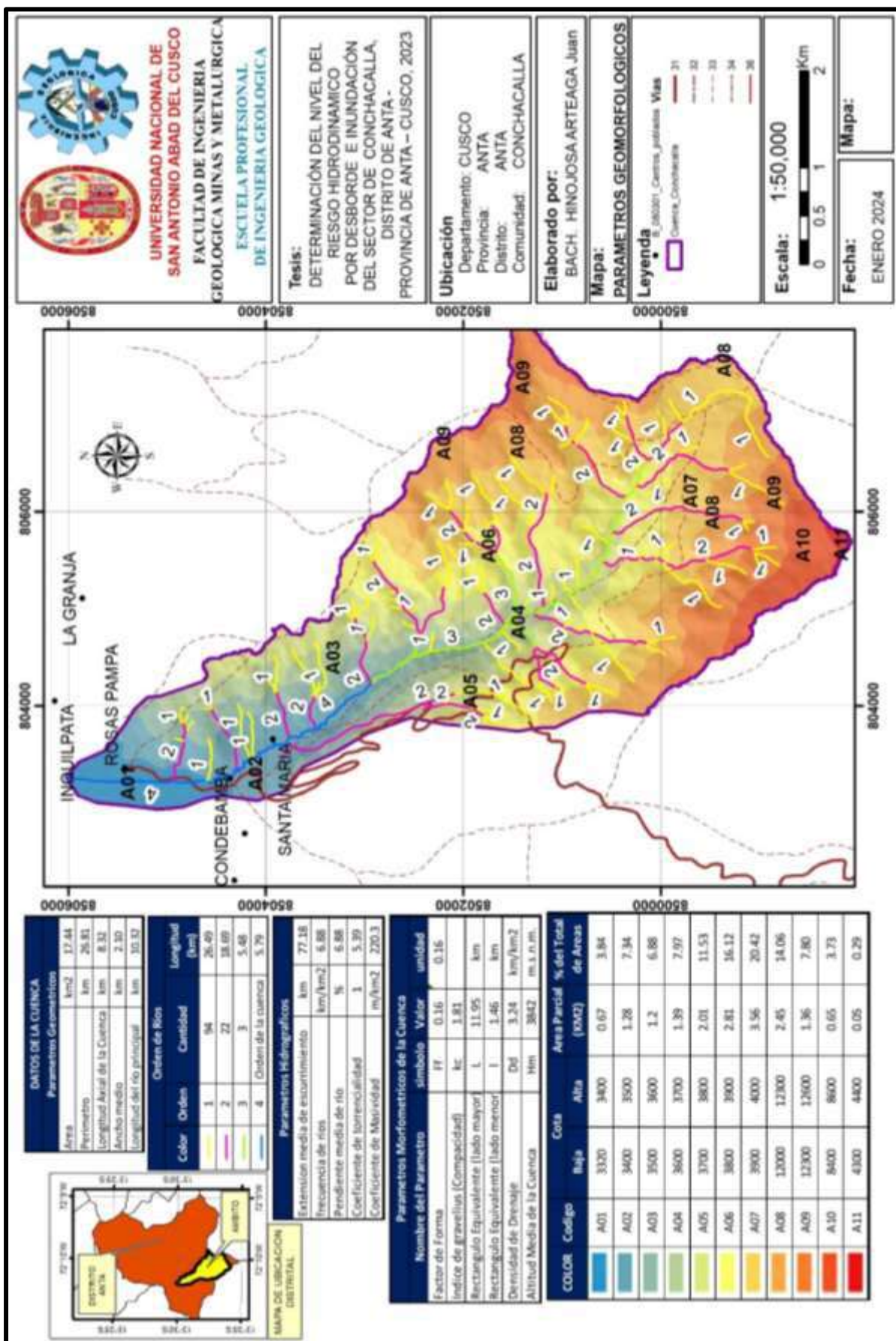




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 7:MAPA DE PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS





## 6.9. PARÁMETROS CLIMÁTICOS

Para conocer las condiciones climáticas de la cuenca del río Conchacalla, necesitamos información de los elementos del clima como la precipitación, temperatura, humedad relativa, etc. sabiendo que la cuenca cuenta con una sola estación cercana a la zona de estudio (Anta) se ha visto la necesidad de también de contar con información de estaciones cercanas a la zona del proyecto como la estación de Kayra y Yauri por factor altitudinal, previo a un proceso de análisis exploratorio de sus datos tal como sigue a continuación.

### 6.9.1. Análisis exploratorio de variables climáticas.

La estación climática más cercana a la zona de estudio es la estación de Anta, ubicada en la parte baja del valle en el sector de Zurite, a 3324 msnm. Considerando que esta cuenca presenta una variación altitudinal de 900 m, desde su nivel más bajo zona final de delimitación de cuenca, hasta las cumbres del cerro mayor (4300); hace prevenir que el comportamiento de los parámetros climáticos como la precipitación (sólidas y líquidas), etc, estén altamente influenciados por el factor altitudinal u orográfico. Por lo que, a nuestro parecer, la propia estación de Anta no reflejaría completamente el comportamiento climático en total de la cuenca en si, por lo cual hace necesario la utilización de metodologías de regionalización tomando como referencia el factor altitud.

El proceso de análisis exploratorio de datos, comprende:

- Completado y extendido de información, la información proporcionada por el SENAMHI, ha sido procesada en el Software EasyFit 5.0.
- Análisis de consistencia y tendencias, para ello sea seguido la metodología de hidrología estadística propuesta por Abel Mejía (2001).
- Proceso de regionalización, para ello se ha considerado como factor preponderante la altitud, a través de ecuaciones de regresión y regresión lineal múltiple.

### 6.9.2. Completado y extendido de información pluviométrica.

Según Villon (2002), el completado y extensión de información, es un proceso de transferencia de información desde una estación con “largo” registro histórico, a otra con “corto” e incompleto registro. Se dice que la extensión de datos, es más importante que el completado, por cuanto modifica sustancialmente a los estimadores de los parámetros poblacionales, debido a que la media de una muestra corta, será diferente a la media de una muestra más larga extendida.





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Para este propósito, existen una gama amplia de métodos y programas que ejecutan esta tarea, sin embargo, para el caso nuestro, hemos usado **funciones de densidad de probabilidad** empleando el **software EasyFit**, etc. En la tabla siguiente, se resumen las condiciones de continuidad de registro de datos de las estaciones usadas para este estudio.

**Tabla 15:** *Periodos incompletos de información pluviométrica por estación.*

	AÑO																										
ESTACION	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93
KAYRA	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
ANCACHURO	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	X	I	C	C	P	C	C	C	P	C	C
YAURI	C	C	P	P	C	C	C	C	C	C	C	P	X	X	X	X	X	X	X	I	I	I	I	X	I	I	C
	AÑOS																										
ESTACION	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
KAYRA	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	P	C	C	C	C	C	C	P	C	C	P	C	C	P
ANCACHURO	P	C	C	P	P	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	P	C	C	P	P	C	C	C
YAURI	C	C	C	C	C	C	C	C	P	C	C	P	C	C	C	C	C	P	P	C	C	C	C	C	C	X	X

Donde: C - Datos Completos; P - Parcial (faltan cuatro o menos datos mensuales); I - Incompleta (faltan más de cuatro datos mensuales); X - Ausencia completa de datos

**Precipitación:**

En su originalidad, los registros de las estaciones de Anta, Yauri y Kayra, se encuentra con datos faltantes, registro de información que viene del año 1967 al 2020, en la Tabla 16, se presenta como ejemplo el registro de la estación de Anta.



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



*Tabla 16: registro de datos de precipitación estación Anta*

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1967	62.4	120.6	164.4	53.0	10.4	2.1	17.0	12.6	2.0	87.1	80.4	107.0
1968	111.8	136.8	110.0	31.8	3.0	2.0	35.0	8.4	21.6	34.8	164.2	107.0
1969	148.4	104.2	159.2	29.8	0.0	3.2	9.4	0.0	24.6	28.0	109.6	110.5
1970	163.5	126.4	95.6	77.8	1.4	0.0	3.0	0.0	44.6	56.0	80.4	209.4
1971	159.8	151.6	94.6	36.2	1.0	0.1	0.0	9.8	1.4	66.4	71.8	149.5
1972	207.2	52.2	150.7	42.6	0.6	0.0	12.2	27.6	19.8	12.6	78.3	126.8
1973	219.6	191.2	107.2	72.6	12.0	2.8	10.4	8.7	17.2	26.0	101.2	118.8
1974	146.4	186.7	143.0	60.8	9.2	17.8	0.0	41.2	10.8	29.0	38.4	101.2
1975	107.6	198.2	89.2	79.5	13.0	1.4	0.0	1.0	27.0	28.0	55.0	207.2
1976	143.7	112.1	138.8	52.4	11.0	10.4	27.0	0.0	29.0	9.2	48.0	90.0
1977	118.4	127.3	113.3	51.0	4.2	0.0	0.0	5.0	20.4	84.4	175.0	125.1
1978	172.2	93.2	142.8	60.5	13.2	0.0	0.0	0.0	16.5	7.4	103.0	104.6
1979	80.0	123.0	140.0	49.4	10.6	0.0	0.0	6.6	12.0	22.0	95.6	113.6
1980	98.0	118.0	154.8	15.4	4.0	0.0	1.0	2.2	2.4	76.8	92.0	93.8
1981	156.5	101.6	150.5	113.5	5.7	2.0	0.0	10.7	35.0	86.3	78.9	105.7
1982	236.7	140.8										
1983												
1984											65.0	
1985	79.0	83.0	57.0	57.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	52.8	128.3	132.7
1986	100.1	152.1	115.8	44.8	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	62.5	80.8
1987	190.1	134.2	73.2	0.0	0.0		33.4	0.0	0.0	25.2	100.6	165.0
1988	223.3	138.5	241.5	93.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	43.0	107.3
1989	191.3	97.6	136.4	30.2	26.3	0.0	0.0	4.4	6.1	24.2	50.0	34.9
1990	129.8	59.3	24.6	3.2	0.0	36.6	0.0	16.6	15.0	122.4	86.8	36.6
1991	53.9	180.3	123.0	27.5	0.0	23.3	0.0	0.0	4.4	44.6		69.0
1992	130.6	136.0	40.8	18.8	3.8	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	145.1	428.7	107.3	35.9	6.8	0.0	0.0	22.8	59.4	192.4	224.4	565.8
1994	588.0	384.1	418.9	49.1	32.5		0.0	0.3	39.5	87.0	186.0	255.7
1995	194.7	47.5	224.9	19.9	1.8	5.2	0.6	0.0	22.8	15.6	94.6	313.3
1996	414.5	359.5	122.8	29.2	4.8	0.6	0.2	13.3	18.8	44.0	87.3	234.0
1997		126.9	158.9	26.4	8.8	0.0	0.0	15.5	7.1	67.5	165.3	362.8
1998	163.7	128.6	131.6		0.0	3.4	0.0	0.3	11.5	62.8	60.6	65.1
1999	294.2	341.0	193.1	73.3	0.8	0.0	0.2	6.2	60.9	91.5	110.4	211.3
2000	188.0	210.7	143.8	40.8	1.6	18.5	0.6	5.4	13.9	147.7	43.6	189.7
2001	514.5	186.2	404.9	33.7	11.4	0.0	40.0	37.0	19.4	150.1	89.3	135.4
2002	185.4	296.7	220.1	78.5	25.6	16.9	76.0	9.9	59.8	105.8	114.8	170.8
2003	170.3	180.4	215.1	23.9	7.0	7.5	0.0	31.2	10.8	65.1	39.1	173.0
2004	251.7	182.5	53.4	47.8	2.5	26.9	25.7	11.1	35.2	51.9	86.2	122.8
2005	109.3	97.3	88.6	35.6	1.8	0.0	4.0	11.8	9.0	30.6	64.6	129.6
2006	212.6	143.8	143.5	68.8	0.3	13.6	0.0	1.6	5.4	68.4	100.9	116.3
2007	121.3	114.8	92.7	95.1	30.4	0.0	0.8	0.0	2.6	71.0	89.9	184.4
2008	146.7	124.4	89.7	18.1	8.2	1.5	0.0	8.5	14.6	122.8	161.0	117.7
2009	162.9	173.1	96.3	11.0	14.9	0.0	19.3	0.0	17.5	34.8	288.7	132.3
2010	289.0	194.2	148.5	26.4	1.2	5.2	3.4	3.5	12.1	89.6	54.7	184.9
2011	139.5	269.3	214.8	78.9	13.6	10.3	11.0	16.6	52.2	89.4	72.8	152.5
2012	136.3	177.8	110.6	47.5	1.8	2.8	4.4	0.0	45.1	26.8	135.3	197.7
2013	161.6	151.1	75.6	7.0		6.1	0.1	18.3	3.2	104.5	110.3	158.9
2014	134.5	122.0	71.1	46.3	8.9	0.0	0.0	1.3	11.5	62.9	37.6	160.8
2015	180.9	101.4	81.5	79.2	2.9	2.3	6.2	7.2	31.5	50.9	75.4	110
2016	146.5	240.1	70.9	25.0	7.3	0.3	3.0	17.7		71.6	88.1	98.8
2017	107.9	116.5	166.9	69.2	7.5	0.0	1.8		11.0	71.9		
2018	145	189.4	139.6	37.6	3.1	24.2	19.7	27.5	8.5	73.6	62.7	71.5
2019	109.9	110.3	112.8	7.1	2.6	5.1	2.5	0	8.7	43.3	149.9	186.3
2020	147.6	193.8	160.5	3.5	32	0.4	0	0.8	5.5	40.2	59.9	148.3

A través del **programa Easy Fit 5.0**, se ha utilizado las distribuciones probabilísticas de ajuste más usadas en hidrología (Normal, Log Normal, Frechet, Gamma, log gamma, Pearson 3p, log-Pearson, Gumbel, etc), procediendo a calcular mediante un orden de mejor ajuste al 0.05, por Smirnov Kolmogorov para datos no paramétricos tal como se aprecia en la imagen siguiente



Gráfico 4: Selección de mejor ajuste de distribución Easy Fit. (Enero Anta)

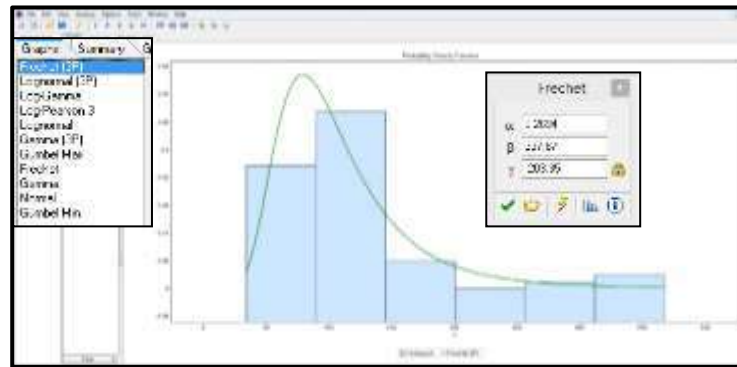
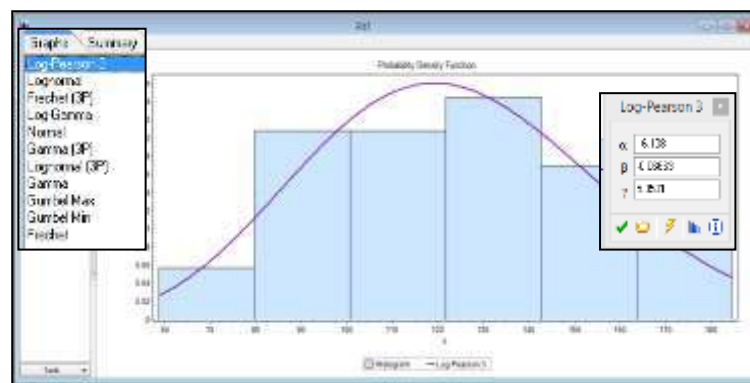


Gráfico 5: Selección de mejor ajuste de distribución Easy Fit. (Febrero Kayra)



Para generar números aleatorios para completar los recuadros faltantes se tiene el recuadro siguiente, para ello ingresamos el número de datos faltantes (5 como mínimo), el promedio de cada columna a analizar del mes en específico (Enero para Anta y Febrero para Kayra, etc), seleccionamos el tipo de distribución que mejor se ajusta a la serie de datos (Frechet o Gumbel y Log Pearson tipo III) respectivamente, y finalmente introducimos los valores paramétricos del gráfico de ajuste ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ).

Tabla 17: Generación números aleatorios Easy Fit. estación Anta y Kayra

Generate Random Numbers		Generate Random Numbers	
Options	Distribution	Options	Distribution
Sample size: 5	Frechet	Sample size: 5	Log-Pearson 3
Random seed: 176.3	Parameters $\alpha$ : 6.2824 $\beta$ : 337.67 $\gamma$ : 203.35	Random seed: 123.3	Parameters $\alpha$ : 16.128 $\beta$ : 4.08633 $\gamma$ : 5.8531
Destination <input type="radio"/> Current data table <input checked="" type="radio"/> New data table <input type="radio"/> Clipboard <input type="radio"/> File		Destination <input type="radio"/> Current data table <input checked="" type="radio"/> New data table <input type="radio"/> Clipboard <input type="radio"/> File	
OK Cancel Help		OK Cancel Help	



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



En la tabla siguiente se presenta en resumen los datos completados al 2020 del registro de precipitación para la estación de Anta.

**Tabla 18: Registro de precipitación completado estación Anta**

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1967	62.4	120.6	164.4	53.0	10.4	2.1	17.0	12.6	2.0	87.1	80.4	107.0
1968	111.8	136.8	110.0	31.8	3.0	2.0	35.0	8.4	21.6	34.8	164.2	107.0
1969	148.4	104.2	159.2	29.8	0.0	3.2	9.4	0.0	24.6	28.0	109.6	110.5
1970	163.5	126.4	95.6	77.8	1.4	0.0	3.0	0.0	44.6	56.0	80.4	209.4
1971	159.8	151.6	94.6	36.2	1.0	0.1	0.0	9.8	1.4	66.4	71.8	149.5
1972	207.2	52.2	150.7	42.6	0.6	0.0	12.2	27.6	19.8	12.6	78.3	126.8
1973	219.6	191.2	107.2	72.6	12.0	2.8	10.4	8.7	17.2	26.0	101.2	118.8
1974	146.4	186.7	143.0	60.8	9.2	17.8	0.0	41.2	10.8	29.0	38.4	101.2
1975	107.6	198.2	89.2	79.5	13.0	1.4	0.0	1.0	27.0	28.0	55.0	207.2
1976	143.7	112.1	138.8	52.4	11.0	10.4	27.0	0.0	29.0	9.2	48.0	90.0
1977	118.4	127.3	113.3	51.0	4.2	0.0	0.0	5.0	20.4	84.4	175.0	125.1
1978	172.2	93.2	142.8	60.5	13.2	0.0	0.0	0.0	16.5	7.4	103.0	104.6
1979	80.0	123.0	140.0	49.4	10.6	0.0	0.0	6.6	12.0	22.0	95.6	113.6
1980	98.0	118.0	154.8	15.4	4.0	0.0	1.0	2.2	2.4	76.8	92.0	93.8
1981	156.5	101.6	150.5	113.5	5.7	2.0	0.0	10.7	35.0	86.3	78.9	105.7
1982	236.7	140.8	117.37	30.86	0.18	2.60	16.70	2.56	19.23	81.75	136.10	127.91
1983	118.75	195.07	111.42	13.59	2.61	15.10	2.43	21.55	11.91	25.01	95.96	210.64
1984	88.77	122.61	100.37	32.00	11.69	13.57	0.00	0.38	22.70	110.72	65.0	92.23
1985	79.0	83.0	57.0	57.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	52.8	128.3	132.7
1986	100.1	152.1	115.8	44.8	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	62.5	80.8
1987	190.1	134.2	73.2	0.0	0.0	5.78	33.4	0.0	0.0	25.2	100.6	165.0
1988	223.3	138.5	241.5	93.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	43.0	107.3
1989	191.3	97.6	136.4	30.2	26.3	0.0	0.0	4.4	6.1	24.2	50.0	34.9
1990	129.8	59.3	24.6	3.2	0.0	36.6	0.0	16.6	15.0	122.4	86.8	36.6
1991	53.9	180.3	123.0	27.5	0.0	23.3	0.0	0.0	4.4	44.6	93.34	69.0
1992	130.6	136.0	40.8	18.8	3.8	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1993	145.1	428.7	107.3	35.9	6.8	0.0	0.0	22.8	59.4	192.4	224.4	565.8
1994	588.0	384.1	418.9	49.1	32.5	0.00	0.0	0.3	39.5	87.0	186.0	255.7
1995	194.7	47.5	224.9	19.9	1.8	5.2	0.6	0.0	22.8	15.6	94.6	313.3
1996	414.5	359.5	122.8	29.2	4.8	0.6	0.2	13.3	18.8	44.0	87.3	234.0
1997	87.69	126.9	158.9	26.4	8.8	0.0	0.0	15.5	7.1	67.5	165.3	362.8
1998	163.7	128.6	131.6	76.13	0.0	3.4	0.0	0.3	11.5	62.8	60.6	65.1
1999	294.2	341.0	193.1	73.3	0.8	0.0	0.2	6.2	60.9	91.5	110.4	211.3
2000	188.0	210.7	143.8	40.8	1.6	18.5	0.6	5.4	13.9	147.7	43.6	189.7
2001	514.5	186.2	404.9	33.7	11.4	0.0	40.0	37.0	19.4	150.1	89.3	135.4
2002	185.4	296.7	220.1	78.5	25.6	16.9	76.0	9.9	59.8	105.8	114.8	170.8
2003	170.3	180.4	215.1	23.9	7.0	7.5	0.0	31.2	10.8	65.1	39.1	173.0
2004	251.7	182.5	53.4	47.8	2.5	26.9	25.7	11.1	35.2	51.9	86.2	122.8
2005	109.3	97.3	88.6	35.6	1.8	0.0	4.0	11.8	9.0	30.6	64.6	129.6
2006	212.6	143.8	143.5	68.8	0.3	13.6	0.0	1.6	5.4	68.4	100.9	116.3
2007	121.3	114.8	92.7	95.1	30.4	0.0	0.8	0.0	2.6	71.0	89.9	184.4
2008	146.7	124.4	89.7	18.1	8.2	1.5	0.0	8.5	14.6	122.8	161.0	117.7
2009	162.9	173.1	96.3	11.0	14.9	0.0	19.3	0.0	17.5	34.8	288.7	132.3
2010	289.0	194.2	148.5	26.4	1.2	5.2	3.4	3.5	12.1	89.6	54.7	184.9
2011	139.5	269.3	214.8	78.9	13.6	10.3	11.0	16.6	52.2	89.4	72.8	152.5
2012	136.3	177.8	110.6	47.5	1.8	2.8	4.4	0.0	45.1	26.8	135.3	197.7
2013	161.6	151.1	75.6	7.0	9.82	6.1	0.1	18.3	3.2	104.5	110.3	158.9
2014	134.5	122.0	71.1	46.3	8.9	0.0	0.0	1.3	11.5	62.9	37.6	160.8
2015	180.9	101.4	81.5	79.2	2.9	2.3	6.2	7.2	31.5	50.9	75.4	110
2016	146.5	240.1	70.9	25.0	7.3	0.3	3.0	17.7	13.26	71.6	88.1	98.8
2017	107.9	116.5	166.9	69.2	7.5	0.0	1.8	18.91	11.0	71.9	113.98	155.11
2018	145	189.4	139.6	37.6	3.1	24.2	19.7	27.5	8.5	73.6	62.7	71.5
2019	109.9	110.3	112.8	7.1	2.6	5.1	2.5	0	8.7	43.3	149.9	186.3
2020	147.6	193.8	160.5	3.5	32	0.4	0	0.8	5.5	40.2	59.9	148.3
PROMEDIO	171.983	162.494	136.184	43.866	7.639	5.673	7.167	8.630	18.470	61.246	96.311	148.743
Distribución	Frechet (3p)	Frechet (3p)	LogGamma	Gamma	Gamma	Normal	Normal	Gumbel max	Gamma	Gumbel max	LogNormal	LogNormal
$\alpha$	6.2694	9.703	89.261	2.3846	0.85238	$\sigma = 8.6256$	$\sigma = 13.985$	$\sigma = 8.2068$	1.268	$\sigma = 31.5$	$\sigma = 0.46669$	$\sigma = 0.49428$
$\beta$	337.67	498.47	0.05363	19.107	9.5511	$\mu = 5.4959$	$\mu = 6.9604$	$\mu = 3.6542$	14.832	$\mu = 42.402$	$\mu = 4.4519$	$\mu = 4.8993$
$\gamma$	-203.35	-372.89	0	0	0				0		$\gamma = 0$	$\gamma = 0$

El mismo procedimiento se ha realizado para cada mes de cada registro meteorológico de Kayra y Yauri.



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



*Tabla 19: Registro de precipitación completado y extendido estación Kayra*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1967	59.1	118.4	140.3	19.0	1.8	0.6	11.0	19.0	32.8	70.9	57.2	125.6
1968	149.4	106.6	84.5	34.6	6.3	5.3	30.9	8.6	16.3	84.6	86.7	54.4
1969	144.4	77.8	88.1	16.8	2.9	3.3	7.2	3.9	22.8	29.8	54.7	72.9
1970	170.6	92.6	132.5	86.1	2.3	1.0	3.7	3.4	42.1	46.1	48.2	177.4
1971	128.9	161.6	83.6	40.0	1.5	0.1	0.0	5.7	3.5	55.7	51.0	127.5
1972	192.1	66.8	57.2	29.7	3.4	0.0	6.5	27.3	12.2	7.9	50.2	100.2
1973	221.3	120.9	99.6	75.2	14.0	0.0	9.1	11.8	14.5	65.1	88.8	96.5
1974	102.5	157.7	121.5	34.5	3.6	8.2	1.0	34.6	5.9	43.3	60.9	108.0
1975	124.7	131.0	55.3	66.8	22.5	0.7	0.3	0.6	51.1	47.5	51.0	170.1
1976	119.6	83.1	123.1	42.9	13.0	8.7	0.7	2.5	26.8	25.3	47.8	66.8
1977	116.7	122.8	69.3	47.6	7.9	0.0	4.4	0.0	29.9	65.0	71.5	78.0
1978	175.4	106.1	88.5	48.7	11.4	0.0	3.4	0.0	13.7	12.3	86.7	117.9
1979	101.1	131.6	108.8	46.8	6.2	0.0	0.9	8.1	11.5	18.4	85.6	81.8
1980	106.2	126.4	135.0	23.2	3.7	0.0	5.3	1.0	12.6	62.9	60.2	83.1
1981	225.4	80.8	124.4	56.9	1.8	3.9	0.0	9.8	45.9	108.9	120.8	144.3
1982	178.9	115.5	143.1	58.8	0.0	9.2	3.4	4.9	14.0	37.9	122.5	98.6
1983	128.4	84.0	54.5	29.8	3.4	6.2	0.5	0.9	5.5	26.0	44.3	100.2
1984	198.6	142.4	71.0	82.8	0.0	2.0	1.3	11.4	4.2	114.6	69.4	102.8
1985	129.1	119.4	74.2	33.2	15.6	11.6	0.9	0.0	43.3	62.1	116.5	122.4
1986	76.4	92.2	125.7	65.5	6.2	0.0	1.8	4.2	7.5	17.3	69.6	102.7
1987	224.3	87.9	48.6	13.1	2.1	1.3	9.2	0.0	8.2	26.5	101.8	107.6
1988	163.8	84.3	166.5	108.9	4.6	0.0	0.0	0.0	9.9	36.2	47.6	103.7
1989	151.4	126.8	119.3	38.6	6.4	9.1	0.0	6.1	30.7	48.7	60.7	88.5
1990	157.6	90.4	60.2	47.4	7.5	31.8	0.0	5.8	13.3	73.7	86.9	66.5
1991	97.6	163.6	105.2	45.1	11.0	5.1	1.5	0.0	21.4	49.3	83.6	99.0
1992	114.1	102.4	104.0	14.9	0.0	19.4	0.0	21.4	8.0	50.7	117.4	57.0
1993	206.7	110.5	75.8	18.8	0.9	0.0	2.7	6.9	18.0	46.2	111.9	201.5
1994	177.0	163.9	173.9	45.5	11.8	0.0	0.0	0.0	25.7	40.2	40.5	119.9
1995	122.0	94.8	95.3	17.8	0.0	0.0	0.6	1.2	28.8	26.7	70.2	102.6
1996	131.9	98.0	70.5	32.3	11.0	0.0	0.0	6.3	19.6	58.4	49.0	133.2
1997	123.3	127.7	104.8	31.0	4.8	0.0	0.0	7.1	12.3	44.4	201.5	148.4
1998	116.3	156.2	22.6	31.0	1.6	1.9	0.0	1.6	4.3	49.8	49.7	58.9
1999	89.3	92.2	92.0	42.8	1.3	3.4	1.0	0.0	43.1	18.8	39.7	119.5
2000	197.4	137.3	119.5	10.9	2.6	5.8	2.7	4.5	10.7	49.3	29.3	82.0
2001	233.0	173.1	137.4	36.4	11.5	0.0	17.4	10.2	20.6	38.3	96.8	89.4
2002	134.5	184.6	112.7	21.6	16.2	2.5	27.1	3.7	10.3	78.7	97.8	132.4
2003	163.9	135.5	142.9	56.5	2.0	6.4	0.0	21.3	3.7	34.6	23.1	123.8
2004	173.7	125.8	66.5	21.0	2.4	20.5	17.0	9.0	21.7	25.6	60.9	87.9
2005	140.8	130.6	120.2	33.1	3.2	0.4	1.2	4.0	4.5	39.1	59.3	102.5
2006	203.4	155.5	145.9	40.9	0.2	4.9	0.0	10.5	7.5	72.5	67.8	147.2
2007	140.8	58.7	107.3	93.6	5.8	0.0	4.0	0.0	1.0	29.33	72.83	88.4
2008	108.8	109.2	64.4	7.6	8.7	2.1	0.0	3.9	13.9	51.7	90.2	131.9
2009	112.5	108.3	79.1	21.3	5.3	0.0	3.3	0.7	15.1	8.3	88.7	82.9
2010	268.5	168.5	129.2	16.6	1.3	0.0	1.4	4.7	8.2	70.0	40.0	172.7
2011	103.4	179.3	131.9	67.6	3.9	3.2	3.7	0.0	38.9	38.2	60.2	110.2
2012	70.5	167.7	41.7	48.1	4.5	1.2	0.0	0.1	18.4	19.5	138.2	179.5
2013	180.5	137.2	75.5	13.0	25.3	6.1	2.0	12.4	6.3	105.0	86.0	159.4
2014	161.9	116.5	36.5	35.0	10.1	0.0	3.2	5.8	12.6	56.71	29.6	152.1
2015	169.8	146.5	66.7	69.8	18.6	3.9	10.3	4.6	16.1	19.1	48.6	113.0
2016	104.0	153.1	54.3	24.4	3.0	0.0	4.5	0.5	7.0	79.5	28.0	89.8
2017	111.2	120.1	119.7	50.6	11.2	5.7	0.2	8.4	19	33.7	61.4	101.7
2018	154.76	162.2	146.57	20.3	0.2	16	11.6	7.1	9.1	80.72	84.85	95
2019	121	126.6	164.4	38.9	28.2	1.5	3.7	0	9.8	82.4	111.7	140.4
2020	124.5	153.3	94.8	31.82	7.47	5.25	8.2	1	14.6	17.5	40.9	139.7
PROMEDIO	146.35	123.81	99.56	40.47	6.71	4.04	4.24	6.05	17.193	48.166	72.598	112.211
Datos Faltantes	0	1	1	1	1	1	0	0	0	2	1	0
Distribución		Log Pearson 3	Log Pearson 3	Gamma	Gamma	Gumbel min				Log Pearson 3	Gumbel max	
α		16.108	4.4682	3.2702	1.027	σ = 4.8384				7.7174	σ = 25.717	
β		-0.06663	-0.2006	12.424	6.5168	μ = 6.8117				-0.22307	μ = 57.749	
γ		5.8591	5.4201	0	0					5.4371	4.2925	





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



*Tabla 20: Registro de precipitación completado y extendido estación Yauri*

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1967	65.4	92.6	169.1	41.4	11.2	0.0	9.9	18.3	31.4	89.5	25.2	107.2
1968	240.7	95.9	99.9	14.0	0.0	4.5	13.0	15.7	10.5	70.4	128.7	90.1
1969	210.7	149.9	73.0	51.0	0.0	0.0	5.0	50.0	0.0	0.0	61.6	112.7
1970	50.3	257.2	39.6	65.0	0.0	0.0	0.0	5.5	69.5	10.0	19.5	144.2
1971	174.3	284.4	111.7	49.6	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	10.1	6.0	119.3
1972	193.7	180.3	144.7	34.0	0.0	0.0	16.2	8.6	25.4	53.2	64.4	163.7
1973	360.3	360.1	248.4	186.6	15.6	0.0	3.3	5.9	69.2	24.8	71.1	104.7
1974	248.9	253.4	187.9	63.8	2.6	18.6	0.0	115.4	28.2	23.3	12.2	45.0
1975	166.5	221.0	128.2	124.6	32.6	7.8	0.0	0.0	0.0	9.0	43.4	99.4
1976	192.8	182.4	119.1	26.4	11.8	37.4	0.0	31.8	77.0	1.6	23.6	71.6
1977	43.8	154.6	60.8	0.0	1.4	0.0	6.2	0.0	10.2	49.2	42.0	40.2
1978	204.2	39.0	44.0	27.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.1	225.8
1979	275.9	151.0	102.5	13.2	7.1	0.0	0.0	47.9	9.5	31.7	7.3	141.5
1980	202.1	181.5	124.8	49.9	9.2	0.0	0.0	55.1	7.8	1.9	22.4	102.1
1981	169.1	141.0	87.6	36.9	-7.8	0.0	4.9	12.7	13.0	11.3	69.5	133.1
1982	149.2	79.1	118.4	38.3	17.0	4.5	8.2	0.0	2.2	6.4	38.5	188.7
1983	130.2	125.5	94.3	64.3	28.4	14.9	0.0	17.2	36.2	41.1	10.4	117.9
1984	186.1	238.8	136.5	175.7	8.8	0.0	10.6	8.2	22.0	34.5	29.9	132.1
1985	319.3	130.2	95.1	47.8	16.2	1.2	0.0	31.4	4.7	88.4	83.5	125.2
1986	167.9	137.2	234.6	17.4	4.9	4.7	2.3	0.0	1.8	8.9	14.5	108.5
1987	230.0	11.1	25.7	21.0	0.0	11.0	20.4	21.0	2.1	23.0	35.3	129.7
1988	295.9	196.9	114.5	107.0	15.5	10.1	6.8	0.0	6.3	24.3	13.7	113.6
1989	355.3	128.8	90.0	123.6	13.9	14.0	1.2	0.0	1.3	16.8	125.1	68.2
1990	174.1	240.0	104.1	41.8	9.0	0.0	9.3	9.4	19.7	26.5	59.2	118.9
1991	271.4	199.8	110.6	34.1	15.8	47.0	0.0	0.0	55.9	8.2	437.3	131.9
1992	196.0	275.5	195.7	90.1	16.0	8.0	0.0	45.3	0.0	59.8	75.6	37.8
1993	269.3	107.2	133.6	116.5	5.5	0.0	0.8	15.0	7.7	93.7	173.7	157.1
1994	205.6	221.6	191.1	56.6	16.7	0.0	0.0	0.0	22.2	13.1	66.4	100.6
1995	165.8	141.2	209.4	81.7	2.7	0.0	0.0	2.8	13.0	51.6	37.6	128.2
1996	160.4	187.8	109.2	96.9	16.9	0.0	0.0	20.3	13.6	31.0	51.1	105.0
1997	246.5	209.7	116.4	66.7	3.2	0.0	0.0	26.2	38.4	14.6	91.7	122.6
1998	217.1	150.4	89.8	13.8	0.0	2.5	0.0	3.6	0.8	48.3	47.0	48.0
1999	141.6	229.3	159.1	125.5	3.6	0.0	0.0	0.8	47.8	52.9	45.3	155.3
2000	160.7	194.6	161.8	41.1	4.2	5.6	0.0	12.7	6.2	78.5	26.8	167.8
2001	265.9	230.5	254.9	99.5	32.0	0.9	4.3	4.8	4.2	32.2	25.8	67.5
2002	111.4	294.3	148.0	67.6	24.7	0.5	16.7	0.0	40.5	56.0	82.1	142.8
2003	171.1	230.0	193.3	36.9	5.7	0.8	0.0	5.5	34.8	11.1	73.4	129.2
2004	215.7	166.5	84.5	48.4	0.0	1.8	10.7	17.7	25.6	25.7	56.7	105.4
2005	114.3	176.5	123.2	43.1	1.1	20.4	0.0	4.8	5.6	55.9	41.9	162.2
2006	295.0	119.9	175.6	45.8	1.4	5.4	0.0	9.7	18.6	59.1	64.1	122.6
2007	129.7	133.6	108.1	58.6	4.6	0.0	3.4	0.0	16.3	36.3	43.5	117.7
2008	197.9	107.5	72.5	1.2	4.9	5.8	0.0	0.0	0.2	43.4	24.8	103.3
2009	102.0	164.6	102.2	44.5	5.5	0.0	1.4	0.0	2.0	43.8	172.6	133.9
2010	172.6	165.7	114.9	32.0	13.6	0.0	0.0	0.0	1.7	16.2	36.0	176.7
2011	127.0	248.2	138.8	73.7	10.0	0.0	1.9	0.0	36.1	16.9	74.9	137.6
2012	171.5	266.1	191.4	76.4	11.4	0.0	0.1	0.0	13.7	31.3	76.2	125.1
2013	169.0	165.1	81.6	8.6	2.7	14.4	3.4	20.1	0.0	28.6	53.0	156.1
2014	142.8	113.1	92.3	21.2	9.1	0.0	5.5	3.5	41.4	99.7	22.2	189.2
2015	184.2	112.7	117.3	131.4	13.7	0.5	1.5	17.3	20.6	30.1	26.4	142.6
2016	112.1	168.2	64.6	112.0	1.7	0.1	9.2	3.2	4.7	40.9	20.5	91.6
2017	168.0	105.6	168.1	68.4	22.6	0.1	3.2	0.0	12.1	57.7	66.3	156.4
2018	143.1	201.0	98.3	19.2	1.1	6.9	16.4	30.1	2.3	103.3	48.1	85.5
2019	120.11	182.38	68.73	68.97	6.29	0.00	3.76	0.00	9.00	43.33	35.82	142.80
2020	246.30	259.57	263.06	13.71	13.66	0.00	3.83	11.87	0.44	60.95	92.14	127.66
PROMEDIO	189.123	175.346	126.164	60.233	8.613	4.844	3.766	13.414	17.962	36.460	59.193	121.215
Datos Faltantes	17	18	17	16	16	16	15	17	14	16	18	19
Distribución	Log Pearson 3p	Gamma 3p	Gamma	Gamma	Normal	Normal	Gamma	Normal	Gamma	Gamma	Frechet 3p	Log Normal 3P
$\alpha$	4.1893	89.63	5.4285	1.8379	$\sigma=9.0406$	$\sigma=9.6235$	0.69338	$\sigma=19.938$	0.86272	1.9738	4.9582	$\sigma=0.03706$
$\beta$	-0.20478	7.3228	23.066	31.491	$\mu=7.9429$	$\mu=4.3357$	14.035	$\mu=10.844$	22.213	22.086	108.49	$\mu=6.9864$
$\gamma$	5.9725	-482.25	0	0			0	0	0	0	-74.073	$\gamma=-962.61$

### 6.9.3. Análisis de consistencia.

La precipitación es un valor no paramétrico, por lo tanto, responde a leyes de las variables estocásticas aleatorias; al ser la precipitación un fenómeno de la naturaleza, su ocurrencia se da de forma repentina, no uniforme ni continua. Es por ello que, esta información, debe ser sometida a procesos de análisis estadísticos de consistencia (a través de la identificación de saltos anómalos, mediante la construcción de histogramas)



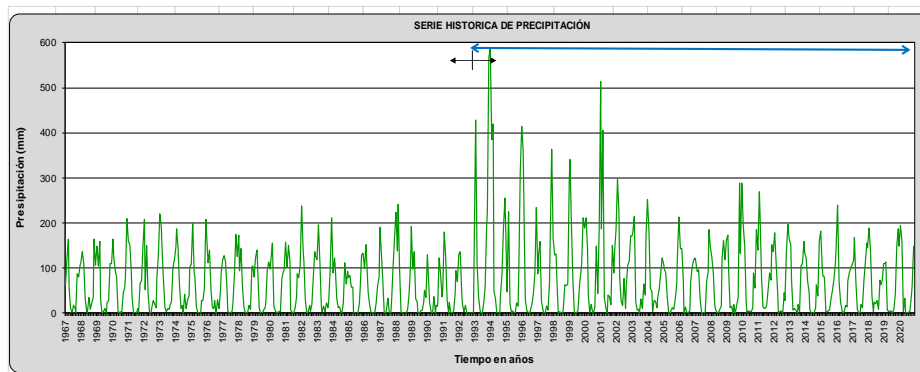
Mejía A. (2001); así mismo el autor, señala el procedimiento para un análisis de consistencia por saltos, tiene los siguientes pasos:

- Identificación del salto.
- Evaluación y cuantificación del salto
- Corrección y eliminación del salto.

### A. Identificación del Salto

Mediante la construcción de los histogramas de precipitación, se ha analizado e identificado los periodos o bloques con información sospechosa o poco consistente frente al otro periodo o bloque del registro. En las siguientes graficas se analiza esta variación.

*Gráfico 6: Histograma de precipitación para la estación Anta.*



*Gráfico 7: Histograma de precipitación para la estación Kayra*

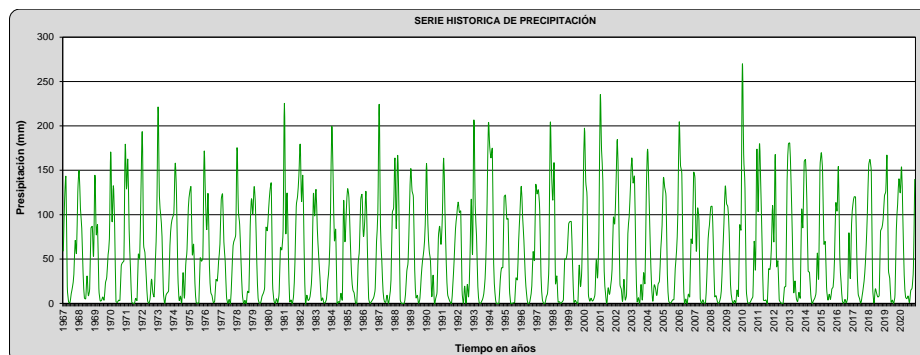
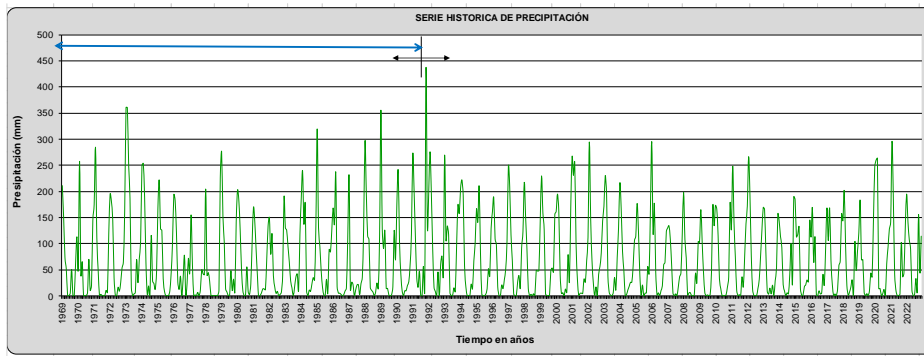




Gráfico 8: Histograma de precipitación para la estación Yauri



## B. Evaluación y cuantificación

Los errores sistemáticos se identifican a través picos o datos muy bajos. Al seleccionar estos bloques y compararlos unos a otros, lo que se busca es que estadísticamente entre ambos bloques analizados no tengan diferencias estadísticas, es decir, sean consistente a través de su comparación de medias y su desviación estándar.

Los periodos seleccionados por estación, con sus respectivas variables estadísticas se detalla en la tabla siguiente:

Tabla 21: Selección, y cuantificación de los periodos a analizar.

ESTACIÓN	Periodos	Nro. Datos	Media	Desv. est.	Varianza
ANTA	1967-1992	26	718.45	125.60	15774.21
	1993-2020	28	10007.65	351.16	123312.27
KAYRA	1967-1993	27	674.50	101.78	10359.16
	1994-2020	27	688.2732	115.68	13382.74
YAURI	1967-1991	25	806.0	225.22	50726.05
	1992-2020	29	830.13	140.52	19746.45

## C. Corrección y eliminación del salto.

Para el siguiente proceso se ha tomado como ejemplo de procesamiento la estación de Anta.

### a. comparación en la diferencia de promedios

Para este proceso sea elegido como ejemplo la estación de Anta, para lo cual en primer lugar se utilizó la prueba estadística de “T” de Student, al nivel de significancia del 0.05, para ello la hipótesis planteada es:

$$H_p: u_1 = u_2 \text{ (media poblacional).}$$



$$H_a: u_1 < > u_2. \quad a = 0.05.$$

La pertinencia o no de corrección de datos está en sujeta al cumplimiento de las condiciones siguientes:

Si:

$$|T_c| \leq T_t(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 = \bar{X}_2$$

$$|T_c| > T_t(95\%) \Rightarrow \bar{X}_1 < > \bar{X}_2$$

- Si  $T_c$  es mayor a  $T_t$ , significa que: entre la comparación de promedios de los periodos 1 y 2, existen diferencias estadísticas al 95 % de significancia, por lo tanto, procede la corrección del periodo en análisis.
- Si  $T_c$  es menor a  $T_t$ , significa que: entre la comparación de promedios de los periodos 1 y 2, no existen diferencias estadísticas al 95 % de significancia, por lo tanto, no procede la corrección del periodo en análisis.

Para el cálculo del T calculado, en la hidrología estadística, Mejía A. 2001, plantea la relación matemática siguiente:

$$T_c = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_d}$$

Donde:

$T_c$  = T calculado,

$S_d$  = Desviación estándar,

$u_1 = u_2$  (por hipótesis)

$\bar{X}_1, \bar{X}_2$  : Promedios de las series 1 y 2.

La desviación estándar  $S_d$ , de la diferencia de los promedios, está representada por la relación matemática siguiente:



$$S_d = S_p \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)^{0.5}$$

$$S_p = \left[ \frac{(n_1 - 1) * S_1^2 + (n_2 - 1) * S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{0.5}$$

Dónde:

$S_d$  : desviación estándar de los promedios.

$S_p$  : desviación estándar ponderada.

$n$  : número de datos del periodo 1 y 2

En resumen, se presenta la tabla siguiente con los parámetros estadísticos analizados:

**Tabla 22: Variables estadísticas para consistencia en la diferencia de medias.**

Desviación estándar	$S_d$	72.88
Desviación estándar ponderado	$S_p$	267.60
Grados de libertad	$G_l$	52
Nivel de significancia	$\alpha$	0.05
“T” tabular de Studen	$T_t$	1.645
“T” calculado	$T_c$	3.97

De acuerdo a los resultados obtenidos para la estación de Anta (tabla 20), entre la comparación de medias de los periodos (1967 – 1992) y el periodo (1993 – 2020), el  $T_c$  es **mayor** a  $T_t$ , lo que indica que entre los bloques analizados existe diferencias estadísticas al 95% de significancia por tanto corresponde su corrección.

#### **b. Consistencia en la desviación estándar.**

Para este proceso se utilizó la prueba estadística de “F” de Fisher, al nivel de significancia del 0.05, para ello la hipótesis planteada:

$H_p$  :  $v_1 = v_2$  (varianzas).

$H_a$  :  $v_1 \neq v_2$   $\alpha = 0.05$ .





La pertinencia o no de corrección de datos está en sujeta al cumplimiento de las condiciones siguientes:

Si:

$$|F_c| \leq F_t(95\%) \Rightarrow S_1 = S_2(\text{estadísticamente})$$

$$|F_c| > F_t(95\%) \Rightarrow S_1 \neq S_2(\text{estadísticamente})$$

- Si  $F_c$  es mayor a  $F_t$ , significa que: entre la comparación de promedios de los periodos 1 y 2, existen diferencias estadísticas al 95 % de significancia, por lo tanto, procede la corrección del periodo en análisis.
- Si  $F_c$  es menor a  $F_t$ , significa que: entre la comparación de promedios de los periodos 1 y 2, no existen diferencias estadísticas al 95 % de significancia, por lo tanto, no procede la corrección del periodo en análisis.

Para el cálculo del F calculado, en la hidrología estadística, Mejía A. 2001, plantea la relación matemática siguiente en base al cumplimiento de las condiciones siguientes:

$$\text{Si } F_c = [S_1^2(x)]/[S_2^2(x)], \text{ Si } S_1^2(x) > S_2^2(x)$$

$$F_c = [S_2^2(x)]/[S_1^2(x)], \text{ Si } S_2^2(x) > S_1^2(x)$$

Donde:

$F_c$  = F calculado,

$S_1^2, S_2^2$  = Varianzas

En resumen, se presenta la tabla siguiente con los parámetros estadísticos analizados:



**Tabla 23: Variables estadísticas para consistencia en la desviación estándar.**

Grados de libertad del numerador	Gln	25
Grados de libertad del denominador	Gld	27
Nivel de significancia	$\alpha$	0.05
“F” tabular de Fisher	Ft	1.92
“F” calculado	Fc	7.82

De acuerdo a los resultados obtenidos para la estación de Anta (tabla 21), entre la comparación de desviación estándar, de los periodos (1967 – 1992) y el periodo (1993 – 2020), el Fc es **mayor** a Ft, lo que indica que entre los bloques analizados hay diferencias estadísticas al 95% de significancia, por tanto, procede su corrección.

### c. Corrección de datos dudosos.

Para ello, Abel Mejía (2001), propone la ecuación matemática siguiente, correspondiente al segundo periodo a corregir con respecto al primer periodo:

$$X't = \left[ \frac{x - \bar{X}_1}{S_1} \right] * S_2 + \bar{X}_2$$

Dónde:

X't = Valor corregido de la información.

x = valor a ser corregido.



**Tabla 24: Datos obtenidos para el Criterio de decisión, consistencia en la media.**

Año	$x_t$	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1993	997.76	80.94	239.15	59.86	20.03	3.79	0.00	0.00	12.72	33.14	107.33	125.18	315.63	997.76
1994	1088.07	313.45	204.76	223.31	26.17	17.33	0.00	0.00	0.16	21.06	46.38	99.15	136.31	1088.07
1995	694.57	143.73	35.06	166.02	14.69	1.33	3.84	0.44	0.00	16.83	11.52	69.83	231.28	694.57
1996	833.38	259.92	225.43	77.00	18.31	3.01	0.38	0.13	8.34	11.79	27.59	54.74	146.74	833.38
1997	725.33	61.94	89.63	112.24	18.65	6.22	0.00	0.00	10.95	5.01	47.68	116.76	256.26	725.33
1998	609.75	141.84	111.43	114.02	65.97	0.00	2.95	0.00	0.26	9.96	54.41	52.51	56.41	609.75
1999	852.66	181.40	210.25	119.06	45.19	0.49	0.00	0.12	3.82	37.55	56.42	68.07	130.28	852.66
2000	717.25	134.27	150.48	102.70	29.14	1.14	13.21	0.43	3.86	9.93	105.48	31.14	135.48	717.25
2001	938.14	297.60	107.70	234.20	19.49	6.59	0.00	23.14	21.40	11.22	86.82	51.65	78.32	938.14
2002	844.58	115.11	184.21	136.65	48.74	15.89	10.49	47.19	6.15	37.13	65.69	71.28	106.05	844.58
2003	688.31	126.94	134.47	160.34	17.82	5.22	5.59	0.00	23.26	8.05	48.53	29.15	128.96	688.31
2004	679.12	190.41	138.06	40.40	36.16	1.89	20.35	19.44	8.40	26.63	39.26	65.21	92.90	679.12
2005	566.28	106.31	94.64	86.18	34.63	1.75	0.00	3.89	11.48	8.75	29.76	62.83	126.06	566.28
2006	671.07	163.01	110.26	110.03	52.75	0.23	10.43	0.00	1.23	4.14	52.45	77.37	89.18	671.07
2007	645.25	97.47	92.25	74.49	76.42	24.43	0.00	0.64	0.00	2.09	57.05	72.24	148.17	645.25
2008	648.90	117.06	99.27	71.58	14.44	6.54	1.20	0.00	6.78	11.65	97.99	128.47	93.92	648.90
2009	698.11	119.61	127.10	70.71	8.08	10.94	0.00	14.17	0.00	12.85	25.55	211.97	97.14	698.11
2010	720.25	205.54	138.12	105.62	18.78	0.85	3.70	2.42	2.49	8.61	63.73	38.90	131.50	720.25
2011	758.95	94.45	182.34	145.44	53.42	9.21	6.97	7.45	11.24	35.34	60.53	49.29	103.26	758.95
2012	674.97	103.82	135.44	84.25	36.18	1.37	2.13	3.35	0.00	34.35	20.41	103.06	150.60	674.97
2013	646.51	129.54	121.12	60.60	5.61	7.87	4.89	0.08	14.67	2.57	83.77	88.42	127.37	646.51
2014	593.00	121.42	110.13	64.18	41.80	8.03	0.00	0.00	1.17	10.38	56.78	33.94	145.16	593.00
2015	618.93	153.50	86.04	69.16	67.20	2.46	1.95	5.26	6.11	26.73	43.19	63.98	93.34	618.93
2016	637.94	119.43	195.73	57.80	20.38	5.95	0.24	2.45	14.43	10.81	58.37	71.82	80.54	637.94
2017	658.73	84.55	91.28	130.78	54.22	5.88	0.00	1.41	14.81	8.62	56.34	89.31	121.54	658.73
2018	645.04	116.56	152.26	112.22	30.23	2.49	19.45	15.84	22.11	6.83	59.17	50.40	57.48	645.04
2019	622.18	92.59	92.93	95.03	5.98	2.19	4.30	2.11	0.00	7.33	36.48	126.29	156.96	622.18
2020	641.50	119.48	156.87	129.92	2.83	25.90	0.32	0.00	0.65	4.45	32.54	48.49	120.04	641.50

#### d. Prueba de validación

Siguiendo el mismo procedimiento a nivel de comparación de la diferencia de promedios y la desviación estándar, con los nuevos datos obtenidos del periodo 1, con respecto al periodo 2,

**Tabla 25: Comprobación de variables estadísticas para consistencia en la media.**

Desviación estándar	Sd	34.21
Desviación estándar ponderado	Sp	125.60
Grados de libertad	Gl	52
Nivel de significancia	$\alpha$	0.05
“T” tabular de Studen	Tt	1.645
“T” calculado	Tc	<b>0.00</b>



**Tabla 26 : Comprobación de variables estadísticas para consistencia en la desviación estándar.**

Grados de libertad del numerador	Gln	25
Grados de libertad del denominador	Gld	27
Nivel de significancia	$\alpha$	0.05
“F” tabular de Fisher	Ft	1.921
“F” calculado	Fc	<b>1.00</b>

Finalmente se puede apreciar que entre las variables estadísticas de la media, desviación estándar y varianza; no existen diferencias entre los periodos 1 y 2. Por lo tanto los datos de la estación Anta ahora son consistentes (ver tabla 25).

**Tabla 27: Comprobación de variables estadísticas, media, desviación estándar y varianza.**

ESTACIÓN	Periodos	Nro. Datos	Media	Desv. est.	Varianza
ANTA	1967-1992	26.00	718.45	125.60	15774.21
	1993-2020	28.00	718.45	125.60	15774.21

### 9.5.1 Corrección de información por análisis de tendencia

Según Mejía (1991), señala que las tendencias son componentes determinísticas transitorias que se definen como un cambio sistemático y continuo sobre una muestra de información meteorológica en cualquier parámetro de la misma, que afectan las distribuciones y dependencias de series.

Para ello el registro de datos se analiza completamente, sin dividir en periodos como en el caso de análisis de consistencia. Al igual que el paso anterior, esta prueba analiza a tanto para la media y la desviación estándar si la información es mensual tal como la que se analizó en el presente estudio.

#### 1. Tendencia en la media

Variabes estadísticas

**Cálculo del estadístico  $T_c$  según:**



$$T_c = \frac{R * (n - 2)^{0.5}}{(1 - R^2)^{0.5}}$$

Dónde:

- $T_c$  = estadístico T calculado.  
 $n$  = número total de información.  
 $R$  = coeficiente de correlación muestral.

$$T_m = A_m + B_m * t$$

Ecuación de la corrección por tendencia

$$Y_t = X_t - (A_m + B_m * t) + \bar{X}$$

Dónde:

- $X_t$  = serie hidro-meteorológica analizada.  
 $Y_t$  = es la serie corregida (sin tendencia en la media).  
 $t = 1, 2, \dots, n$  con  $n$  igual al tamaño muestral.

**Tabla 28: Valores estadísticos para análisis tendencias por la media.**

Media de datos	$y =$	61.105
Numero de datos	$n =$	648
Desviación estándar	$S_y =$	63.406
Media del tiempo como variable independiente	$t =$	324.5
Desviación estándar del tiempo	$S_t =$	187.206
Promedio entre los datos y el tiempo	$\bar{y}_t =$	19153.17
Coeficiente de determinación	$R^2 =$	0.003
Grados de libertad	$G_l =$	646
"T" calculado	<b><math>T_c =</math></b>	<b>1.449</b>
"T" tabular de Studen	<b><math>T_t =</math></b>	<b>1.645</b>
	$B_m$	-0.01928
Coeficientes de polinomios de regresión	$A_m$	67.36023

De acuerdo a los resultados obtenidos por análisis de tendencias, para la estación de Anta, (tabla 18), el  $T_c$  es menor a  $T_t$ , lo que indica que, la diferencia de promedios de los 648 datos mensuales de registro, no hay diferencias estadísticas al 95% de significancia, por tanto, no ameritaría su corrección.





## 2. Tendencia en la desviación estándar

Se realiza el análisis en la desviación estándar tal como se describe a continuación:

$$T_s = A_s + B_s * t$$

Esta ecuación es similar a la utilizada en el análisis de la tendencia en la media.

**Tabla 29: Valores estadísticos para análisis tendencias por la desviación estándar.**

Media de datos	y =	62.24
Numero de datos	n =	54
Desviación estándar	Sy =	18.63
Media del tiempo como variable independiente	tm =	27.5
Desviación estándar del tiempo	St =	15.73
Promedio entre los datos y el tiempo	ȳt =	1634.85
Coefficiente de determinación	R <sup>2</sup> =	0.06852
Grados de libertad	Gl =	52
"T" calculado	<b>Tc =</b>	<b>1.219</b>
"T" tabular de Studen	<b>Tt =</b>	<b>1.645</b>
Coeficientes de polinomios de regresión	B <sub>s</sub>	-0.310
	A <sub>s</sub>	70.763

De acuerdo a los resultados obtenidos por análisis de tendencias, para la estación de Anta (tabla 29), el Tc es menor a Tt, lo que indica que, la diferencia entre la desviación estándar de los 54 años registro, no existe diferencias estadísticas al 95% de significancia, por lo tanto, no procede su corrección; sin embargo, por ser todavía alto el valor de TC, procedimos a corregir a través de la relación matemática siguiente:

$$Tsd = Y * \bar{Y} / Tsi$$

Donde:

Tsd = Tendencia en la desviación estándar

Y = Valor de registro inicial del mes i.

$\bar{Y}$  = Promedio de los datos

Tsi = Tendencias parciales



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Finalmente, luego de todo el proceso de consistencias y tendencias, se ha obtenido el registro nuevo de la estación de Anta (tabla 28), correctamente corregido por tendencias.

De igual manera se ha realizado el mismo procedimiento de análisis por tendencias para los registros de las estaciones de Kayra, y Yauri, concluyendo que solo el registro restante de precipitación de la estación de Yauri si necesita corrección, (según los test de “t” de Studen y “F” de Fisher)



**“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E  
INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE  
ANTA – CUSCO, 2023”**



**Tabla 30: Registro corregido por tendencias de la estación Anta**

PRECIPITACION MEDIA MENSUAL COMPLETA (mm)														
Estacion : <b>ANCACHURO</b>				Latitud : 13° 28' 20.71" S						Departamento : CUSCO				
Tipo: CO-884				Longitud : 72° 13' 7.54" W						Provincia : ANTA				
				Altitud : 3.324 msnm						Distrito : ZURITE				
N° REG	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1967	62.4	120.6	164.4	53.0	10.4	2.1	17.0	12.6	2.0	87.1	80.4	107.0	<b>719.0</b>
2	1968	111.8	136.8	110.0	31.8	3.0	2.0	35.0	8.4	21.6	34.8	164.2	107.0	<b>766.4</b>
3	1969	148.4	104.2	159.2	29.8	0.0	3.2	9.4	0.0	24.6	28.0	109.6	110.5	<b>726.9</b>
4	1970	163.5	126.4	95.6	77.8	1.4	0.0	3.0	0.0	44.6	56.0	80.4	209.4	<b>858.1</b>
5	1971	159.8	151.6	94.6	36.2	1.0	0.1	0.0	9.8	1.4	66.4	71.8	149.5	<b>742.2</b>
6	1972	207.2	52.2	150.7	42.6	0.6	0.0	12.2	27.6	19.8	12.6	78.3	126.8	<b>730.6</b>
7	1973	219.6	191.2	107.2	72.6	12.0	2.8	10.4	8.7	17.2	26.0	101.2	118.8	<b>887.7</b>
8	1974	146.4	186.7	143.0	60.8	9.2	17.8	0.0	41.2	10.8	29.0	38.4	101.2	<b>784.5</b>
9	1975	107.6	198.2	89.2	79.5	13.0	1.4	0.0	1.0	27.0	28.0	55.0	207.2	<b>807.1</b>
10	1976	143.7	112.1	138.8	52.4	11.0	10.4	27.0	0.0	29.0	9.2	48.0	90.0	<b>671.6</b>
11	1977	118.4	127.3	113.3	51.0	4.2	0.0	0.0	5.0	20.4	84.4	175.0	125.1	<b>824.1</b>
12	1978	172.2	93.2	142.8	60.5	13.2	0.0	0.0	0.0	16.5	7.4	103.0	104.6	<b>713.4</b>
13	1979	80.0	123.0	140.0	49.4	10.6	0.0	0.0	6.6	12.0	22.0	95.6	113.6	<b>652.8</b>
14	1980	98.0	118.0	154.8	15.4	4.0	0.0	1.0	2.2	2.4	76.8	92.0	93.8	<b>658.4</b>
15	1981	156.5	101.6	150.5	113.5	5.7	2.0	0.0	10.7	35.0	86.3	78.9	105.7	<b>846.4</b>
16	1982	236.7	140.8	117.4	30.9	0.2	2.6	16.7	2.6	19.2	81.8	136.1	127.9	<b>912.7</b>
17	1983	118.8	195.1	111.4	13.6	2.6	15.1	2.4	21.6	11.9	25.0	96.0	210.6	<b>824.1</b>
18	1984	88.8	122.6	100.4	32.0	11.7	13.6	0.0	0.4	22.7	110.7	65.0	92.2	<b>660.0</b>
19	1985	79.0	83.0	57.0	57.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	52.8	128.3	132.7	<b>612.8</b>
20	1986	100.1	152.1	115.8	44.8	18.7	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8	62.5	80.8	<b>599.6</b>
21	1987	190.1	134.2	73.2	0.0	0.0	5.8	33.4	0.0	0.0	25.2	100.6	165.0	<b>727.5</b>
22	1988	223.3	138.5	241.5	93.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.1	43.0	107.3	<b>855.3</b>
23	1989	191.3	97.6	136.4	30.2	26.3	0.0	0.0	4.4	6.1	24.2	50.0	34.9	<b>601.4</b>
24	1990	129.8	59.3	24.6	3.2	0.0	36.6	0.0	16.6	15.0	122.4	86.8	36.6	<b>530.9</b>
25	1991	53.9	180.3	123.0	27.5	0.0	23.3	0.0	0.0	4.4	44.6	93.3	69.0	<b>619.3</b>
26	1992	130.6	136.0	40.8	18.8	3.8	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	<b>346.8</b>
27	1993	80.9	239.1	59.9	20.0	3.8	0.0	0.0	12.7	33.1	107.3	125.2	315.6	<b>997.8</b>
28	1994	313.5	204.8	223.3	26.2	17.3	0.0	0.0	0.2	21.1	46.4	99.2	136.3	<b>1,088.1</b>
29	1995	143.7	35.1	166.0	14.7	1.3	3.8	0.4	0.0	16.8	11.5	69.8	231.3	<b>694.6</b>
30	1996	259.9	225.4	77.0	18.3	3.0	0.4	0.1	8.3	11.8	27.6	54.7	146.7	<b>833.4</b>
31	1997	61.9	89.6	112.2	18.6	6.2	0.0	0.0	10.9	5.0	47.7	116.8	256.3	<b>725.3</b>
32	1998	141.8	111.4	114.0	66.0	0.0	2.9	0.0	0.3	10.0	54.4	52.5	56.4	<b>609.7</b>
33	1999	181.4	210.3	119.1	45.2	0.5	0.0	0.1	3.8	37.5	56.4	68.1	130.3	<b>852.7</b>
34	2000	134.3	150.5	102.7	29.1	1.1	13.2	0.4	3.9	9.9	105.5	31.1	135.5	<b>717.2</b>
35	2001	297.6	107.7	234.2	19.5	6.6	0.0	23.1	21.4	11.2	86.8	51.7	78.3	<b>938.1</b>
36	2002	115.1	184.2	136.7	48.7	15.9	10.5	47.2	6.1	37.1	65.7	71.3	106.0	<b>844.6</b>
37	2003	126.9	134.5	160.3	17.8	5.2	5.6	0.0	23.3	8.1	48.5	29.1	129.0	<b>688.3</b>
38	2004	190.4	138.1	40.4	36.2	1.9	20.4	19.4	8.4	26.6	39.3	65.2	92.9	<b>679.1</b>
39	2005	106.3	94.6	86.2	34.6	1.8	0.0	3.9	11.5	8.8	29.8	62.8	126.1	<b>566.3</b>
40	2006	163.0	110.3	110.0	52.8	0.2	10.4	0.0	1.2	4.1	52.4	77.4	89.2	<b>671.1</b>
41	2007	97.5	92.2	74.5	76.4	24.4	0.0	0.6	0.0	2.1	57.1	72.2	148.2	<b>645.3</b>
42	2008	117.1	99.3	71.6	14.4	6.5	1.2	0.0	6.8	11.7	98.0	128.5	93.9	<b>648.9</b>
43	2009	119.6	127.1	70.7	8.1	10.9	0.0	14.2	0.0	12.8	25.6	212.0	97.1	<b>698.1</b>
44	2010	205.5	138.1	105.6	18.8	0.9	3.7	2.4	2.5	8.6	63.7	38.9	131.5	<b>720.3</b>
45	2011	94.5	182.3	145.4	53.4	9.2	7.0	7.4	11.2	35.3	60.5	49.3	103.3	<b>759.0</b>
46	2012	103.8	135.4	84.2	36.2	1.4	2.1	3.4	0.0	34.4	20.4	103.1	150.6	<b>675.0</b>
47	2013	129.5	121.1	60.6	5.6	7.9	4.9	0.1	14.7	2.6	83.8	88.4	127.4	<b>646.5</b>
48	2014	121.4	110.1	64.2	41.8	8.0	0.0	0.0	1.2	10.4	56.8	33.9	145.2	<b>593.0</b>
49	2015	153.5	86.0	69.2	67.2	2.5	2.0	5.3	6.1	26.7	43.2	64.0	93.3	<b>618.9</b>
50	2016	119.4	195.7	57.8	20.4	6.0	0.2	2.4	14.4	10.8	58.4	71.8	80.5	<b>637.9</b>
51	2017	84.5	91.3	130.8	54.2	5.9	0.0	1.4	14.8	8.6	56.3	89.3	121.5	<b>658.7</b>
52	2018	116.6	152.3	112.2	30.2	2.5	19.5	15.8	22.1	6.8	59.2	50.4	57.5	<b>645.0</b>
53	2019	92.6	92.9	95.0	6.0	2.2	4.3	2.1	0.0	7.3	36.5	126.3	157.0	<b>622.2</b>
54	2020	119.5	156.9	129.9	2.8	25.9	0.3	0.0	0.6	4.5	32.5	48.5	120.0	<b>641.5</b>



#### 6.9.4. Regionalización De Parámetros Climáticos

##### 6.9.4.1. Precipitación:

Si bien existen varios métodos que conllevan a determinar la precipitación en un determinado lugar, consideramos que el método de Precipitación -Altitud es más idóneo para nuestra zona de estudio, pues hace uso de la técnica determinística entre dos variables, que permiten obtener ecuaciones integradas a la topografía (curvas de nivel); obteniendo predicción de valores de precipitación en función a la altitud ( $P=f(A)$ ), con un cierto grado de aproximación a las condiciones geográficas de la zona. Para ello se tiene en primer lugar identificar la ubicación de cada estación meteorológica.

*Tabla 31: Ubicación de las estaciones meteorológicas*

NOMBRE	TIPO	UBICACIÓN			LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
		Dpto.	Provincia	Distrito	(°,')	(°,')	(msnm)
KAYRA	MAP-607	CUSCO	CUSCO	SAN JERÓNIMO	13° 33' 25"	71° 52' 31"	3,219
ANTA	CO-884	CUSCO	ANTA	ZURITE	13° 28' 20.71"	72° 13' 7.54"	3324
YAURI	CO	CUSCO	ESPINAR	ESPINAR	14° 49' 01"	71° 25' 01"	3,927

Fuente: SENAMHI

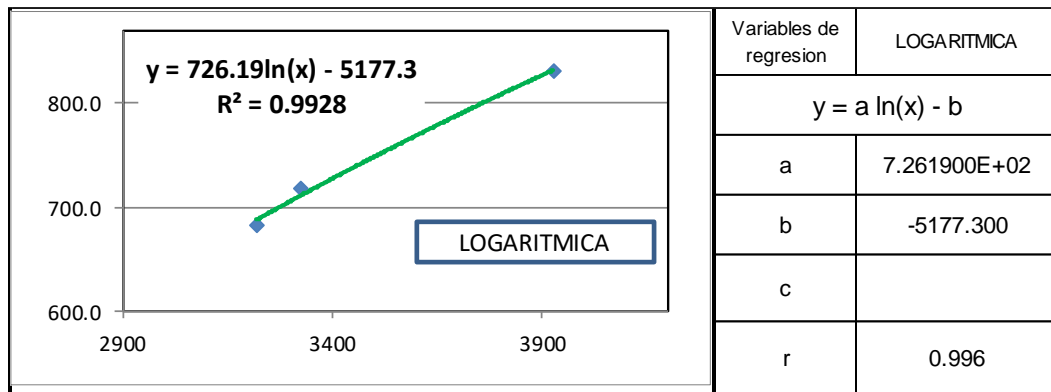
*Tabla 32: Información básica de las estaciones en estudio para regionalizar.*

ESTACIÓN	ALTITUD	PRECIPITACIÓN ANUAL
	msnm	mm
KAYRA	3219	682.08
ANTA	3324	718.45
YAURI	3927	831.26

Observado el cuadro anterior, podemos señalar que, a nivel regional, la precipitación anual, tiene un comportamiento orográfico, dominado por la cadena de montañas que rodea la zona de estudio, realizando un análisis de regresión, estas estaciones se justan mejor a la ecuación de regionalización anual de tipo **Logarítmica**, con un coeficiente de correlación “r” muy alto de 0.996. tal como se observa en la gráfica siguiente, obteniendo finalmente la tabla de resultados precipitación - altitud (tabla 32).



Gráfico 9: Ecuación de tendencia polinómica de la precipitación



A través de la ecuación seleccionada se tiene la correlación para las diversas altitudes de la cuenca Conchacalla.

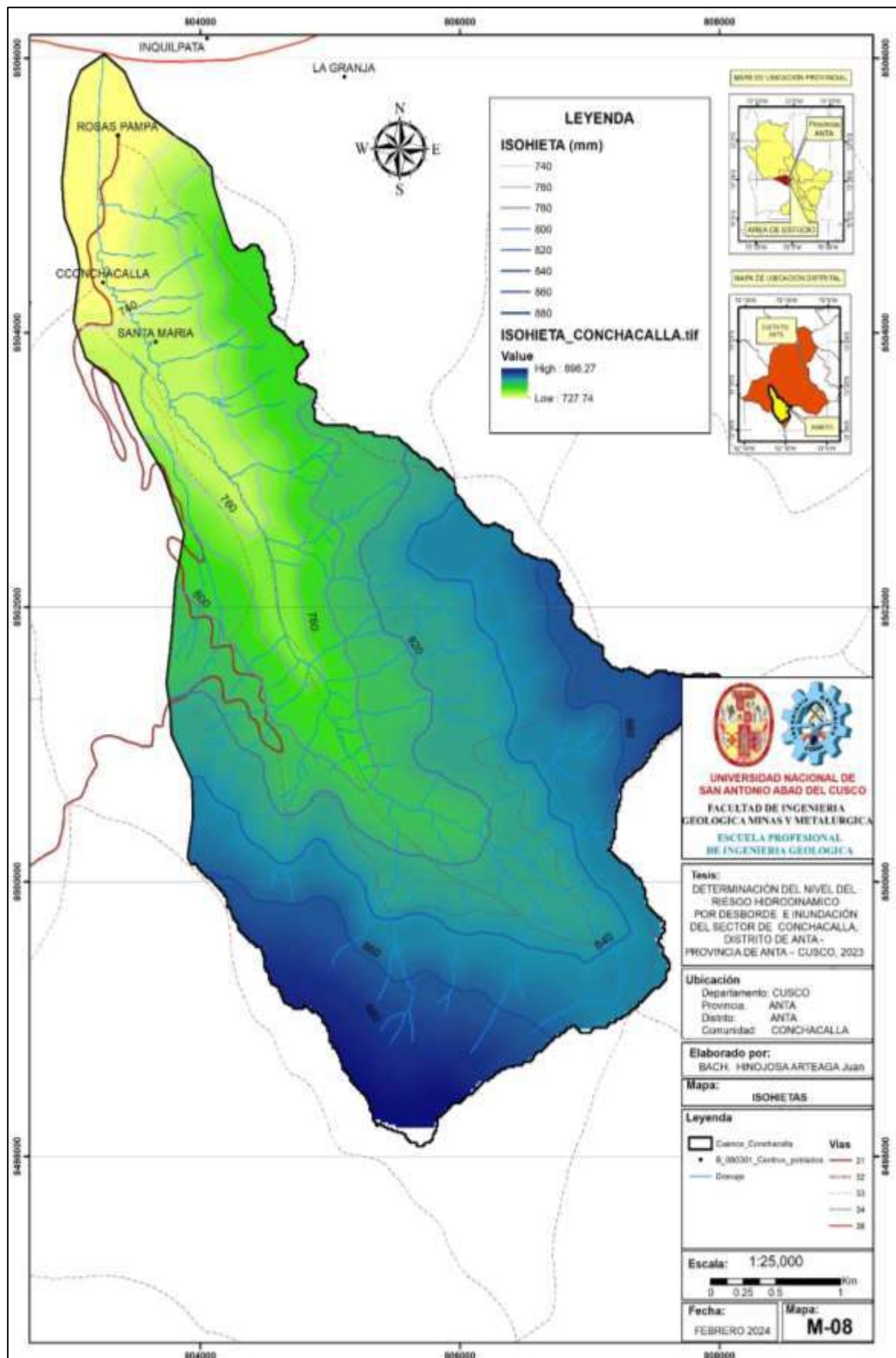
Tabla 33: Precipitación altitud

ALTITUD	PRECIPITACIÓN mm	ALTITUD	PRECIPITACIÓN mm
3350	660.86	3850	776.06
3400	670.58	3900	789.78
3450	680.70	3950	803.90
3500	691.22	4000	818.42
3550	702.14	4050	833.34
3600	713.46	4100	848.66
3650	725.18	4150	864.38
3700	737.30	4200	880.50
3750	749.82	4250	897.02
3800	762.74	4300	913.94





Lamina 8: MAPA DE ISOHIETAS





Para el proceso de regionalización de la precipitación mensual, se ha utilizado el método de **regresión lineal múltiple**, tomando para ello factores de corrección: por altitud, por distancia y altitud-precipitación. En el cuadro siguiente se resume todo el proceso de cálculo, obteniendo finalmente los factores de influencia total correspondiente a cada estación versus la zona de estudio.

**Tabla 34: Parámetros de regionalización precipitación, altitud – distancia**

ESTACIÓN	ALTITUD	COORDENADAS UTM		PRECIPITACIÓN HISTÓRICA (mm/año)	PRECIPITACIÓN CORREGIDA (mm/año)	DIST. HORIZ. CUENCA-ESTACION $d_i$ (m)	DIFERENCIA DE ALTITUD ENTRE PUNTO INTERES - ESTACIONES	FACTOR DE PROPORCIONALIDAD DE PRECIPITACION	
		ESTE	NORTE	$P_{hist.}$	$P_{correg.}$		$h_i$ (m)	Nº Ecuacion	3
								Forma Ecuacion	$Y = a \ln(X) - b$
KAYRA	3,219.00	188,781.32	8,499,423.46	682.08	688.01	616,472.71	623.00	Constantes necesarias para extrapolar la precipitación:	$a = 1,152.0$ $b = -8734.00$ $c =$
ANCACHURO	3,324.00	801,138.90	8,508,899.10	718.45	711.32	8,451.31	518.00		
YAURI	3,927.00	239,862.69	8,360,497.53	831.26	832.38	582,708.66	85.00		
					$\Sigma$	1,207,632.69	1,226.00		

**Tabla 35: Parámetros de influencia precipitación, altitud – distancia**

FACTOR DE INFLUENCIA POR TRANSPORTE DE PRECIPITACION POR ALTITUD	FACTORES DE INFLUENCIA POR DISTANCIA Y ALTITUD DE ESTACIONES A PUNTO INTEREZ					FACTOR DE INFLUENCIA TOTAL $F_t = F_p + F_{dh}$
	Proporcion Inversa Distancia		Proporcion Inversa diferencia de alturas		FACTOR INFLUENCIA POR DIST. Y ALTITUD $F_{dh} = (F_d + F_h)/2$	
	$f_{1i} = \sum (d_i)/d_i$	$F_d = (f_{1i}/\sum f_{1i})$	$f_{2i} = \sum (h_i)/h_i$	$F_h = (f_{2i}/\sum f_{2i})$		
$F_p = \frac{P_{correg} \text{Cuenca.}}{P_{correg} \text{Estac.}}$						
1.197	1.96	0.0133	1.9679	0.1049	0.0591	<b>0.071</b>
1.136	142.89	0.9726	2.3668	0.1262	0.5494	<b>0.624</b>
0.982	2.07	0.0141	14.4235	0.7689	0.3915	<b>0.385</b>
	<b>146.92</b>	<b>1.00</b>	<b>18.76</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.0000</b>	<b>1.080</b>

A través de la siguiente ecuación de regresión múltiple se ha obtenido las precipitaciones mensuales para cada altitud de la cuenca.

$$Y = 0.071 * E_1 + 0.624 * E_2 + 0.385 * E_3$$

Donde:

E1 = Información estación Kayra

E2 = Información estación Anta

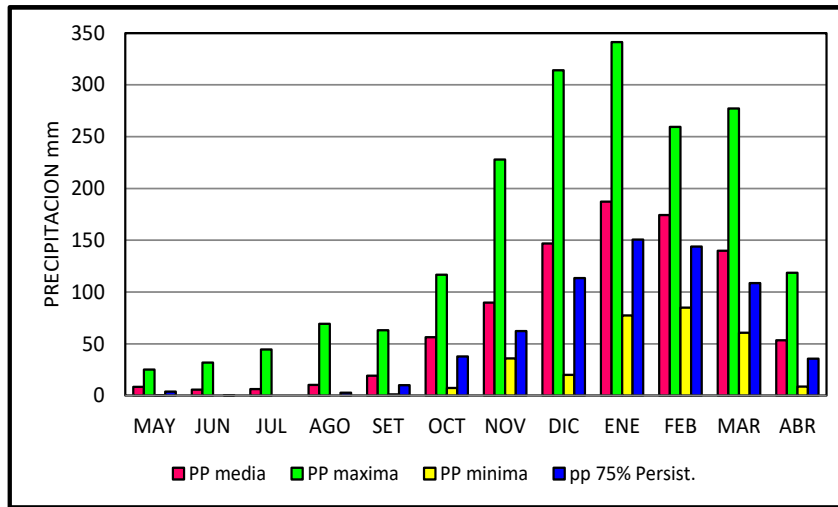
E3 = Información estación Yauri



**Tabla 36: Datos geográficos de la altitud media cuenca Conchacalla.**

	Altitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PP mm
Altitud mínima	3400	146.3	135.8	113.4	40.1	6.6	4.9	5.6	7.4	15.7	49.9	80.0	122.2	727.74
Altitud media	3842	172.2	161.0	127.5	49.7	7.8	5.2	5.5	10.0	17.3	49.4	78.7	132.3	816.49
Altitud máxima	4300	187.3	174.4	140.0	53.3	8.5	5.7	6.3	10.4	19.2	56.4	89.9	146.9	898.27

**Gráfico 10: Hietograma de precipitación total mensual de la Cuenca Conchacalla**





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



**Tabla 37: Registro de precipitación media mensual regionalizada para la cuenca Conchacalla.**

<b>PRECIPITACION MEDIA MENSUAL - CONCHACALLA (mm)</b>															
<b>CUENCA CONCHACALLA</b>					<b>Latitud :</b>	13°32'19.25"	<b>S</b>	<b>Departamento :</b>							CUSCO
					<b>Longitud :</b>	72°10'48.13"	<b>W</b>	<b>Provincia :</b>							ANTA
					<b>Altitud :</b>	4,300	<b>msnm</b>	<b>Distrito :</b>							ANTA
<b>N° REG.</b>	<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>TOTAL</b>	
1	1,967	77.3	138.8	200.3	56.2	11.8	1.7	17.7	18.4	16.9	105.6	77.0	134.6	856.3	
2	1,968	180.9	148.0	125.9	33.3	3.2	3.7	34.8	12.5	21.8	60.6	175.7	116.1	916.7	
3	1,969	200.8	138.1	155.7	41.3	0.4	2.9	9.7	16.8	21.8	25.4	110.0	130.0	853.0	
4	1,970	164.5	194.8	104.5	92.8	1.4	0.1	2.8	2.4	63.0	52.1	73.8	231.4	983.4	
5	1,971	194.0	227.8	118.6	48.8	1.0	0.9	0.0	8.2	1.6	61.1	63.1	168.6	893.5	
6	1,972	241.4	103.1	164.5	46.4	1.0	0.0	14.9	27.2	24.2	26.6	85.3	158.7	893.4	
7	1,973	289.5	253.4	158.8	113.4	15.1	2.1	10.0	9.8	32.8	35.4	107.0	129.9	1157.2	
8	1,974	196.4	235.9	179.0	68.9	8.2	19.9	0.1	69.2	17.1	34.8	41.2	104.5	975.3	
9	1,975	150.3	235.7	114.5	107.8	23.1	3.6	0.0	0.8	27.7	30.7	62.0	210.5	966.8	
10	1,976	186.5	154.2	159.8	53.9	13.9	21.0	20.3	10.5	50.2	11.1	50.4	99.9	831.5	
11	1,977	124.6	180.5	121.3	45.0	4.9	0.0	3.4	3.7	24.1	94.0	159.4	122.4	883.3	
12	1,978	230.6	99.7	136.0	62.5	11.5	0.0	0.5	0.0	14.3	7.3	93.3	179.8	835.6	
13	1,979	162.8	159.3	153.2	47.9	11.1	0.0	0.1	21.5	13.7	29.2	86.2	142.0	827.0	
14	1,980	154.5	165.7	175.9	31.1	6.5	0.0	1.5	19.8	6.2	67.1	84.7	115.4	828.5	
15	1,981	207.7	136.1	160.5	105.7	1.8	2.1	1.7	13.8	37.3	84.1	100.3	145.6	996.7	
16	1,982	254.7	149.5	149.7	44.9	6.1	4.8	15.8	2.6	17.1	68.7	132.8	175.8	1022.7	
17	1,983	152.0	200.9	123.5	36.6	12.2	17.3	1.9	22.1	22.1	36.6	81.6	212.2	918.9	
18	1,984	150.4	183.3	125.9	88.3	11.3	10.4	3.3	4.4	24.1	109.4	67.4	123.1	901.5	
19	1,985	174.5	118.7	82.1	61.8	7.2	2.0	0.1	9.5	24.8	75.2	137.8	154.7	848.5	
20	1,986	143.1	173.6	184.6	48.8	16.5	1.6	1.0	0.6	1.7	24.0	61.6	112.1	769.3	
21	1,987	263.7	117.0	71.6	10.1	0.3	8.8	34.2	8.2	2.0	31.6	103.4	189.2	840.1	
22	1,988	282.0	176.6	239.6	118.6	5.5	3.1	2.1	0.0	3.4	18.8	43.1	130.2	1023.0	
23	1,989	273.6	130.5	146.4	66.1	24.8	5.6	0.4	4.2	9.3	30.2	84.5	59.6	835.1	
24	1,990	175.9	135.3	60.8	22.7	4.0	31.8	3.0	16.3	19.5	110.4	96.4	75.5	751.7	
25	1,991	129.4	213.2	137.4	36.4	5.9	31.2	0.2	0.0	21.8	42.5	203.0	102.1	923.3	
26	1,992	176.1	203.8	107.5	44.9	8.0	17.8	0.0	17.5	1.1	26.2	40.7	20.1	663.7	
27	1,993	175.6	228.3	98.1	54.9	4.7	0.0	0.6	15.3	29.7	116.6	164.7	314.1	1202.7	
28	1,994	324.7	246.9	252.4	44.1	19.9	0.0	0.0	0.1	26.4	44.5	101.0	150.8	1210.8	
29	1,995	177.7	84.9	204.6	39.7	1.9	2.9	0.4	1.1	20.8	28.9	74.0	228.2	865.0	
30	1,996	264.1	242.5	102.5	49.4	9.2	0.3	0.1	13.7	15.9	38.7	64.2	162.0	962.7	
31	1,997	143.1	152.5	136.0	39.8	6.3	0.0	0.0	17.6	17.9	46.5	144.8	251.6	956.2	
32	1,998	192.4	153.6	117.4	58.0	0.2	3.3	0.0	1.6	8.3	63.2	61.3	65.8	725.2	
33	1,999	193.8	244.3	153.4	80.5	1.7	0.5	0.2	3.1	49.5	61.9	71.0	164.3	1024.3	
34	2,000	179.9	194.8	145.9	36.7	2.6	12.5	0.7	7.6	10.9	111.1	36.0	167.2	905.9	
35	2,001	341.2	179.6	277.1	52.1	17.0	0.3	21.1	18.9	12.6	80.6	60.3	92.8	1153.7	
36	2,002	140.9	259.4	166.0	61.5	22.2	8.3	44.4	5.1	42.4	78.2	93.6	144.2	1066.3	
37	2,003	173.5	194.6	202.8	33.2	6.0	5.3	0.0	22.1	18.0	44.6	49.1	155.7	904.9	
38	2,004	237.0	175.2	67.1	45.8	1.7	18.6	20.4	13.3	31.3	41.3	75.7	116.1	843.6	
39	2,005	136.4	146.8	121.5	44.6	2.1	6.8	3.1	10.7	9.0	46.0	68.8	161.7	757.6	
40	2,006	247.2	143.2	160.2	60.1	0.7	10.2	0.0	5.6	10.3	68.6	88.2	127.3	921.6	
41	2,007	135.0	121.3	106.1	89.2	20.5	0.0	2.2	0.0	7.1	58.6	78.3	161.7	780.1	
42	2,008	168.1	124.7	86.3	12.2	7.7	3.1	0.0	5.6	10.6	94.6	116.4	122.4	751.8	
43	2,009	138.6	164.6	97.7	23.8	10.7	0.0	11.5	0.1	12.3	34.9	228.0	128.5	850.5	
44	2,010	247.5	181.4	134.8	27.0	5.4	2.8	2.0	2.5	8.1	62.4	46.5	180.7	901.0	
45	2,011	127.1	243.7	173.0	73.8	10.8	5.6	6.7	8.4	43.8	56.0	70.1	138.2	957.1	
46	2,012	144.9	213.4	133.1	59.2	5.5	1.8	2.5	0.0	32.7	28.4	121.2	178.7	921.4	
47	2,013	178.0	164.6	83.0	8.8	10.2	9.3	1.5	19.4	2.8	86.2	95.4	169.2	828.5	
48	2,014	160.7	136.1	84.1	43.1	10.4	0.0	2.3	2.8	23.5	83.8	36.8	192.9	776.6	
49	2,015	199.9	122.1	100.4	104.2	9.0	2.1	5.8	11.1	29.1	45.0	63.2	133.3	825.2	
50	2,016	141.2	223.8	72.4	56.7	5.4	0.2	5.6	11.9	10.6	68.1	64.3	103.3	763.6	
51	2,017	135.4	120.2	171.0	70.6	13.6	0.8	2.2	12.2	13.1	66.3	97.5	157.8	860.6	
52	2,018	156.6	204.1	136.9	31.8	2.3	19.0	19.0	27.8	7.1	90.3	65.3	84.8	845.0	
53	2,019	126.4	148.9	116.2	33.4	7.5	3.4	3.4	0.0	9.9	53.0	121.3	184.9	808.2	
54	2,020	190.7	227.0	200.4	11.0	25.0	0.9	2.4	4.7	5.4	47.7	73.4	152.1	940.7	
		<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>		
N° Datos		54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	
Media		<b>187.3</b>	<b>174.4</b>	<b>140.0</b>	<b>53.3</b>	<b>8.5</b>	<b>5.7</b>	<b>6.3</b>	<b>10.4</b>	<b>19.2</b>	<b>56.4</b>	<b>89.9</b>	<b>146.9</b>	<b>898.27</b>	
Desv. Estandar		54.51	45.35	46.44	26.23	6.70	7.82	9.91	11.29	13.54	27.67	40.82	49.74	116.00	
Coef. Variacion		0.29	0.26	0.33	0.49	0.79	1.36	1.58	1.08	0.70	0.49	0.45	0.34	0.13	
Prec. Max.		341.2	259.4	277.1	118.6	25.0	31.8	44.4	69.2	63.0	116.6	228.0	314.1	341.2	
Prec. Min.		77.3	84.9	60.8	8.8	0.2	0.0	0.0	0.0	1.1	7.3	36.0	20.1	0.0	
PE. 75% persistencia		<b>150.53</b>	<b>143.76</b>	<b>108.62</b>	<b>35.62</b>	<b>3.94</b>	<b>0.47</b>	<b>0.00</b>	<b>2.79</b>	<b>10.09</b>	<b>37.71</b>	<b>62.30</b>	<b>113.36</b>	<b>669.19</b>	

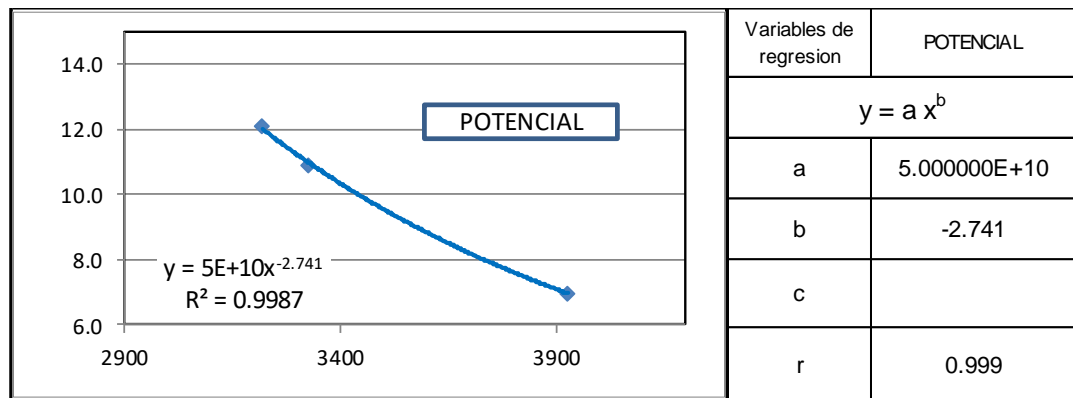


#### 6.9.4.2. Regionalización de la Temperatura.

Sea realizado a través del método de regresión potencial, para ello, las estaciones tomadas en cuenta para este proceso, tienen una amplitud de registro del año **1965** al **2018**. Alcanzado un coeficiente de correlación de **r** muy alto.

**Temperatura media mensual:** coeficiente de correlación de **r = 0.99** (muy alto), ( $Y=5E+10*X^{-2.741}$ ).

Gráfico 11: Comportamiento regional de la temperatura (orográfico)



A través de la siguiente ecuación de regresión múltiple se ha obtenido las temperaturas mensuales para cada altitud de la cuenca.

$$Y = 0.197 * E_1 + 0.731 * E_2 + 0.065 * E_3$$

Tabla 38: Temperatura media mensual (°C), cuenca Conchacalla

CUENCA	Altitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Altitud mínima	3200	13.89	13.89	13.68	12.73	10.84	9.45	9.20	10.54	12.21	13.58	14.15	13.95	12.34
Altitud media	3900	8.67	8.55	8.48	7.72	6.00	4.53	4.46	5.32	6.93	8.06	8.72	8.66	7.18
Altitud máxima	4420	5.98	5.93	5.88	5.40	4.35	3.49	3.42	4.01	4.96	5.66	6.04	5.99	5.09

Fuente: Elaboración propia.

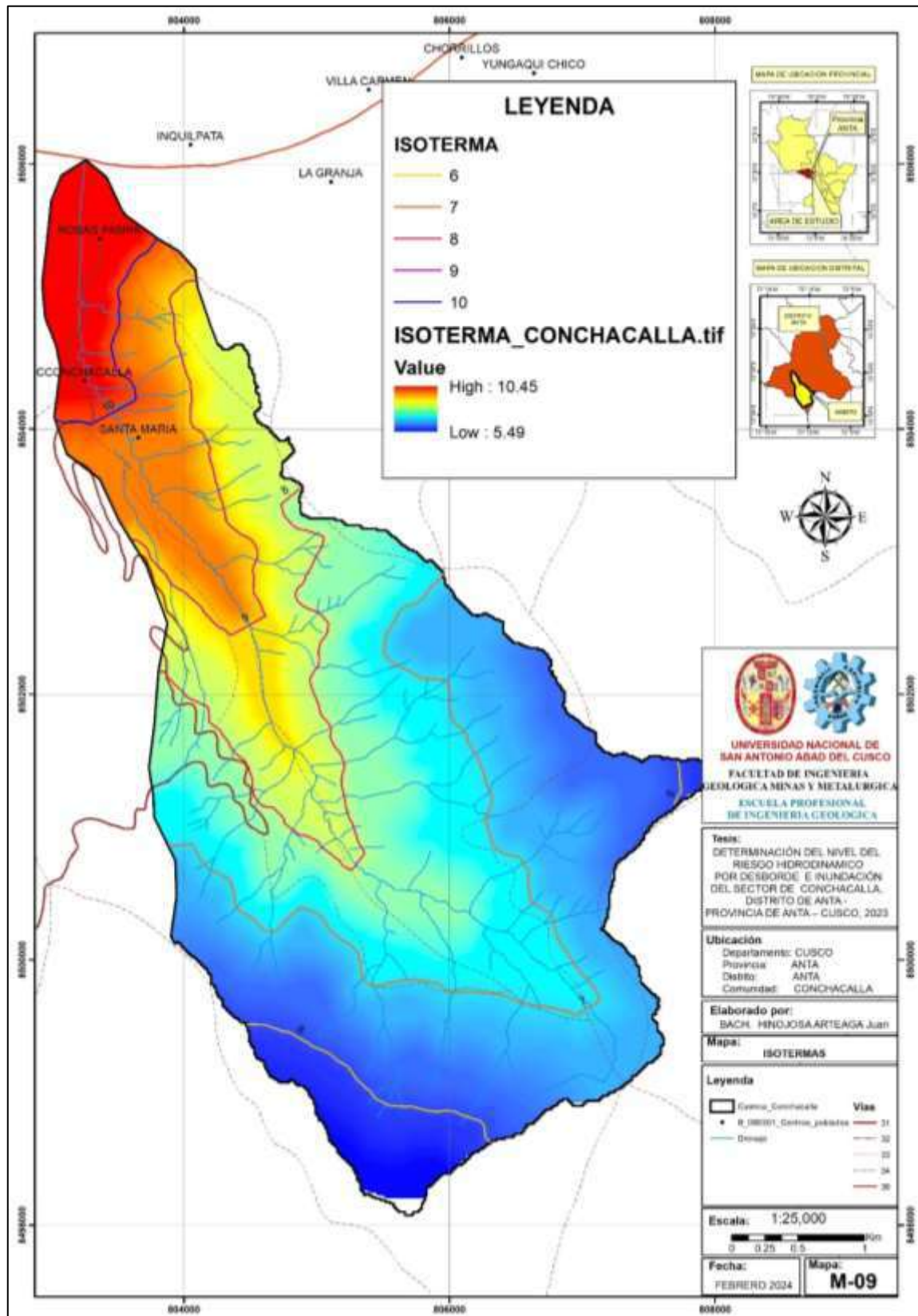




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 9: MAPA DE ISOTERMAS





### 6.9.4.3. Humedad Relativa:

Para el proceso de regionalización, se ha contado con información de las estaciones de Kayra, Anta y Yauri, obteniendo un coeficiente de correlación de  $r = 0.85$  (alto), con  $Y = -0.014 + 74.872 \cdot (x)$  de ecuación regional de humedad relativa media mensual, estimada para altitud media de la cuenca Conchacalla (3900 msnm):

**Tabla 39: Humedad Relativa (%), cuenca Conchacalla**

Cuenca	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total
Altitud media	74.7	76.2	75.7	73.5	69.6	66.8	65.7	64.2	64.4	65.3	65.9	70.8	69.41

Fuente: Elaboración propia.

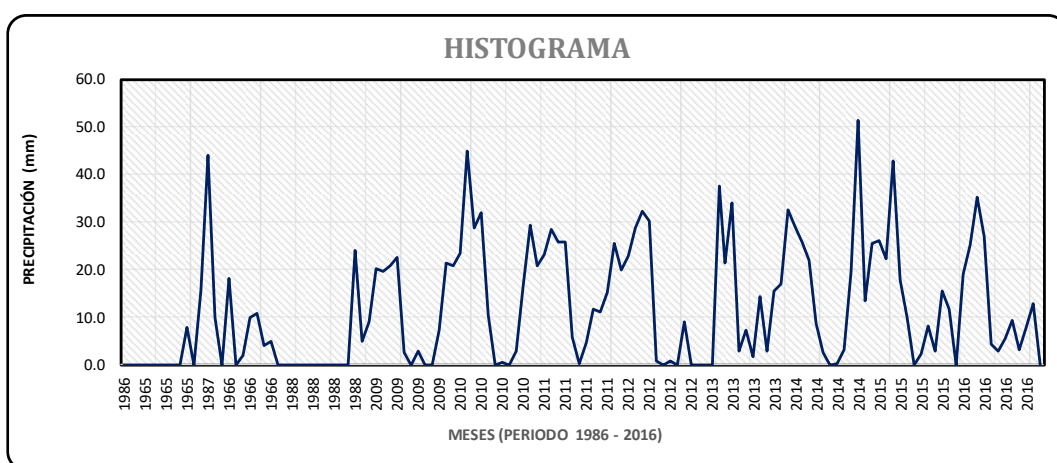
## 6.10. ANÁLISIS DE MÁXIMAS AVENIDAS

### 6.10.1. Introducción

El cálculo Análisis de Máximas Avenidas, tiene por finalidad, determinar los caudales máximos de diseño para diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, años, etc), y cuya estimación nos permitirá verificar el comportamiento hidráulico del río Conchacalla.

La cuenca en si no cuenta con información hidrométrica ni pluviométrica, sin embargo, cerca de esta, se encuentra la estación de Anta, el cual si cuenta con registro de precipitación máxima de 24 horas,

*Gráfico 12: Histograma precipitación máxima de 24 horas Estación de Anta*





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



**Tabla 40: Registro de precipitación máxima de 24 horas estación Anta**

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MÁX
1967	25.2	12.4	18.2	14.0	6.0	2.1	9.0	6.0	2.0	25.0	31.0	13.6	31.0
1968	23.0	21.6	23.0	16.2	2.0	2.0	35.0	4.0	10.0	15.0	25.0	22.4	35.0
1971	22.0	19.4	25.0	7.0	1.0	0.1	0.0	5.0	1.4	21.8	22.4	46.8	46.8
1972	26.6	13.0	20.0	10.0	0.6	0.0	6.6	9.0	12.0	5.0	31.7	28.8	31.7
1973	29.0	31.8	18.4	16.9	4.0	2.8	5.4	4.8	6.0	6.0	27.0	17.0	31.8
1974	23.0	28.0	30.0	14.0	5.4	10.8	0.0	10.0	6.0	13.0	10.0	18.0	30.0
1975	25.0	44.0	11.0	24.0	5.0	1.4	0.0	1.0	24.0	8.0	14.0	24.0	44.0
1977	33.0	24.0	30.0	22.0	2.4	0.0	0.0	4.0	6.4	22.0	27.2	22.0	33.0
1978	22.0	13.6	25.0	21.8	11.0	0.0	0.0	0.0	7.3	6.0	40.0	23.0	40.0
1980	25.0	38.0	38.0	10.4	4.0	0.0	1.0	2.2	2.4	19.0	15.0	21.0	38.0
1981	29.0	17.7	30.2	25.0	3.5	2.0	0.0	5.0	21.0	39.5	16.4	26.0	39.5
1985	17.0	18.0	17.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.0	20.0	17.2	30.8	30.8
1987	25.8	18.5	24.2	0.0	0.0	1.8	19.0	0.0	0.0	7.5	19.0	34.4	34.4
1993	12.9	39.4	23.1	10.8	4.8	0.0	0.0	8.4	22.6	23.4	20.8	32.3	39.4
1994	35.6	39.8	41.4	5.0	10.6	2.1	0.0	0.3	15.3	15.8	29.1	35.0	41.4
1995	25.2	9.4	27.2	18.6	1.5	3.6	0.4	0.0	14.2	15.6	24.3	36.0	36.0
1996	67.4	41.6	20.6	8.8	4.8	0.6	0.2	5.1	7.6	7.2	24.6	30.2	67.4
1997	29.7	19.4	35.7	13.8	8.8	0.0	0.0	12.4	6.1	22.2	23.5	56.7	56.7
1998	31.1	20.2	25.4	9.4	0.0	3.4	0.0	0.3	7.3	13.0	19.2	11.2	31.1
1999	34.5	53.1	38.7	18.6	0.8	0.0	0.2	3.4	16.4	24.2	18.6	32.8	53.1
2000	22.8	30.5	27.2	15.5	1.6	7.4	0.6	4.8	6.1	28.0	18.8	21.8	30.5
2001	31.7	29.4	47.2	11.0	5.7	0.0	20.6	12.2	10.8	26.4	38.2	18.6	47.2
2002	28.9	29.0	29.6	18.4	16.8	8.8	20.9	9.2	13.6	27.3	21.9	20.2	29.6
2003	33.9	22.4	22.8	10.8	4.7	5.7	0.0	10.4	8.3	25.8	8.2	24.8	33.9
2006	36.0	27.4	30.3	16.5	0.3	13.6	0.0	1.6	3.3	21.5	20.4	19.9	36.0
2007	28.9	19.5	29.7	13.5	28.1	0.0	0.6	0.0	2.6	21.8	20.5	36.8	36.8
2008	21.9	20.5	30.1	5.9	7.4	1.1	0.0	6.1	11.7	24.4	29.8	14.2	30.1
2009	20.2	27.2	20.5	8.2	14.9	0.0	5.9	0.0	5.5	12.3	40.1	24.3	40.1
2010	49.6	19.8	20.4	10.5	0.7	5.2	2.2	1.4	10.1	17.4	21.5	23.4	49.6
2011	24.6	54.3	31.7	16.7	8.2	6.1	9.1	15.1	13.5	31.0	17.4	16.1	54.3
2013	35.7	28.7	17.1	1.9	6.8	1.8	0.1	8.1	1.3	25.2	21.3	29.1	35.7
2014	30.6	18.8	12.2	11.2	5.6	0.0	0.0	0.7	3.4	27.9	15.9	35.6	35.6
2015	30.3	20.5	20.8	14.2	1.6	2.3	5.1	3.1	7.5	20.2	21.3	12.9	30.3
2016	24.3	41.7	14.8	6.8	4.4	0.2	2.8	15.6	12.1	15.8	34.5	20.6	41.7
2017	22.9	13.1	36.2	33.3	3.8	0.0	1.8	8.9	8.5	15.5	21.5	31.9	36.2
<b>Fuente: SENAMHI.</b>													
<b>MEDIA</b>	28.7	26.5	26.1	13.7	5.3	2.4	4.2	5.1	9.1	19.1	23.1	26.1	38.8
<b>DESV STD</b>	9.4	11.4	8.3	6.9	5.7	3.4	8.0	4.6	6.0	8.0	7.7	9.7	8.9
<b>P. MÁXIMA</b>	67.4	54.3	47.2	33.3	28.1	13.6	35.0	15.6	24.0	39.5	40.1	56.7	67.4
<b>P. MÍNIMA</b>	12.9	9.4	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	8.2	11.2	29.6

**6.10.2. Prueba De Outliers O Datos Dudosos.**

Para ello se ha utilizado la metodología propuesta por Outliers, para la corrección de datos dudosos en registros de 24 horas, el cual ubica puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. Estos pueden darse debido a errores en la toma del registro o en la recolección de datos que causan dificultad al momento de ajustar una distribución a los datos.



**Tabla 41:** Precipitación máxima 24h de máxima anual

PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS			
N	AÑO	P 24hr	Log(P24 hr)
1	1967	31	1.491
2	1968	35	1.544
3	1971	46.8	1.670
4	1972	31.7	1.501
5	1973	31.8	1.502
6	1974	30	1.477
7	1975	44	1.643
8	1977	33	1.519
9	1978	40	1.602
10	1980	38	1.580
11	1981	39.5	1.597
12	1985	30.8	1.489
13	1987	34.4	1.537
14	1993	39.4	1.595
15	1994	41.4	1.617
16	1995	36	1.556
<b>17</b>	<b>1996</b>	<b>67.4</b>	<b>1.829</b>
18	1997	56.7	1.754
19	1998	31.1	1.493
20	1999	53.1	1.725
21	2000	30.5	1.484
22	2001	47.2	1.674
23	2002	29.6	1.471
24	2003	33.9	1.530
25	2006	36	1.556
26	2007	36.8	1.566
27	2008	30.1	1.479
28	2009	40.1	1.603
29	2010	49.6	1.695
30	2011	54.3	1.735
31	2013	35.7	1.553
32	2014	35.6	1.551
33	2015	30.3	1.481
34	2016	41.7	1.620
35	2017	36.2	1.559

Mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones de frecuencia, se ha procedido a detectar la presencia de datos dudosos altos y bajos:

$$yH = \hat{y} + K_n * S_y$$

$$yL = \hat{y} - K_n * S_y$$

Donde  $yH$  es el umbral de datos dudosos altos,  $yL$  es el umbral de dato dudoso bajo y  $K_n$  es tal como se muestra en la tabla 1, para un tamaño de muestra  $n$ .



**Tabla 42: Valores de  $K_n$  para la prueba de datos dudosos**

Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$	Tamaño de muestra $n$	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

De acuerdo a los parámetros estadísticos de los datos del registro,

**Tabla 43: Parámetros estadísticos de registro de 24 horas**

PARÁMETROS ESTADÍSTICOS	P24hr	Log(P24hr)
Número de datos (n)	35	35
Sumatoria	1358.70	55.279
Valor Máximo	67.40	1.83
Valor Mínimo	29.600	1.47
Media:	38.820	1.58
Varianza:	78.862	0.008
Desviación Estándar:	8.880	0.090
Coefficiente Variación:	0.229	0.057
Coefficiente de Sesgo:	1.43	0.96
Se Considera:	Aplicar pruebas para detectar datos dudosos altos y bajos	

**Umbral de datos dudosos Altos ( $X_H$ : Unidad logarítmica.)**

$n = 35$  ,  $K_n = 2.628$  (significancia 10%)

$$X_H = \bar{X} + K_n * S$$

$$X_H = 1.82$$





Precipitación Máxima Aceptada:

$$P_H = 10^{X_H} \text{ (Logarítmica).}$$

$$P_H = 65.505 \text{ mm}$$

- Existen datos dudosos altos en la muestra, por lo tanto, requiere su eliminación del registro.

**Umbral de datos dudosos Bajos** ( $X_H$ : Unidad logarítmica.)

$$X_L = \bar{X} - K_n * S$$

$$H_L = 1.34$$

Precipitación Mínimo Aceptado:

$$P_L = 10^{X_L} \text{ (Logarítmica).}$$

$$P_L = 22.005 \text{ mm}$$

- No existen datos dudosos bajos en la muestra, por lo tanto, no requieren su eliminación del registro.

#### **Discusión resultados:**

Comparando con el registro de precipitaciones máximas resumidas de la estación de Anta, el valor de 67.40 mm es mayor al valor máximo aceptado 65.505 mm, por tanto, si necesita corrección por eliminación del registro original.

Comparando con el registro de precipitaciones mínimas resumidas de la estación de Anta, el valor de 29.600 mm, es mayor al valor máximo mínimo aceptada 22.005 mm, por tanto, no necesita corrección por eliminación del registro original.



Tabla 44: Precipitación máxima 24h corregida por máximo valor permitido.

PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS			
N	AÑO	P 24hr	Log(P24 hr)
1	1967	31	1.491
2	1968	35	1.544
3	1971	46.8	1.670
4	1972	31.7	1.501
5	1973	31.8	1.502
6	1974	30	1.477
7	1975	44	1.643
8	1977	33	1.519
9	1978	40	1.602
10	1980	38	1.580
11	1981	39.5	1.597
12	1985	30.8	1.489
13	1987	34.4	1.537
14	1993	39.4	1.595
15	1994	41.4	1.617
16	1995	36	1.556
17	1997	56.7	1.754
18	1998	31.1	1.493
19	1999	53.1	1.725
20	2000	30.5	1.484
21	2001	47.2	1.674
22	2002	29.6	1.471
23	2003	33.9	1.530
24	2006	36	1.556
25	2007	36.8	1.566
26	2008	30.1	1.479
27	2009	40.1	1.603
28	2010	49.6	1.695
29	2011	54.3	1.735
30	2013	35.7	1.553
31	2014	35.6	1.551
32	2015	30.3	1.481
33	2016	41.7	1.620
34	2017	36.2	1.559

### 6.10.3. Generación De Máximas Avenidas

#### 6.10.3.1. Análisis Estadístico De Distribuciones Teóricas.

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades (I) o caudales máximos (Qmax), según sea el caso, para diferentes períodos de retorno “T”, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. teniendo en cuenta que la precipitación responde a fenómenos estocásticos, se recomienda usar las siguientes distribuciones teóricas:



- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel

#### 6.10.3.1.1. Distribución Normal O Gaussiana

La distribución normal (Gaussiana) surge del teorema del límite del valor central, el cual establece que una variable aleatoria  $x$  está normalmente distribuida con el promedio desviación estándar  $S$ . La función de distribución de probabilidad (frecuencia acumulada) proporciona la probabilidad de que  $X$  sea menor o igual a  $x$  así:

$$F(X < x) = \left( \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \right) \cdot \int_{-\infty}^x \exp\left( -\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right) \cdot dx$$

Esta integral es el área bajo la curva de campana, mostrada en la Figura 4.8, la cual tiene un valor igual a la unidad. Es simétrica respecto a la media y se extiende de menos infinito a más infinito. Dado que en hidrología (como el caso de caudales de ríos) raramente se pueden definir valores negativos y por lo general la distribución de los datos no es simétrica alrededor de la media, el uso de la normal es limitada.

La función de densidad de probabilidad, está dada por:

$$f(x) = \left( \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \right) \cdot \exp\left( -\frac{(x-\mu)^2}{2 \cdot \sigma^2} \right)$$

Donde:  $x$  es el valor de la variable,  $\mu$  es el valor medio de la variable y  $s$  la desviación estándar.

#### 6.10.3.1.2. Distribución Log Normal De Dos Parámetros

También se la denomina función de Galton (estudiada por Galton en 1875). Es una distribución donde la variable  $x$  se reemplaza por su logaritmo ( $\ln x$ ), siendo en este caso su rango sólo de valores positivos de ( $x > 0$ ), lo cual en la hidrología es una ventaja sobre la normal.



La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \left( \frac{1}{x \cdot \sigma_y \cdot \sqrt{2\pi}} \right) \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{y - \mu_y}{\sigma_y} \right)^2 \right]$$

Donde:

Donde: y es el logaritmo natural de x:

$$y = \ln(x)$$

$\sigma_y$  es la desviación standard de y.

$\mu_y$  es el promedio de y se calcula así:

$$\mu_y = \frac{\sum \ln(x)}{N} = \bar{y}$$

N es el número de datos de la muestra.

#### 6.10.3.1.3. Distribución Lognormal De 3 Parámetros.

La distribución lognormal se puede generalizar para casos en que el límite inferior de la misma no sea cero, en este caso se introduce un tercer parámetro que lo sustituya (x-  $\beta$ ).

La función de densidad de probabilidad toma la forma:

$$f(x) = \frac{1}{(x - \beta) \cdot \sigma_y \cdot \sqrt{2\pi}} \exp \left\{ -\frac{[\ln(x - \beta) - \mu_y]^2}{2 \cdot \sigma_y^2} \right\}$$

Donde  $\beta$  es el límite inferior, x la variable. Si el límite inferior,  $\beta$ , se conoce a priori, la variable x, se reemplaza por (x- $\beta$ ) y se procede como en la lognormal de dos parámetros. Cuando el límite inferior no se conoce, este se determina por los métodos de estimación de parámetros descritos más adelante.

La distribución lognormal se usa corrientemente en hidrología para variables como precipitación, caudal y otras medidas desde base cero, cuyo límite superior es desconocido.

La práctica hidrológica ha definido que la distribución lognormal se ajusta bien para numerosas variables asimétricas que se toman encima de un valor de base (series de duración parcial).

#### 6.10.3.1.4. Distribución Gamma De Un Parámetro

La función de densidad de probabilidad es:



$$f(x) = \frac{1}{\Gamma \cdot \alpha} \cdot (x^{\alpha-1} \text{Exp}(-x)) \Rightarrow \text{para } 0 \leq x < \infty$$

$$f(x) = 0 \Rightarrow \text{para } x < 0$$

Donde:  $\alpha$  es el parámetro de forma. Si  $\alpha$  no es entero, el producto  $\Gamma \alpha$  se obtiene de tablas que se encuentran en bibliografías del tema, Si  $\alpha$  es entero y positivo, el producto se evalúa mediante la expresión:

$$\Gamma \alpha = (\alpha - 1)!$$

Los parámetros estadísticos de la distribución son: (Yevjevich 1972)

- Promedio:

$$\bar{x} = \mu = \alpha \quad ; \quad 0 < x < \infty$$

- \* Varianza:

$$\sigma^2 = \alpha$$

- Coeficiente de Asimetría:

$$g = \frac{2}{\sqrt{\alpha}}$$

#### 6.10.3.1.5. Distribución Gamma De Dos Parámetros

La función de densidad de probabilidad de esta distribución (Figura 4.11), se obtiene sustituyendo en la ecuación (Gamma de un parámetro),  $x$  por  $x/\beta$ , así:

$$f(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma \alpha} \cdot \left( x^{\alpha-1} \text{Exp}\left(\frac{-x}{\beta}\right) \right) \Rightarrow \text{para } 0 \leq x < \infty$$

$$f(x) = 0 \Rightarrow \text{para } x < 0$$

Donde  $\alpha$  es el parámetro de forma ( $\alpha > 0$ ) y  $\beta$  el parámetro de escala ( $\beta > 0$ ). El producto:  $\Gamma \alpha$  se evalúa mediante la expresión anterior.

Los parámetros estadísticos para  $x$  son:

- Promedio:

$$\mu = \alpha \cdot \beta$$

- Varianza

$$\sigma^2 = \alpha \cdot \beta^2$$





Esta distribución tiene importantes aplicaciones en hidrología, no sólo en estudios de frecuencia sino también en la generación de hidrogramas sintéticos.

#### 6.10.3.1.6. Distribuciones Tipo Pearson

Estas funciones de probabilidad se ajustan bien a varias distribuciones, la ecuación general que define la distribución acumulada (Chow, 1964) es:

$$F(x) = \exp\left(\int_{-x}^{+x} \frac{(a+x)}{(b_0 + b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2)} dx\right)$$

Donde a, b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> y b<sub>2</sub> son constantes que se deben determinar experimentalmente.

En hidrología se usan distribuciones pertenecientes a esta familia de funciones, es decir, son casos especiales de la general.

#### 6.10.3.1.7. Distribución Pearson III (Gamma De Tres Parámetros) (Kendall,1969)

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{P_0^\beta \cdot (x-E)^{\beta-1} \cdot \exp[-P_0(x-E)]}{\Gamma\beta}$$

Para  $x \geq E$

Donde:

$\Gamma_\beta$  es la función gamma de  $\beta$

$\beta$ ,  $P_0$ , y  $E$ , son los parámetros de la distribución.

Se calculan mediante las expresiones:

$$P_0 = \frac{\sigma_x}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = \left(\frac{2}{g}\right)^2$$

$$E = \bar{x} - \sigma_x \cdot \sqrt{\beta}$$

Siendo  $\sigma_x$  la desviación estándar de  $x$  y  $g$  el coeficiente de asimetría de  $x$ .

#### 6.10.3.1.8. Distribución Log Pearson III

Es la distribución Pearson III, pero usada con los logaritmos de los valores de la muestra.

Es una distribución muy usada en Estados Unidos y recomendada por el USWRC (1976). A diferencia de las ecuaciones de lognormal que usan logaritmos naturales (ln), esta distribución, usan los logaritmos en base 10 (log).



La función de densidad de probabilidad es:

$$f(x) = \frac{P_o^\beta (y-E)^{\beta-1} \cdot \exp[-P_o \cdot (y-E)]}{x \cdot \Gamma \beta}$$

Donde:

$$y = \log x ; \text{ para } \log x \geq E$$

$\beta$ ,  $P_o$ , y  $E$  son los parámetros de la distribución.

Se calculan mediante las expresiones:

$$P_o = \frac{\sigma_y}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = \left[ \frac{2}{g \cdot y} \right]^2$$

$$E = \bar{y} - \sigma_y \cdot \sqrt{\beta}$$

Siendo  $G\beta$  la función gamma de  $\beta$ ,  $\sigma_y$  la desviación estándar de  $y$ ,  $g$  el coeficiente de asimetría de  $y$ .

#### 6.10.3.1.9. Distribución Tipo I (Gumbel)

La función de distribución acumulada es: (Yevjevich, 1972)

$$F(X \leq x) = \exp[-\exp(-\alpha \cdot (x - \beta))]$$

Donde  $\alpha$  es el parámetro de forma y  $\beta$  el parámetro de localización (valor central).

Haciendo uso de una variable reducida,  $y$ :

$$y = \alpha \cdot (x - \beta)$$

Reemplazando en la ecuación anterior se tiene:

$$F(X \leq x) = \exp[-\exp(-y)] = e^{-e^{-y}}$$

Cuando  $x$  o  $y$  tienden a  $+$  o a  $-$ ,  $F(x)$  tiende a 0 ó a 1, respectivamente. Los valores de  $\alpha$  y  $\beta$ , están vinculados a la media ( $\mu$ ) y a la desviación standard ( $\sigma$ ) por valores constantes o variables según sea el tamaño de la muestra. Conocidos  $\mu$  y  $s$  los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  son:



$$\beta = \mu - 0.45 \cdot \sigma$$

$$\alpha = \frac{1.281}{\sigma}$$

Mediante el análisis estadístico de las distribuciones teóricas para diversos periodos de retorno, se verificó cuál de las distribuciones teóricas se ajustan mejor al registro de precipitación de 24 h de la estación de Anta, para ello se ha utilizado el programa **HIDROESTA**, cuyos resultados se presenta en la tabla 39.

*Imagen 06: Mascara de programa HIDROESTA 2.0*



#### 6.10.3.1.10. Resultados de las Distribuciones Teóricas

En la siguiente tabla se observa el resumen del test de prueba de bondad de ajuste por Smirnov-Kolmogorov, para el registro de 24 h de la estación Anta:

*Tabla 45: Prueba de ajuste de distribución teórica registro de 24h estación Anta*

Δ TABULAR	Δ TEÓRICO DE LAS DISTRIBUCIONES							
	DISTRIBUCIÓN NORMAL	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARÁMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARÁMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARÁMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL
0.2332	0.1370	0.1090	0.0950	0.1203	0.07618	0.08981	0.0883	0.1048
MIN Δ	<b>0.07618</b>							

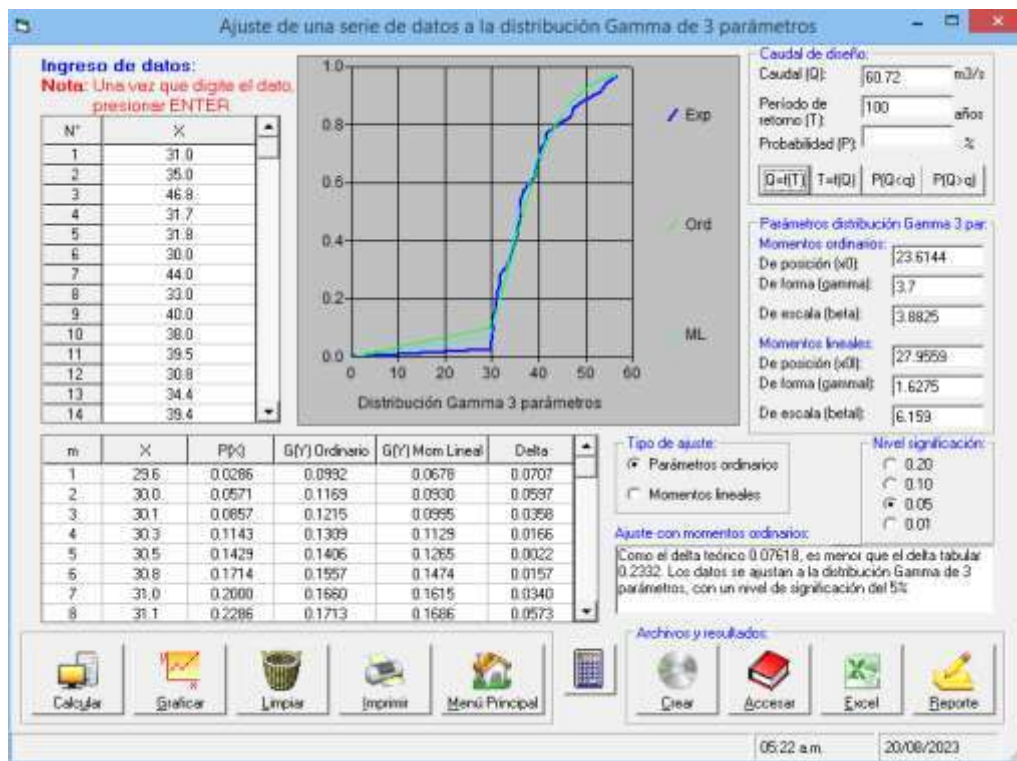


Según los resultados, el registro de precipitación máxima de 24 h, de la estación Anta obtiene un mejor ajuste en la distribución teórica tipo **Gamma de 3 parámetros**, obteniéndose a partir de ello, las intensidades máximas de precipitación de 24 horas para diferentes periodos de retorno (2, 5, 10, 25, 50, 100, 200, 500, 1000, 10000 años, etc).

En la gráfica 12, de captura de pantalla del programa, vemos la hoja de procesamiento de **HIDROESTA**, para la distribución teórica de Gamma de 3 parámetros, para un periodo de retorno de **100 años**; con una precipitación máxima de diseño de **24h** llega a una intensidad máxima de **60.72 mm**.

De igual manera se ha realizado para los diversos periodos de retorno “T” de (2, 5, 10, 25, 50, 200, 500, 1000 y 10000 años) (tabla 40).

Gráfico 13: Hoja de procesamiento de Hidroesta. Para un ajuste de serie de datos de distribución Gamma de 3 parámetros.



En la tabla siguiente, se observa, en resumen, las precipitaciones máximas de 24 h generadas para diferentes periodos de retorno para la cuenca Conchacalla.



Tabla 46: Precipitaciones máximas de 24h para diferentes periodos de retorno cuenca Conchacalla.

	PERIODO DE RETORNO (T) años									
	2	5	10	25	50	100	200	500	1000	10000
PRECIPITACION MAXIMA DE 24 h (mm)	36.71	43.6	47.99	53.3	57.08	60.72	64.24	68.74	72.01	81.33



Foto 21: Medida directa de huella hídrica para la calibración del caudal máximo generado.

### 6.10.3.2. Tormenta de diseño y Curvas IDF

Se define tormenta, al 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 aún días, y puede abarcar desde una zona pequeña hasta una extensa región. Por lo tanto, de una tormenta, interesa conocer su Intensidad - Duración – Frecuencia.

- **Intensidad:** Se mide en mm/hora, y su valor, varía durante la tormenta
- **Duración:** Se mide en minutos o en horas, es el tiempo transcurrido entre el comienzo y el final de la tormenta.
- **Periodo de Duración:** es un concepto importante, es un periodo de tiempo dentro de la duración de la tormenta, se escogen períodos de duración tipos, por





ejemplo: 10 min, 30 min, 60 min, 120 min, 240 min; lo que busca son las intensidades máximas para estos periodos de duración.

- **Frecuencia:** Una tormenta de frecuencia  $1/x$ , significa que es probable que se presente, como término medio, una vez cada  $x$  años. Los  $x$  años vienen a constituir el tiempo de retardo o periodo de retorno de dicha tormenta.

Teniendo como dato las tormentas máximas de 24h de precipitación para diferentes periodos de retorno, se ha procedido calcular la precipitación de ajuste y las probabilidades de no excedencia, para ello se ha utilizado el programa “tormenta” del Ing, Hugo Cañari.

Tabla 47: Precipitaciones diarias máximas probables para diferentes periodos de retorno modelo HYDROESTA.

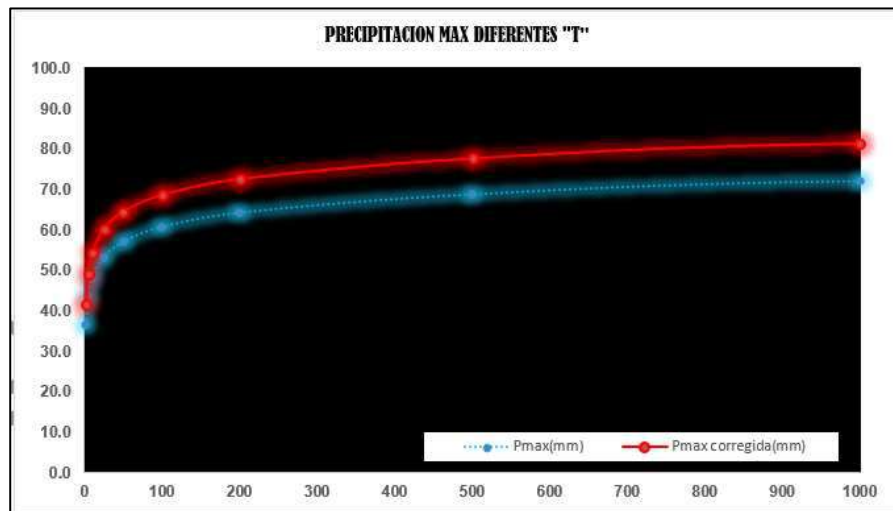
Periodo Retorno	Hydrognom on y/o Easyfit	Pmax	Probabilidad de no excedencia
T(años)	Pmax(mm)	Pmax corregida(m m)	P
<b>2</b>	36.71	41.4823	0.50000
<b>5</b>	43.6	49.2680	0.80000
<b>10</b>	47.99	54.2287	0.90000
<b>25</b>	53.3	60.2290	0.96000
<b>50</b>	57.08	64.5004	0.98000
<b>100</b>	60.72	68.6136	0.99000
<b>200</b>	64.24	72.5912	0.99048
<b>500</b>	68.74	77.6762	0.99800
<b>1000</b>	72.01	81.3713	0.99900
<b>10000</b>	81.33	91.9029	0.99990

Fuente: procesado en Programa *Tormenta*. (Autor: Hugo Cañari Q.)

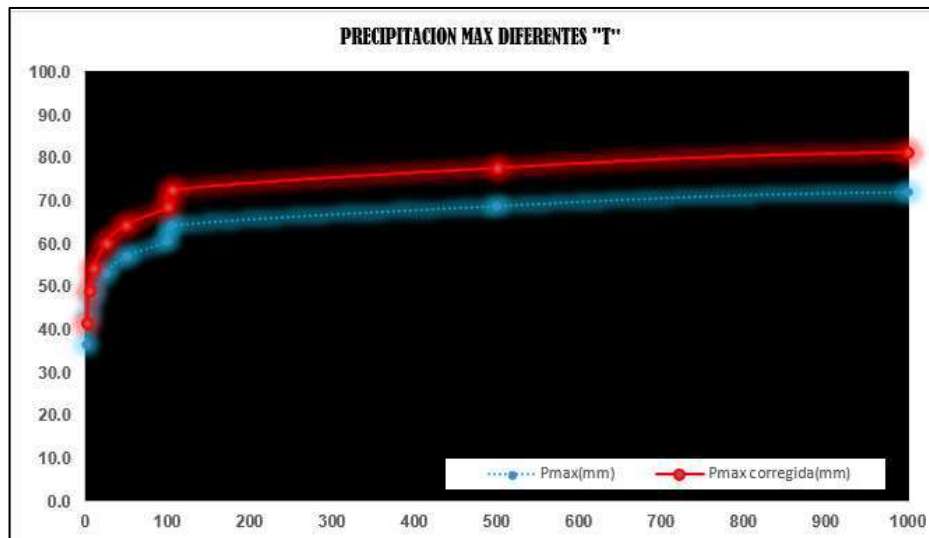
Así mismo, la Organización, Meteorológica Mundial (OMM), sugiere que un coeficiente de corrección de 1.13, para datos de estaciones que se registran una vez al día; en el caso de la estación de Anta, según el SENAMHI, se cumple así. Por lo cual, corrigiendo los valores de precipitación máxima de 24 h, se tiene los valores corregidos expresados en la columna 3 (tabla 41).



Gráfico 14: Precipitación máxima (Pmax), para diferentes periodos de retorno



Fuente: Programa Tormenta.



Para Obras Hidráulicas, existen varios métodos para seleccionar los coeficientes de duración para una tormenta de duración entre 1 a 24 hr, siendo las más usadas la propuesta hecha por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en su Manual de Hidrología - Hidráulica y Drenaje, la propuesta del método de Dick Peshcke, etc. Para nuestro caso hemos considerado usar la segunda, por tener valores más adecuados para generar lluvias intensas y con ello caudales máximos, relativamente un poco más altas, adecuadas para modelar las zonas de desborde e inundación.



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



*Tabla 48: Coeficientes de duración para tormentas de lluvia de 1 a 24 horas. MTC*

Coeficientes de duración para las relaciones de lluvia de 1 a 24 horas														
Duraciones en horas														
1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.25	0.31	0.38	0.44	0.5	0.55	0.65	0.73	0.79	0.83	0.87	0.9	0.93	0.97	1.00

Fuente: Manual de Carreteras y drenaje del MTC.

*Tabla 49: Coeficientes de duración para tormentas de lluvia de 1 a 24 horas. Dick Peshcke*

Coeficientes de duración para las relaciones de lluvia de 1 a 24 horas														
Duraciones en horas														
1	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.75	0.80	0.84	0.88	0.91	0.94	0.97	1.00

*Tabla 50: Precipitaciones máximas Pmax, para diferentes periodos de retorno "T"*

PRECIPITACIONES MÁXIMAS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE DURACIÓN											
Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pmax (mm) por tiempos de duración									
		2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	105 años	500 años	1000 años	10000 años
24 hr	1.00	41.4746	49.2589	54.2187	60.2179	64.4885	68.6009	72.5778	77.6619	81.3563	91.8859
22 hr	0.97	40.2749	47.8340	52.6503	58.4759	62.6230	66.6165	70.4783	75.4153	79.0028	89.2279
20 hr	0.94	39.0636	46.3953	51.0667	56.7172	60.7395	64.6129	68.3586	73.1471	76.6267	86.5442
18 hr	0.91	37.7916	44.8846	49.4039	54.8703	58.7617	62.5090	66.1327	70.7652	74.1316	83.7262
16 hr	0.88	36.4057	43.2386	47.5923	52.8582	56.6069	60.2167	63.7076	68.1703	71.4132	80.6559
14 hr	0.84	34.8475	41.3880	45.5552	50.5958	54.1840	57.6394	60.9808	65.2525	68.3566	77.2037
12 hr	0.80	33.0507	39.2539	43.2063	47.9870	51.3902	54.6673	57.8365	61.8879	64.8319	73.2229
10 hr	0.75	30.9374	36.7440	40.4437	44.9187	48.1043	51.1719	54.1384	57.9308	60.6866	68.5410
8 hr	0.68	28.4103	33.7425	37.1400	41.2495	44.1749	46.9919	49.7161	53.1987	55.7294	62.9422
6 hr	0.61	25.3335	30.0882	33.1177	36.7822	39.3907	41.9027	44.3318	47.4372	49.6939	56.1256
5 hr	0.57	23.5242	27.9394	30.7526	34.1553	36.5776	38.9102	41.1658	44.0495	46.1449	52.1173
4 hr	0.52	21.4768	25.5077	28.0760	31.1826	33.3940	35.5235	37.5829	40.2156	42.1286	47.5812
3 hr	0.46	19.1108	22.6977	24.9830	27.7474	29.7152	31.6101	33.4426	35.7852	37.4876	42.3394
2 hr	0.39	16.2595	19.3112	21.2556	23.6075	25.2817	26.8939	28.4530	30.4461	31.8945	36.0225
1 hr	0.30	12.4176	14.7482	16.2332	18.0294	19.3080	20.5393	21.7299	23.2521	24.3582	27.5108

*Tabla 51: Intensidades de lluvia a partir de Pmax, según duración de precipitación y frecuencia de la misma*

INTENSIDADES DE LLUVIA A PARTIR DE Pmax, SEGÚN DURACIÓN DE PRECIPITACIÓN Y FRECUENCIA DE LA MISMA											
Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Período de Retorno									
Hr	min	2 años	5 años	10 años	25 años	50 años	100 años	105 años	500 años	1000 años	10000 años
24 hr	1440	1.7281	2.0525	2.2591	2.5091	2.6870	2.8584	3.0241	3.2359	3.3898	3.8286
22 hr	1320	1.8307	2.1743	2.3932	2.6580	2.8465	3.0280	3.2036	3.4280	3.5910	4.0558
20 hr	1200	1.9532	2.3198	2.5533	2.8359	3.0370	3.2306	3.4179	3.6574	3.8313	4.3272
18 hr	1080	2.0995	2.4936	2.7447	3.0484	3.2645	3.4727	3.6740	3.9314	4.1184	4.6515
16 hr	960	2.2754	2.7024	2.9745	3.3036	3.5379	3.7635	3.9817	4.2606	4.4633	5.0410
14 hr	840	2.4891	2.9563	3.2539	3.6140	3.8703	4.1171	4.3558	4.6609	4.8826	5.5146
12 hr	720	2.7542	3.2712	3.6005	3.9989	4.2825	4.5556	4.8197	5.1573	5.4027	6.1019
10 hr	600	3.0937	3.6744	4.0444	4.4919	4.8104	5.1172	5.4138	5.7931	6.0687	6.8541
8 hr	480	3.5513	4.2178	4.6425	5.1562	5.5219	5.8740	6.2145	6.6498	6.9662	7.8678
6 hr	360	4.2222	5.0147	5.5196	6.1304	6.5651	6.9838	7.3886	7.9062	8.2823	9.3543
5 hr	300	4.7048	5.5879	6.1505	6.8311	7.3155	7.7820	8.2332	8.8099	9.2290	10.4235
4 hr	240	5.3692	6.3769	7.0190	7.7956	8.3485	8.8809	9.3957	10.0539	10.5322	11.8953
3 hr	180	6.3703	7.5659	8.3277	9.2491	9.9051	10.5367	11.1475	11.9284	12.4959	14.1131
2 hr	120	8.1297	9.6556	10.6278	11.8037	12.6409	13.4470	14.2265	15.2231	15.9472	18.0112
1 hr	60	12.4176	14.7482	16.2332	18.0294	19.3080	20.5393	21.7299	23.2521	24.3582	27.5108

Fuente: Programa Tormenta. (autor: Hugo Cañari Q.)

Así mismo se tiene las representaciones matemáticas de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno.



$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

Donde:

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- K, m, n = Parámetros de ajuste

Efectuamos un cambio de variable:

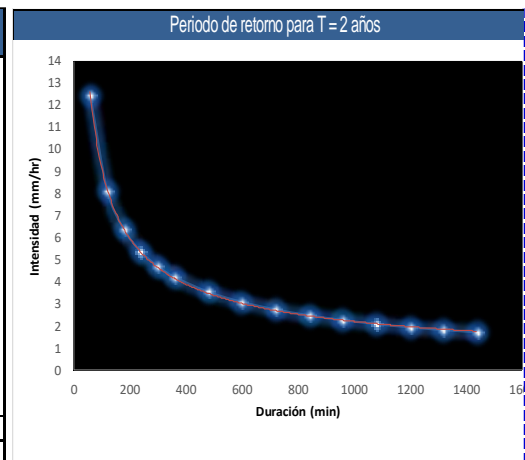
$$d = K \cdot T^m$$

Reemplazando en la expresión anterior se obtiene

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

Tabla 52: Intensidades de lluvia a partir de Pd, según Duración de precipitación y Frecuencia de la misma rara diversos periodos de retorno.

Periodo de retorno para T = 2 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx) <sup>2</sup>
1	1440	1.7281	7.2724	0.5470	3.9782	52.8878
2	1320	1.8307	7.1854	0.6047	4.3449	51.6298
3	1200	1.9532	7.0901	0.6695	4.7465	50.2692
4	1080	2.0995	6.9847	0.7417	5.1807	48.7863
5	960	2.2754	6.8669	0.8221	5.6456	47.1548
6	840	2.4891	6.7334	0.9119	6.1404	45.3387
7	720	2.7542	6.5793	1.0131	6.6657	43.2865
8	600	3.0937	6.3969	1.1294	7.2246	40.9207
9	480	3.5513	6.1738	1.2673	7.8241	38.1156
10	360	4.2222	5.8861	1.4404	8.4781	34.6462
11	300	4.7048	5.7038	1.5486	8.8328	32.5331
12	240	5.3692	5.4806	1.6807	9.2112	30.0374
13	180	6.3703	5.1930	1.8516	9.6155	26.9668
14	120	8.1297	4.7875	2.0955	10.0323	22.9201
15	60	12.4176	4.0943	2.5191	10.3141	16.7637
Ln (d) =	5.0679	d = 158.8407	n =	-0.6186		

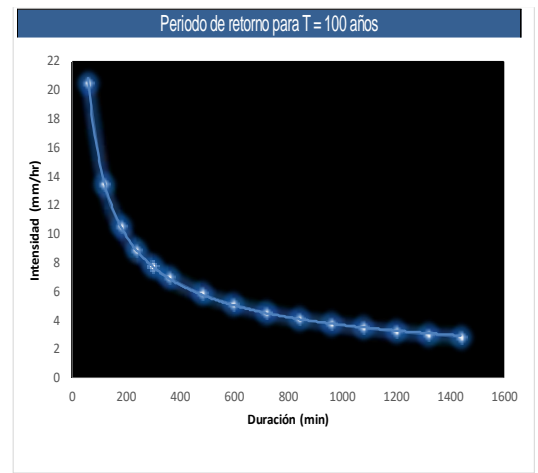




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Nº	t	Periodo de retorno para T = 100 años				(Int) <sup>2</sup>
		l	ln t	ln l	ln t * ln l	
1	1440	2.8584	7.2724	1.0503	7.6379	52.8878
2	1320	3.0280	7.1854	1.1079	7.9608	51.6298
3	1200	3.2306	7.0901	1.1727	8.3144	50.2692
4	1080	3.4727	6.9847	1.2449	8.6955	48.7863
5	960	3.7635	6.8669	1.3254	9.1012	47.1548
6	840	4.1171	6.7334	1.4151	9.5288	45.3387
7	720	4.5556	6.5793	1.5164	9.9765	43.2865
8	600	5.1172	6.3969	1.6326	10.4437	40.9207
9	480	5.8740	6.1738	1.7705	10.9309	38.1156
10	360	6.9838	5.8861	1.9436	11.4402	34.6462
11	300	7.7820	5.7038	2.0518	11.7031	32.5331
12	240	8.8809	5.4806	2.1839	11.9692	30.0374
13	180	10.5367	5.1930	2.3549	12.2287	26.9668
14	120	13.4470	4.7875	2.5988	12.4415	22.9201
15	60	20.5393	4.0943	3.0223	12.3745	16.7637
15	9900	104.1868	92.4282	26.3911	154.7467	582.2567
Ln (d) =		5.5711	d =	262.7297	n =	-0.6186



Fuente: Programa Tormenta. (autor: Hugo Cañari Q.)

**Tabla 53:** Cambio de variable y regresión potencial entre periodo de retorno y constante de regresión.

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Periodo de Retorno (años)	Término ctte. de regresión (d)	Coef. de regresión [n]
2	158.8407018	-0.618597247
5	188.6530809	-0.618597247
10	207.6481961	-0.618597247
25	230.6240645	-0.618597247
50	246.9797673	-0.618597247
100	262.7297034	-0.618597247
105	277.9604109	-0.618597247
500	297.4314858	-0.618597247
1000	311.5804668	-0.618597247
10000	351.9072263	-0.618597247
Promedio =	253.4355104	-0.618597247

En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

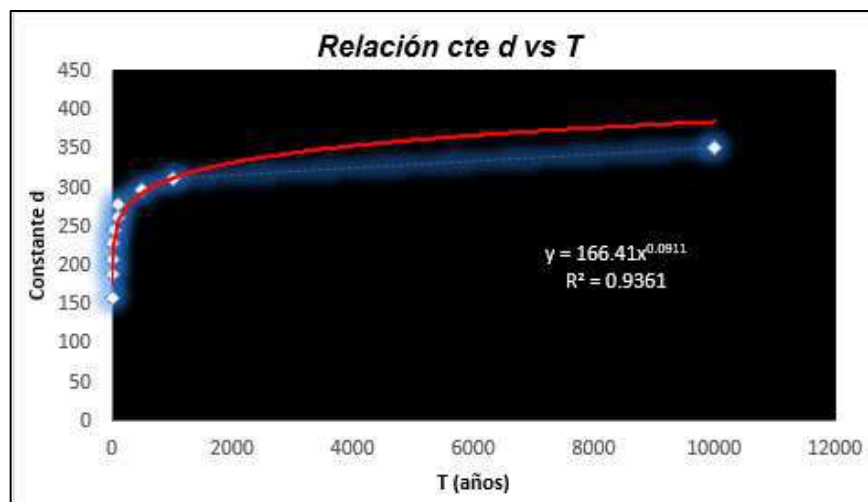




Tabla 54: Determinación de los coeficientes de regresión potencial de la ecuación de curvas IDF

Regresión potencial						
Nº	T	d	ln T	ln d	ln T*ln d	(lnT)^2
1	2	158.8407	0.6931	5.0679	3.5128	0.4805
2	5	188.6531	1.6094	5.2399	8.4333	2.5903
3	10	207.6482	2.3026	5.3358	12.2862	5.3019
4	25	230.6241	3.2189	5.4408	17.5132	10.3612
5	50	246.9798	3.9120	5.5093	21.5525	15.3039
6	100	262.7297	4.6052	5.5711	25.6560	21.2076
7	105	277.9604	4.6540	5.6275	26.1901	21.6593
8	500	297.4315	6.2146	5.6952	35.3933	38.6214
9	1000	311.5805	6.9078	5.7417	39.6620	47.7171
10	10000	351.9072	9.2103	5.8634	54.0036	84.8304
10	11797	2534.3551	43.3279	55.0926	244.2031	248.0735
Ln (K) =	5.1144	K =	166.4085	m =	0.0911	

Gráfico 15: Constantes de determinación Vs periodo de retorno



Fuente: Programa Tormenta. (autor: Hugo Cañari Q.)

- Constante de regresión (K) = 166.4049
- Coef. de regresión (m) = 0.091216
- Coef. de regresión (n) = 0.618597

$$I = \frac{166.409 * T^{0.091216}}{t^{0.618597}}$$

**Donde:**

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

T = Periodo de Retorno (años)

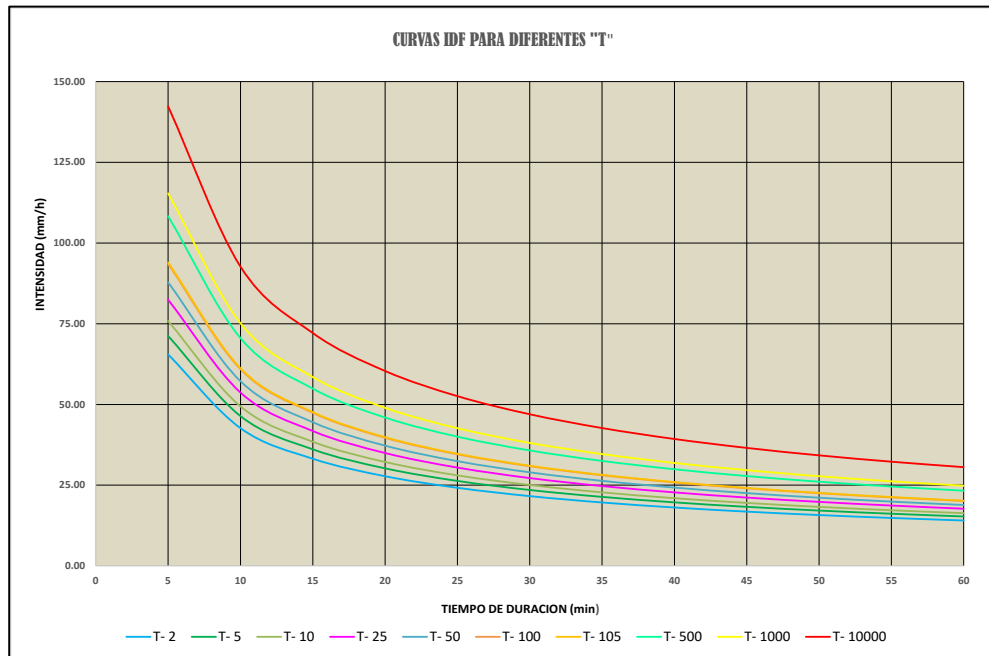
t = Tiempo de duración de precipitación (min)



Tabla 55: Valores de intensidad de lluvia VS período de retorno

Cuadro de intensidades para diferentes tiempos de duración												
años	Duración en minutos											
T	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
T- 2	65.50	42.66	33.20	27.78	24.20	21.62	19.65	18.10	16.82	15.76	14.86	14.08
T- 5	71.20	46.37	36.09	30.20	26.31	23.50	21.37	19.67	18.29	17.14	16.15	15.31
T- 10	75.84	49.40	38.44	32.17	28.02	25.04	22.76	20.95	19.48	18.25	17.21	16.31
T- 25	82.45	53.70	41.79	34.97	30.46	27.22	24.74	22.78	21.18	19.84	18.71	17.73
T- 50	87.82	57.20	44.51	37.25	32.45	28.99	26.35	24.26	22.56	21.14	19.93	18.88
T- 100	93.55	60.93	47.41	39.68	34.57	30.88	28.07	25.85	24.03	22.51	21.22	20.11
T- 105	93.97	61.20	47.62	39.86	34.72	31.02	28.20	25.96	24.14	22.61	21.32	20.20
T- 500	108.33	70.55	54.90	45.95	40.03	35.76	32.51	29.93	27.83	26.07	24.58	23.29
T- 1000	115.39	75.15	58.48	48.95	42.64	38.09	34.62	31.88	29.64	27.77	26.18	24.81
T- 10000	142.32	92.70	72.13	60.37	52.59	46.98	42.71	39.32	36.56	34.25	32.29	30.60

Gráfico 16: Curva Intensidad Duración y Frecuencia.



### 6.10.3.3. Hietograma

La metodología utilizada es la de bloques alternos para los diversos pedidos de retorno, para una duración de 24 horas e intervalos de tiempo cada 5 min, para un pedido de retorno de 50 y 100 años:



Tabla 56: Tormenta de diseño para la zona d estudio para un periodo de retorno “T” de 50 años

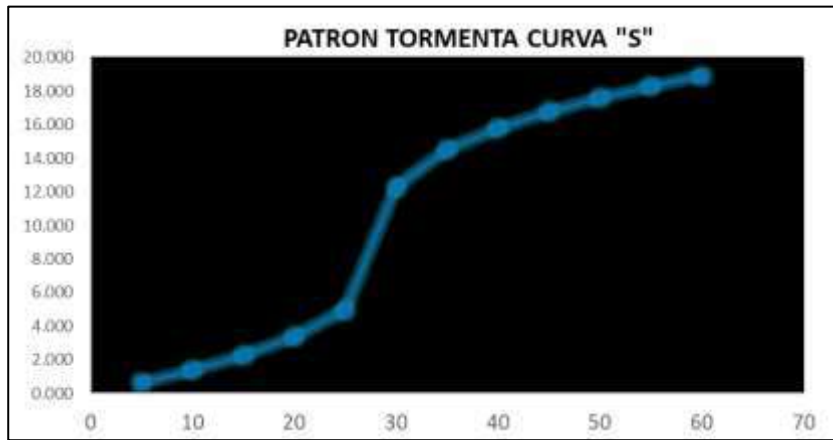
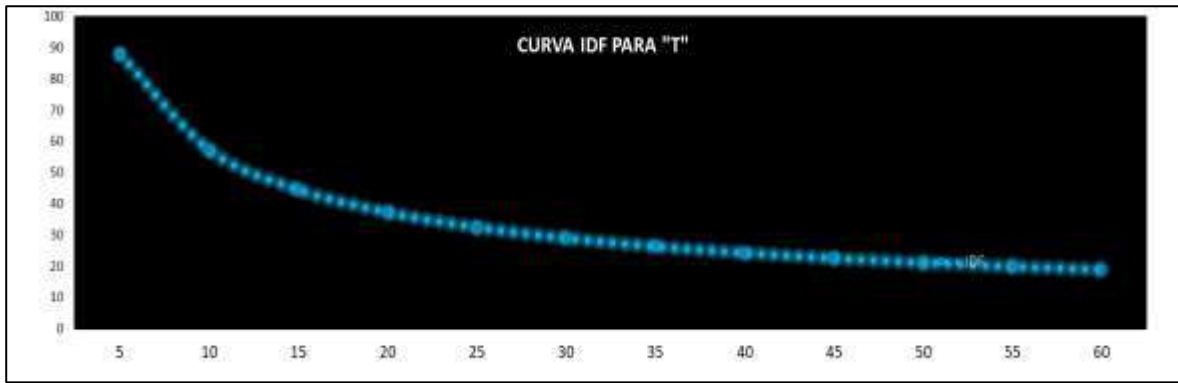


Gráfico 17: Patrón de tormenta para un periodo de retorno de 50 años

Tabla 57: Hietograma para pedido de retorno T de 50 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	$\Delta P$ (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	P. Alternada (mm)	InPa Alternada (mm)	P. Acum (mm)
5	87.823	7.319	7.319	87.823	0.652	7.824	0.652
10	57.199	9.533	2.215	26.576	0.743	8.919	1.395
15	44.510	11.128	1.594	19.133	0.878	10.533	2.273
20	37.254	12.418	1.290	15.485	1.103	13.238	3.376
25	32.451	13.521	1.103	13.238	1.594	19.133	4.971
30	28.990	14.495	0.974	11.684	7.319	87.823	12.289
35	26.353	15.373	0.878	10.533	2.215	26.576	14.504
40	24.264	16.176	0.803	9.638	1.290	15.485	15.794
45	22.559	16.919	0.743	8.919	0.974	11.684	16.768
50	21.135	17.613	0.694	8.325	0.803	9.638	17.571
55	19.925	18.265	0.652	7.824	0.694	8.325	18.265
60	18.881	18.881	0.616	7.396	0.616	7.396	18.881

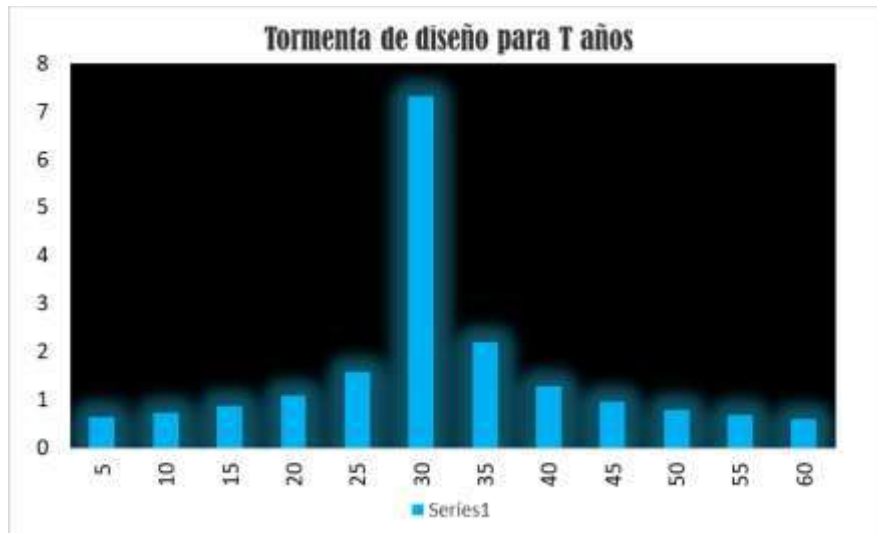
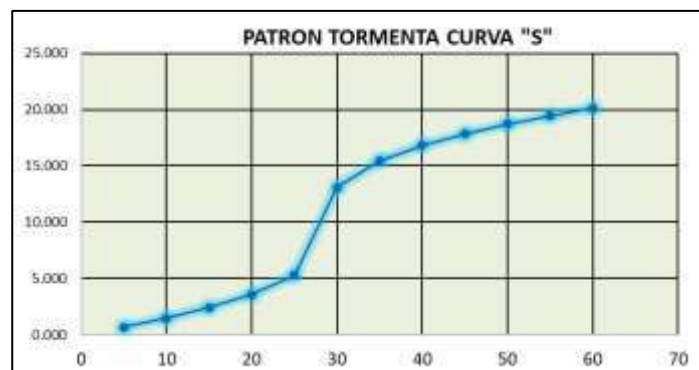
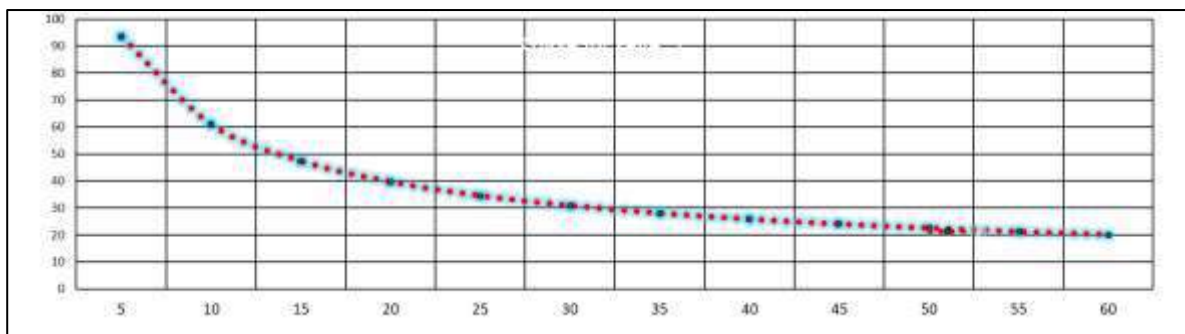


Gráfico 18: Hietograma de diseño, para un periodo de retorno “T” de 50 años

Gráfica 17: Tormenta de diseño para la zona de estudio para un periodo de retorno “T” de 100 años



Gráfica 18: Patrón de tormenta para un periodo de retorno de 100 años



Tabla 58: Hietograma para pedido de retorno T de 100 años

Instante (min)	Intensidad (mm/h)	P.acumulada (mm)	$\Delta P$ (mm)	Intensidad parcial (mm/h)	P. Alternada (mm)	InPa Alternada (mm)	P. Acum (mm)
5	93.549	7.796	7.796	93.549	0.695	8.335	0.695
10	60.929	10.155	2.359	28.309	0.792	9.500	1.486
15	47.412	11.853	1.698	20.380	0.935	11.220	2.421
20	39.683	13.228	1.375	16.495	1.175	14.101	3.596
25	34.567	14.403	1.175	14.101	1.698	20.380	5.295
30	30.880	15.440	1.037	12.446	7.796	93.549	13.090
35	28.071	16.375	0.935	11.220	2.359	28.309	15.449
40	25.846	17.230	0.856	10.267	1.375	16.495	16.824
45	24.030	18.022	0.792	9.500	1.037	12.446	17.861
50	22.513	18.761	0.739	8.868	0.856	10.267	18.717
55	21.224	19.456	0.695	8.335	0.739	8.868	19.456
60	20.112	20.112	0.656	7.878	0.656	7.878	20.112

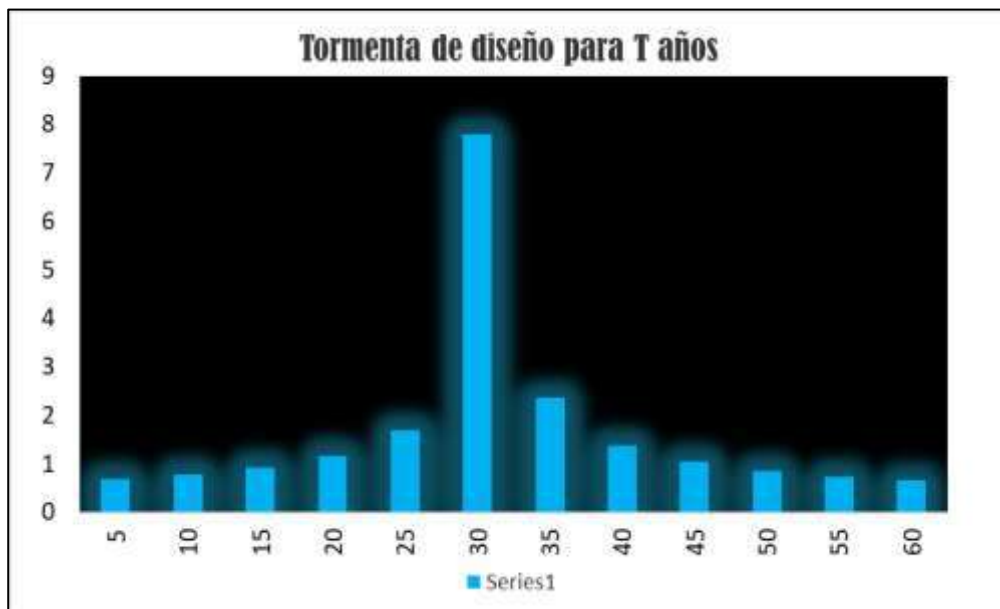


Gráfico 19: Hietograma de diseño, para un periodo de retorno "T" de 100 años

Así sucesivamente se ha generado los hietogramas para los periodos de retomo de T = 5, 10, 25, 100, y 500 años.

#### 6.10.3.4. Caudal Máximo.

##### 6.10.3.4.1. Tiempo de concentración:

Para ello se ha utilizado 08 métodos Clark, Keray, Chereque, Passini, Soil Conservation, Témez, Ventura-Heras, y Kirpich (en horas) tal como se observa en el cuadro siguiente:





Tabla 59: tiempo de contratación de las cuencas menores para la generación de caudales de diseño.

Parámetros de la Cuenca			Tiempo de concentración (hr)										Tiempo de Retardo		DELTA
Area Cuenca	Longitud cauce	Pendiente Cauce	Metodo								Promedio		hr	min	Δ
km <sup>2</sup>	m	m/m	CLARK	KERAY	CHEREQUE	PASSINI	SOIL CONSERVATION	TEMEZ	VENTURA - HERAS	kirpich	Tc (hr)	Tc (min)	hr	min	Δ
17.440	10321	0.07	0.971	0.91	0.86	0.861	1.12	1.20	0.96	1.122	1.00	60.12	0.60	36.07	10.46

#### 6.10.3.4.2. Periodo de retorno:

E tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado por lo menos una vez se llama Periodo de Retorno.

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito, recomienda adoptar periodos de retorno no inferiores a 50 años para alcantarillas de paso.

Por lo tanto, tomando en cuenta experiencias anteriores de estudios de drenaje en carreteras, en la tabla 60 se indican los valores de periodo de retorno a ser considerados para el cálculo de caudales y diseño de estructuras de drenaje.

Tabla 60: Periodos de retorno,

PERIODO DE RETORNO - ESTRUCTURAS DE DRENAJE	
DESCRIPCIÓN	PERÍODO DE RETORNO
Puente y Pontones	175 años
Alcantarillas de paso y badenes	50 años
Cunetas y alcantarillas de alivio	10 años

Fuente: Manual para el Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Transito (MTC).

#### 6.10.3.4.3. Método Racional Modificado

Fue propuesto por Témez (1987,1991), calcula de forma sencilla caudales punta en cuencas de hasta 770 km<sup>2</sup> y tiempos de concentración que van de 0.25 a 24 hr, su relación matemática esta expresada de la siguiente forma:

$$Q = 0.278 * C * I * A * K$$

Donde:



Q: Descarga máxima de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía para el intervalo en que se produce I.

I: Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

K: Coeficiente de Uniformidad

Asi mismo, cada coeficiente presenta formulas individuales como:

A) Tiempo de concentración de Témez (T<sub>c</sub>)

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Donde:

L: Longitud del cauce principal (km)

S: Pendiente promedio del cauce mayor (m/m).

B) Coeficiente de Uniformidad.

$$K = 1 + \left( \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \right)$$

Donde:

T<sub>c</sub>: Tiempo de concentración (horas)

C) Coeficiente de simultaneidad o factor reductor (K<sub>A</sub>).

$$K_A = 1 - \left( \frac{\text{Log}_{10} A}{15} \right)$$

Donde:

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

D) Precipitación máxima corregida sobre la cuenca (P).

$$P = K_A * P_d$$

Donde:

K<sub>A</sub>: Factor reductor

P<sub>d</sub>: Precipitación máxima diaria (mm)



E) Intensidad de precipitación (I).

$$I = \left(\frac{P}{24}\right) * (11)^{\left(\frac{28^{0.1}-Tc^{0.1}}{28^{0.1}-1}\right)}$$

Donde:

P: Precipitación máxima corregida (mm)

Tc: Tiempo de concentración (hr)

F) Coeficiente de escorrentía (C).

$$C = \frac{(P_d - P_o) * (P_d + 23 * P_o)}{(P_d + 11 * P_o)^2}$$

Donde:

Pd: Precipitación máxima diaria (mm)

Po: Umbral de escorrentía

$$P_o = \left(\frac{5000}{CN}\right) - 50$$

CN: Curva número

NOMBRE	AREA (KM2)	GRUPO HIDROLOGICO	CURVA	DESCRIPCIÓN DEL USO			CN ponderado
				Multifuncional urbano/obsoleto	Praderas en zona de clima frío	Nevados	
SUCUCUENCA DE ESTADOS	283.41	D	CN	83	89	90	85
			AREA (km)	192.47	86.54	4.80	
			%	67.56%	30.51%	1.42%	

Tabla 61: Resultado de Caudal de diseño según método Racional modificado.

A	TC	K	KA	P	I	C	CN	Q
km2	hr			mm	mm/h			m3/s
17.44	2.94	1.216	0.917	62.93	14.47	0.37	75	31.53



#### 6.10.3.4.4. Aplicación del HEC – HMS

Se calcularon los caudales máximos de diseño instantáneos para las máximas avenidas empleando el modelo HEC-HMS, (Hydrologic Engineering Center's Hydrologic Modeling System), a partir de la precipitación máxima en 24 horas tomada de la estación de Anta.

*Imagen 7: Captura pantalla mascara programa HEC-HMS.*



Puesto que no se cuenta con información de distribuciones de tormentas características para la zona de estudio, se ha adoptado la distribución de tormenta **Tipo I del SCS**, por recomendación de otros autores, por experiencia del consultor y adoptando un comportamiento frontal de la tormenta, además que las curvas tipo II y III son utilizadas para climas tropicales de muy intensa precipitación.

Para el ingreso de datos al programa, este empieza por definir el modelo de cuenca o base, al cual se le ingresa las cuencas y se les asigna el valor:

- Área (Km<sup>2</sup>) = 17.44 km<sup>2</sup>
- Modelo de pérdida de agua: Número de Curva N (SCS Curve Number) = 75
- Modelo de transformación: Hidrograma Unitario del SCS (SCS Unit Hydrograph)
- Modelo de flujo de base: No se considera flujo base.

**Time** – Ingreso de cada hietograma de diseño para un periodo de retorno dado.

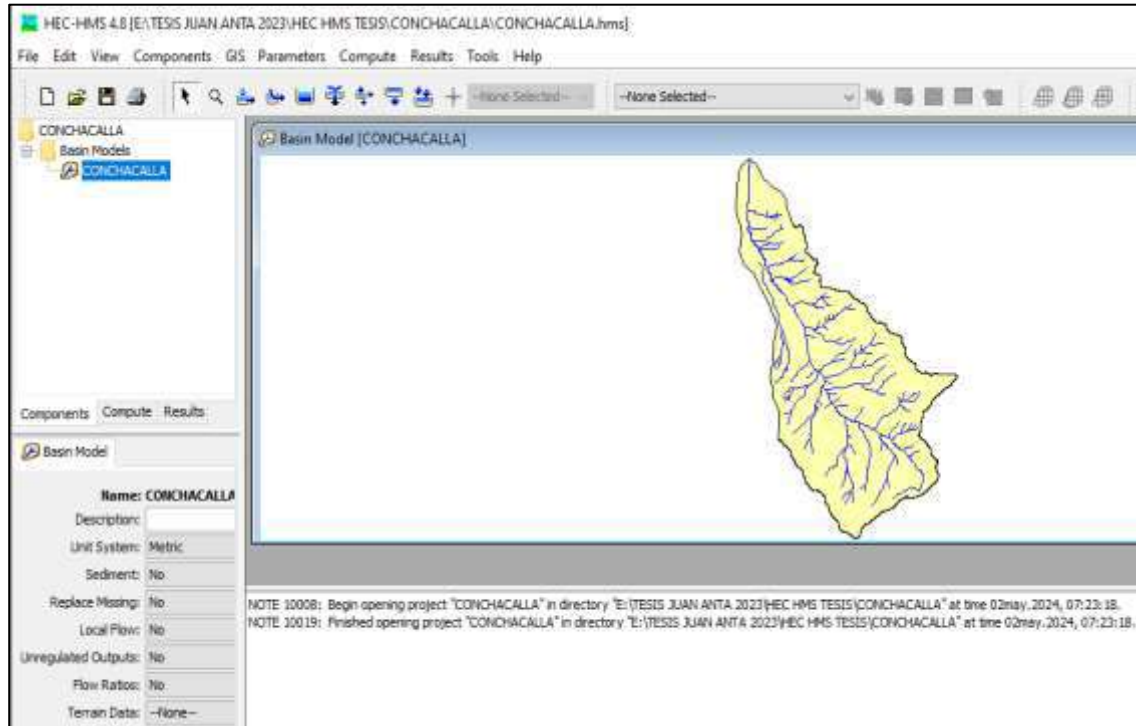
**Modelo meteorológico:** Ingresar hietograma de diseño para cada cuenca o sub cuenca

**Especificaciones de control:** Se asigna el tiempo que debe procesar el programa.



El programa HEC HMS finalmente nos reporta el hidrograma de salida en forma tabular y gráfica, lo que permite visualizar el desarrollo del evento; el hidrograma de salida se prolonga por un periodo de 1 hora, debido al tamaño de la cuenca.

*Imagen 8: Añadido de la cuenca Conchacalla para generación de caudal al HEC HMS.*



Teniendo estimado la precipitación máxima de diseño para un periodo de retorno de 100 años (Tabla 60), se procede a simular los caudales máximos de tránsito para la cuenca Conchacalla tal como se observa en la imagen 12, tablas de proceso 57, 58 y 59, así como el modelo de la gráfica 19.



Imagen 9: Hietograma de diseño según HEC HMS. Cuenca Conchacalla.

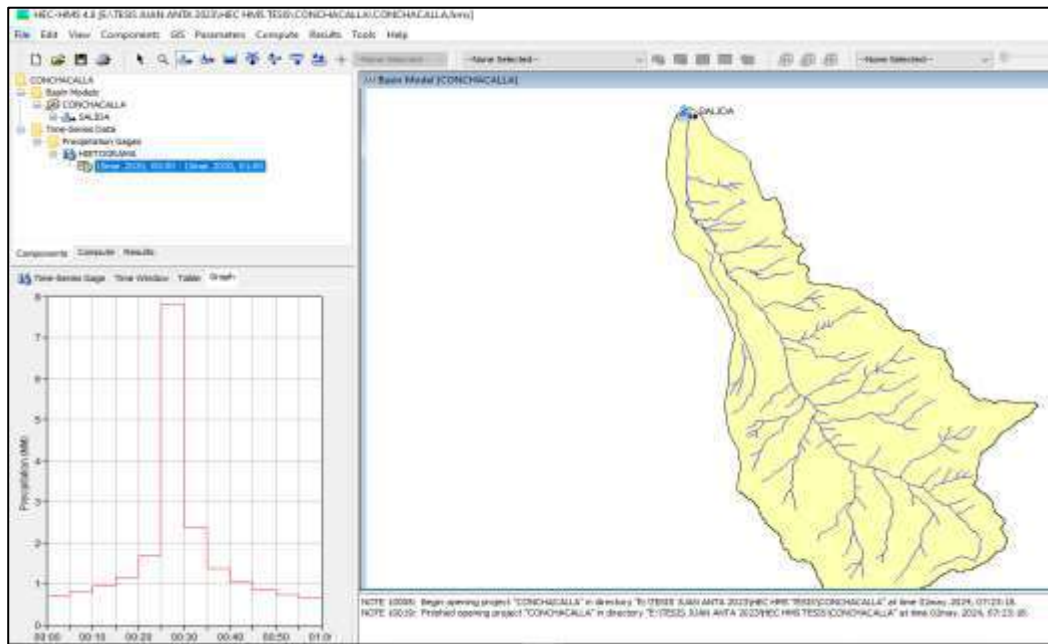
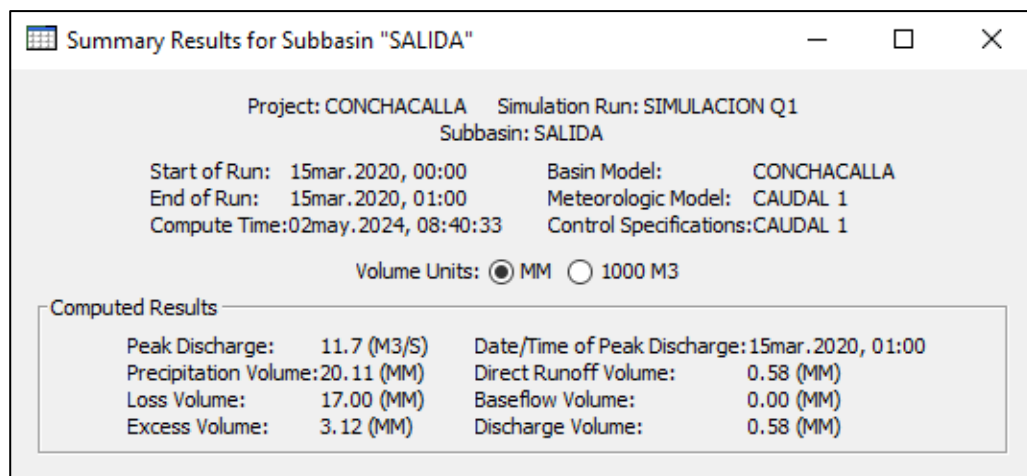


Tabla 62: Datos de precipitación máxima de 24 hr, de diseño para diferentes periodos de diseño

CUENCA	T = 5 años	T = 5 años	T = 10 años	T = 25 años	T = 50 años	T = 100 años	T = 200 años	T = 500 años	T = 1000 años
CONCHACALLA	36.71	43.6	47.99	53.3	57.08	60.72	64.24	68.74	72.01

Resultados de la simulación de generación de caudales máximos, para el punto de control Salida de la cuenca.

Tabla 63: Resumen de procesamiento de datos







“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Tabla 64: Caudal generado para un periodo de retorno de 100 años.

Global Summary Results for Run "SIMULACION Q1"				
Project: CONCHACALLA		Simulation Run: SIMULACION Q1		
Start of Run: 15mar.2020, 00:00		Basin Model: CONCHACALLA		
End of Run: 15mar.2020, 01:00		Meteorologic Model: CAUDAL 1		
Compute Time: 02may.2024, 08:32:11		Control Specifications: CAUDAL 1		
Show Elements: All Elements	Volume Units: <input type="radio"/> MM <input checked="" type="radio"/> 1000 M3	Sorting: Hydrologic		
Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (1000 M3)
SALIDA	17.44	11.7	15mar.2020, 01:00	10.0

Hidrogramas de entrada y salida para un periodo de retorno de 100 años -.

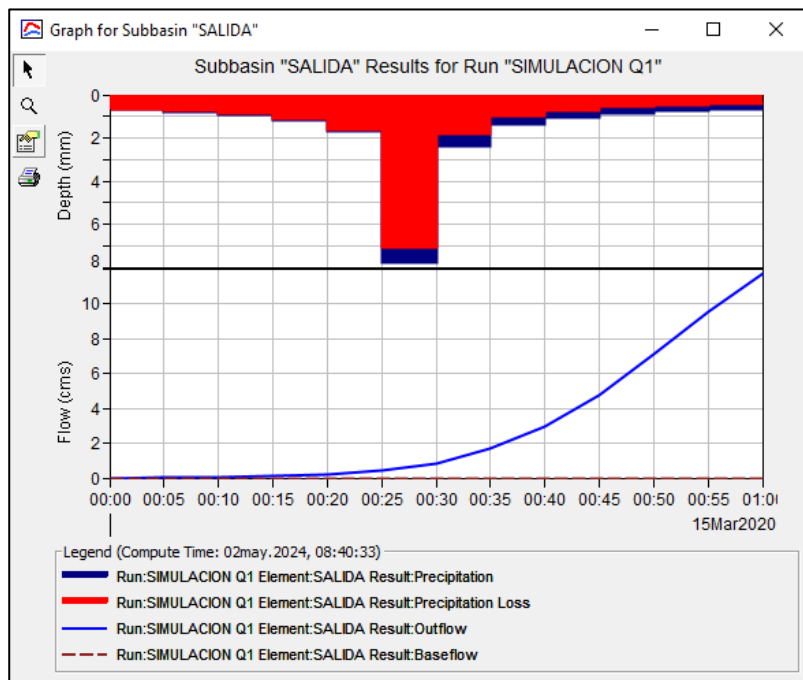
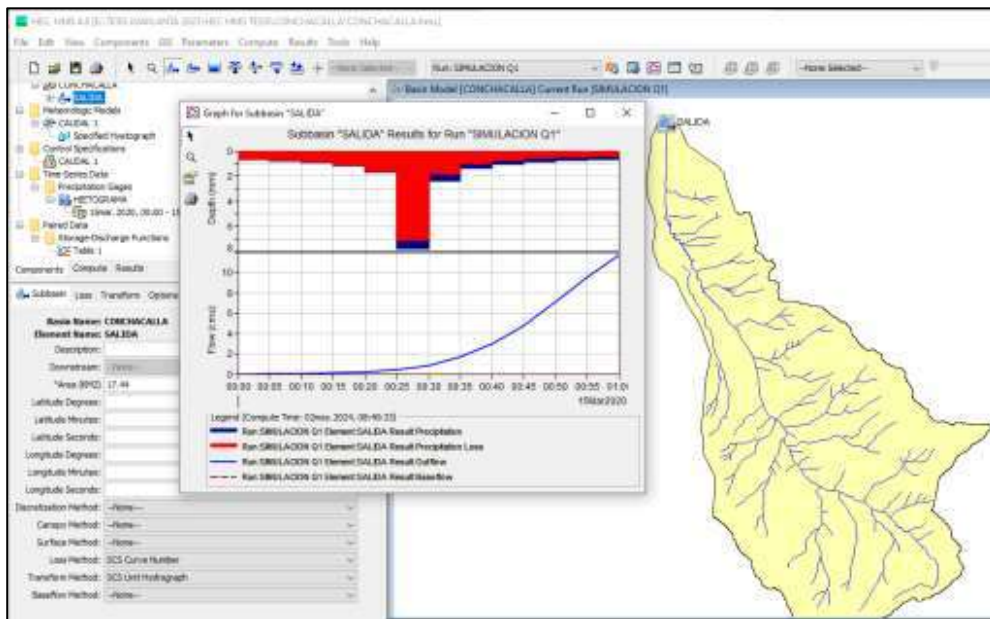




Tabla 65: Resumen de procesamiento de datos

Time-Series Results for Subbasin "SALIDA"							
Project: CONCHACALLA				Simulation Run: SIMULACION Q1			
Subbasin: SALIDA							
Start of Run: 15mar.2020, 00:00		Basin Model: CONCHACALLA		End of Run: 15mar.2020, 01:00		Meteorologic Model: CAUDAL 1	
Compute Time: 02may.2024, 08:40:33		Control Specifications: CAUDAL 1					
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
15mar.2020	00:00				0.0	0.0	0.0
15mar.2020	00:05	0.69	0.66	0.03	0.0	0.0	0.0
15mar.2020	00:10	0.79	0.75	0.04	0.0	0.0	0.0
15mar.2020	00:15	0.94	0.89	0.05	0.1	0.0	0.1
15mar.2020	00:20	1.17	1.12	0.06	0.2	0.0	0.2
15mar.2020	00:25	1.70	1.61	0.08	0.4	0.0	0.4
15mar.2020	00:30	7.80	7.08	0.72	0.8	0.0	0.8
15mar.2020	00:35	2.36	1.79	0.57	1.7	0.0	1.7
15mar.2020	00:40	1.38	0.97	0.40	2.9	0.0	2.9
15mar.2020	00:45	1.04	0.70	0.34	4.8	0.0	4.8
15mar.2020	00:50	0.86	0.56	0.30	7.1	0.0	7.1
15mar.2020	00:55	0.74	0.47	0.27	9.5	0.0	9.5
15mar.2020	01:00	0.66	0.40	0.25	11.7	0.0	11.7

Finalmente, a manera de resumen, se presenta la tabla 66, que muestra los caudales máximos generados para cada cuenca que aporta caudal al río Conchacalla, y que estos servirán más adelante para la simulación hidráulica correspondiente.

Tabla 66: Caudales pico para un periodo de retorno de 100 años HEC-HMS

ELEMENTO HIDROLÓGICO	ÁREA (KM2)	CAUDAL PICO (M3/S)	DETALLES
CONCHACALLA	17.4	11.7	Incrementando un 10 % del caudal por presencia de sedimentos se concluye un caudal bruto de escorrentía de la cuenca Conchacalla de <b>12.87 m3/s</b>

#### 6.10.4. Características Hidráulicas del curso del río principal.

El curso del río Conchacalla es considera un río de Montaña, debido a su variación altitudinal de umbral de elevación del curso de drenaje principal con respecto al nivel del mar por encima de los 3400 msnm, así como por sus características hidrogeomorfológicas como la pendiente longitudinal del cauce como factor principal el cual, de acuerdo con Jarrett (1990), un río de montaña sería aquél cuyo curso tiene



una pendiente longitudinal superior al 0,2% en el caso nuestro, supera ampliamente este valor.

Por las características de material de arrastre, el río Conchacalla, presenta un comportamiento diferenciado, hacia la zona baja se considera un río de grava, con sedimento granular no cohesivo, con rango de tamaño medio de partículas entre 2 a 64 mm, hacia la zona media, el río es considerado de canto con rangos de tamaño de partículas entre 64 y 256 mm, y hacia la zona media alta, es considerado un río de bolo, con tamaño de fragmentos superiores a 256 mm.

El régimen hidrológico mayoritariamente del río Conchacalla es básicamente estacional (verano), manteniéndose un régimen permanente natural por descarga de los acuíferos de montaña, lo que conlleva la regulación natural de la escorrentía al diferir la respuesta a las precipitaciones veraniegas.

El río Conchacalla, pertenece a una cuenca de montaña, debido especialmente a la fuerte pendiente, la capacidad de transporte de sedimentos con la que cuenta el flujo originado por precipitaciones torrenciales de alta intensidad y duración, es muy elevada. La existencia de laderas inestables, la progradación de terrazas aluviales antiguas, generan sedimentos disponibles para la corriente, el cual aportará importante carga de sólidos, con tamaño que va desde arcilla hasta bolo. según el Ing. Raúl López Alonso, según los criterios anteriores, establece tres categorías de flujo en cauces de montaña: flujo de baja a media concentración, flujo hiperconcentrado y lava torrencial. Según la definición que hace, podríamos decir que el Río Conchacalla pertenece a una categoría de flujo de baja a media concentración de sedimentos;

Debido a que hacia la zona baja de la cuenca es de nuestro interés analizar por las consideraciones de determinar el riesgo de desborde; el río transporta relativamente medianas a pequeñas cantidades de sedimento, todavía ajustado a los principios de un fluido newtoniano (aquel fluido en el que en régimen laminar la relación entre la tensión de corte en el fluido y el gradiente de velocidad es lineal) y que por lo general es turbulento. Según Costa (1984) en esta categoría de corrientes la concentración de sedimentos “C”, expresada como caudal sólido sobre caudal líquido (ambos en volumen) es inferior al 25% y la densidad es inferior a 1,3 g/cm<sup>3</sup>. El mismo, Meunier (1991) propone un límite máximo para esta categoría de flujo del orden del 5% para “C”.



*Foto 22: material de arrastre de fondo*

## **6.11. SIMULACIÓN HIDRÁULICA**

### **6.11.1. Metodología General**

El proceso de modelación y simulación son técnicas que se pueden utilizar conjuntamente en proyectos hidráulicos, de gestión de riesgo de desastres, entre otros factores que contribuyan a la seguridad y desarrollo humano.

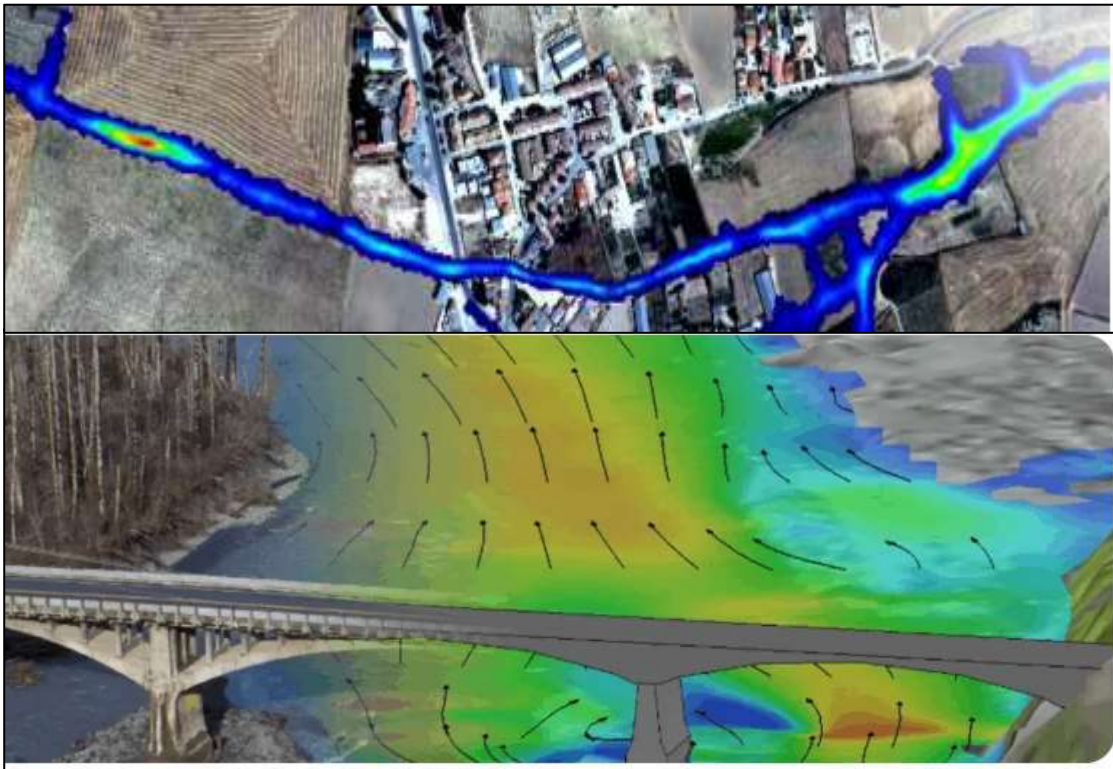
Los programas de simulación hidráulica, en principio, tienen como fundamento teórico científico las teorías plateadas por Ven Te Chow en su tratado de Hidráulica de canales abiertos. Es así que la necesidad de contar con herramientas versátiles y confiables se han desarrollados numerosos programas *HEC-RAS*, *IBER*, etc.

El Iber es un software libre, de modelo numérico o matemático bidimensional, de flujo turbulento en lámina libre en régimen no permanente, para la simulación de flujos de ríos, canales y cauces naturales, en el cual se utiliza el método de volúmenes finitos para solucionar las ecuaciones 2D de Saint Venant (Bladé et al., 2014).





*Imagen 10: Modelo de procesamiento de IBER 2D.*



Uno de los parámetros importantes requerido para la modelación está referido a la estimación del coeficiente de Manning, que representa la resistencia al flujo de agua en cauces sobre las llanuras de inundación; el valor es más alto cuando existe mayor rugosidad en la superficie de contacto con el flujo (Kumar-Parhi, 2013).

En este entender, el presente trabajo de tesis de investigación, en la cuenca de río Conchacalla, permitirá mediante el uso de la modelación hidrodinámica 2D en BERv2.5; identificar y cuantificar las zonas con alta peligrosidad a desbordes e inundación.

#### **6.11.2. Modelo Matemático del Programa.**

La ecuación general de modelación hidráulica de la cuenca, se realizó con el apoyo del software Iber versión 2.5, cuyos autores St. Venant 2D) (Bladé et al., 2014; Cea y Bladé, 2015).



$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial h U_x}{\partial x} + \frac{\partial h U_y}{\partial y} = M_s \quad (1)$$

$$\frac{\partial h U_x}{\partial t} + \frac{\partial h U_x^2}{\partial x} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial x} + \frac{\tau_{s,x}}{\rho} - \frac{\tau_{b,x}}{\rho} - \frac{g}{\rho} \frac{h^2}{2} \frac{\partial \rho}{\partial x} + 2\Omega \operatorname{sen} \lambda U_y + \frac{\partial h \tau_{xx}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial y} + M_x \quad (2)$$

$$\frac{\partial h U_y}{\partial t} + \frac{\partial h U_x U_y}{\partial x} + \frac{\partial h U_y^2}{\partial y} = -gh \frac{\partial Z_s}{\partial y} + \frac{\tau_{s,y}}{\rho} - \frac{\tau_{b,y}}{\rho} - \frac{g}{\rho} \frac{h^2}{2} \frac{\partial \rho}{\partial y} + 2\Omega \operatorname{sen} \lambda U_x + \frac{\partial h \tau_{xy}^e}{\partial x} + \frac{\partial h \tau_{yy}^e}{\partial y} + M_y \quad (3)$$

Donde:

$h$  : profundidad del agua o calado

$U_x, U_y$ : componentes de velocidad horizontales promediadas en profundidad

$g$  : aceleración de la gravedad

$Z_s$  : elevación de la lámina libre

$t_s$ : fricción en la superficie libre debida al rozamiento producido por el viento

$t_b$ : fricción debida al rozamiento de fondo

$\rho$ : densidad del agua

$\Omega$ : velocidad angular de rotación de la tierra

$\lambda$ : latitud del punto considerado

$t_{xy}^e, t_{xx}^e, t_{yy}^e$ : esfuerzos tangenciales efectivas horizontales

$M_s, M_x, M_y$ : son respectivamente términos de momento, fuente y sumidero; para modelos de precipitación, infiltración y sumideros.

### 6.11.3. Geometría De Malla De Cálculo.

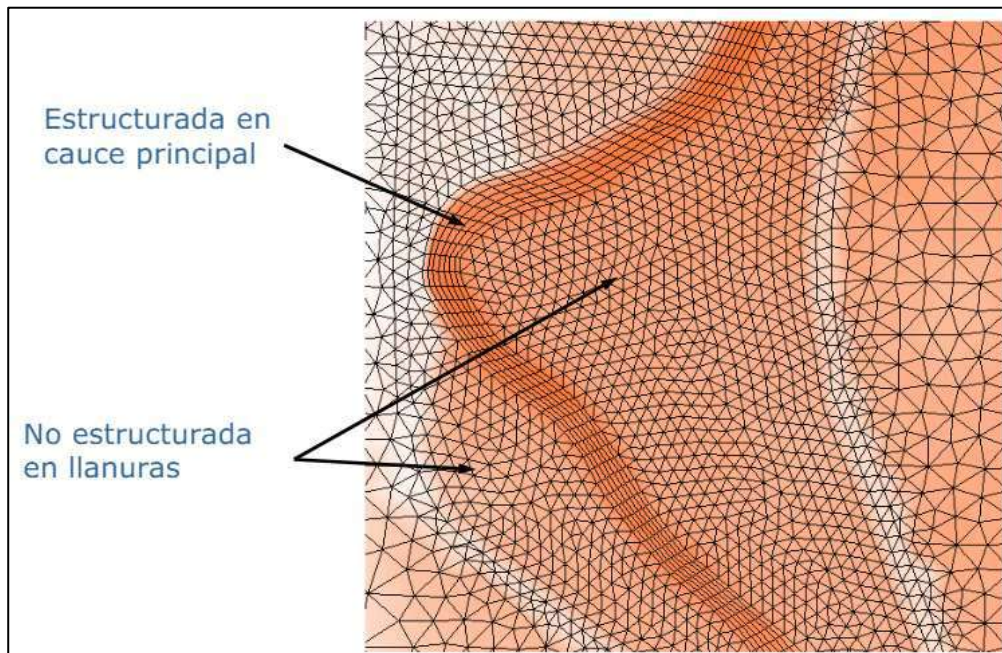
Para ello se primer paso, se importó el polígono que delimita la cuenca Conchacalla y los cauces del río principal y afluentes, generados en archivos shapefile, los cuales se han ido importando a cada una de las diferentes capas creadas en el proyecto IBER v.3.3 para diferenciar las distintas zonas del modelo: una para el río principal y otra para las zonas urbanas, etc.

Una vez construida y colapsada la geometría de cálculo se verifico que no aparezcan duplicidades en los elementos, al generar la malla aplicando los tamaños que se ha considerado para los distintos elementos de la geometría, en los límites de contacto entre las capas creadas en IBER V. 3.3, en el límite externo del contorno del modelo y en los límites de los huecos de las edificaciones se crean elementos de tipo lineal en el mallado.





Imagen 11: Mallado Iber 2D.



#### 6.11.4. Consideraciones Previas al Modelamiento.

Previo al inicio del modelamiento, se ha ingresado información:

- Caudales de diseño, generados en programa HEC-HMS, se obtuvo un caudal de 12.87 m<sup>3</sup>/s, para 100 años de periodo de retorno.

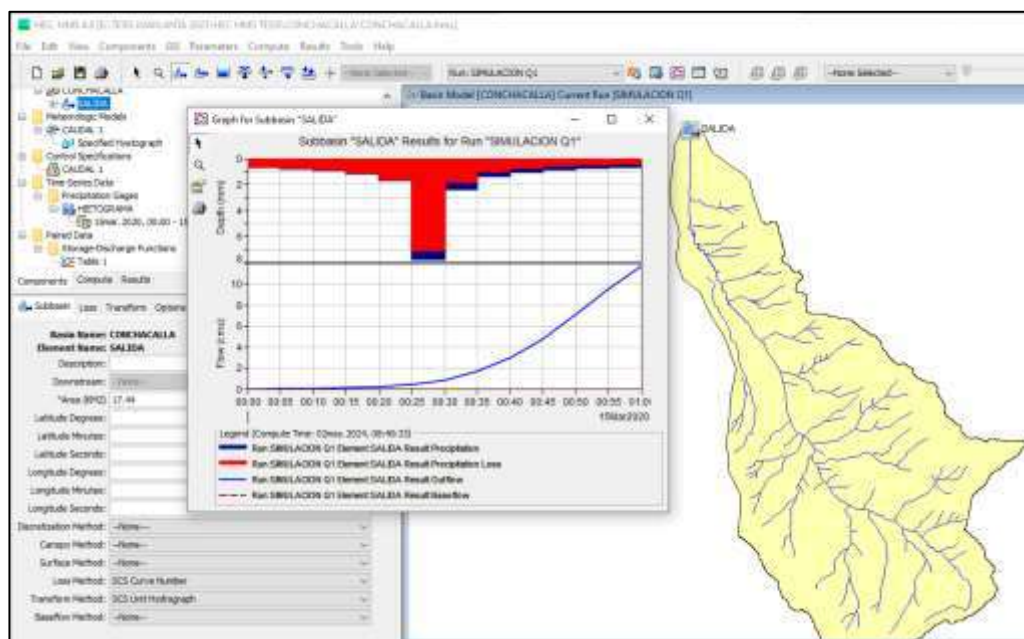




Tabla 67: Caudal Bruto de escorrentía:

ELEMENTO HIDROLÓGICO	ÁREA (KM2)	CAUDAL PICO (M3/S)	DETALLES
CONCHACALLA	17.4	11.7	Incrementando un 10 % del caudal por presencia de sedimentos se concluye un caudal bruto de escorrentía de la cuenca Conchacalla de <b>12.87 m3/s</b>

- Levantamiento topográfico de cauce de río principal con curvas de nivel dada 1m y de 3400 m de longitud, con su batimetría o sección de cauce de río.
- Condiciones de contorno.
- Coeficiente de rugosidad de Manning: según tabla de coeficientes de Manning para lechos de

Tabla 68: Valores de rugosidad “n” de Manning en canales

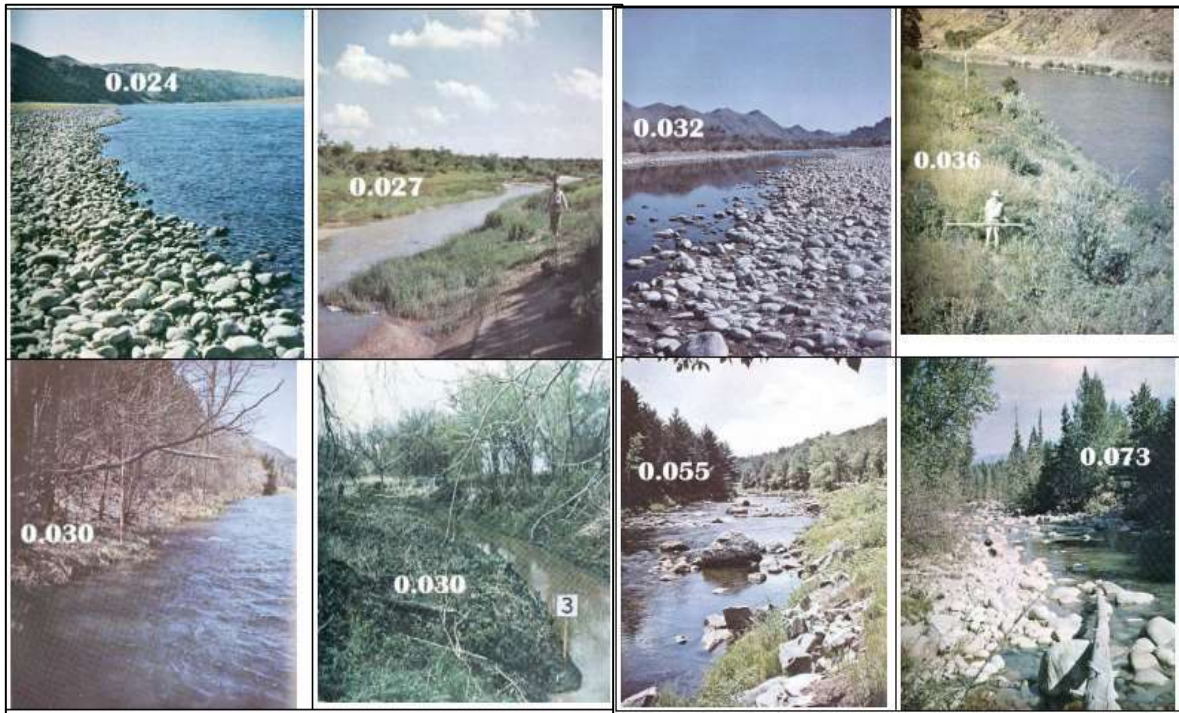
Superficie	Condiciones			
	Perfectas	Buenas	Regulares	Malas
<b>Corrientes naturales</b>				
1. Limpios, bordos rectos, llanos, sin hendiduras ni charcos profundos	0.025	0.0275	0.030	0.033
2. Igual a 1, pero con algo de hierbas y piedra	0.030	0.033	0.035	0.040
3. Sinuoso, algunos charcos y escollos limpios	0.033	0.035	0.040	0.045
4. Igual a 3, de poco tirante con pendiente y sección menos eficientes	0.040	0.045	0.050	0.055
5. Igual a 3, algo de hierba y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
6. Igual a 4, secciones pedregosas	0.045	0.050	0.055	0.060
7. Ríos perezosos, cauce enhierbado o con charcos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
8. Cauces muy enhierbados	0.075	0.100	0.125	0.150

Fuente: Canales de Desviación; Ciancaglini, N. 1966, Argentina, UNESCO



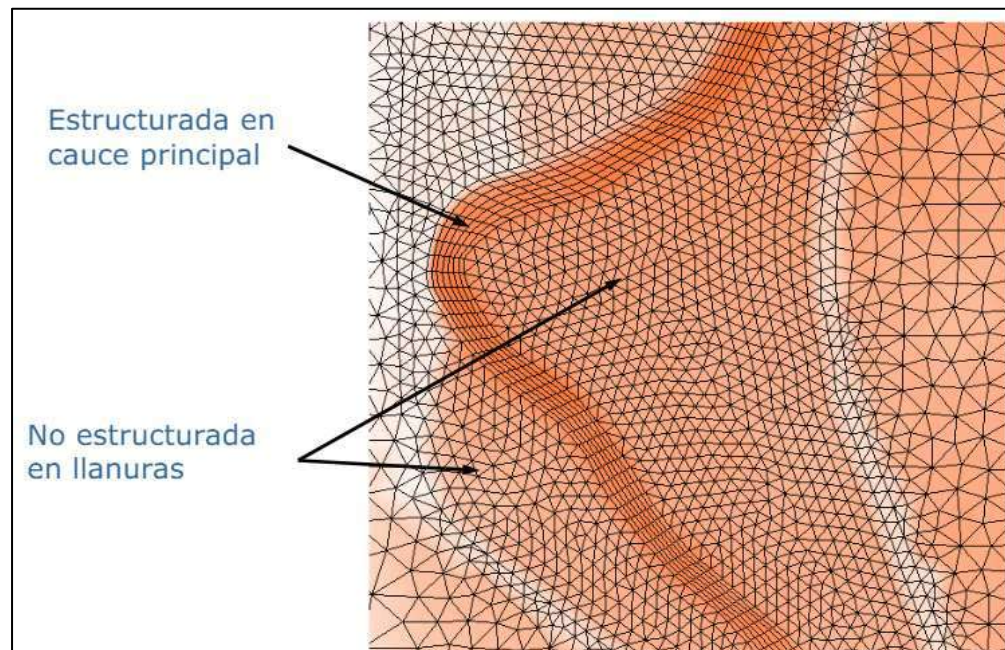


Imagen 12: Modelo de canales fluviales con diferentes coeficientes de Manning.



Fuente: Libro Cálculos hidrológicos e hidráulicos, Máximo Villón

- Mallado de la superficie en función a cauce de río y zonas de planicies.



- Así mismo se ha considerado la existencia de obstáculos como pontones, pasarelas cruce de sistemas de alcantarillado etc.





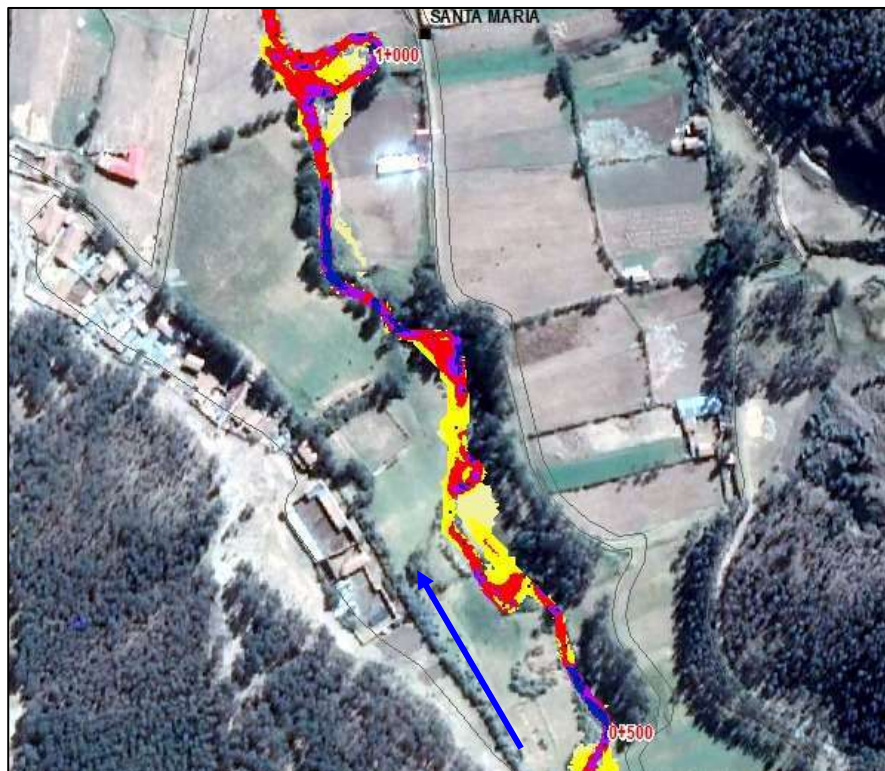
### 6.11.5. Resultados del modelado:

Habiendo transitado los caudales máximos generados por el cauce fluvial, se han obtenido los mapas siguientes por tramos de recorrido:

*Imagen 13: Proceso de simulación de progresiva 0+0 00 a 0+500 m.*



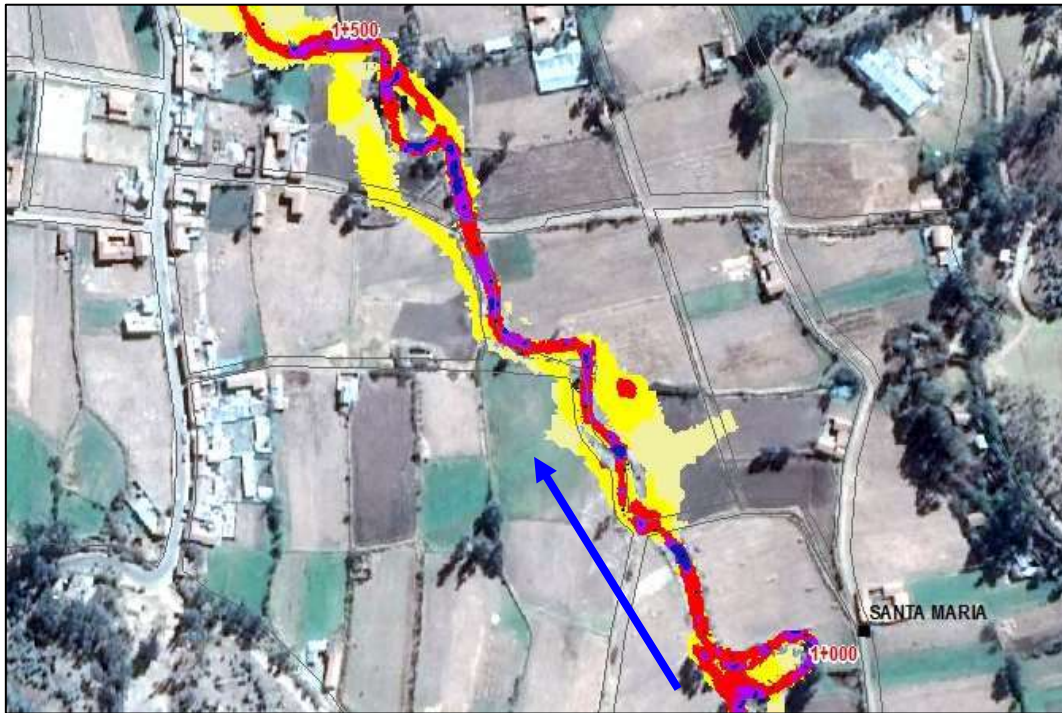
*Imagen 14: Proceso de simulación de progresiva 0+500 a 1+000 m.*







*Imagen 15: Proceso de simulación de progresiva 1+000 a 1+500 m*



*Imagen 16: Proceso de simulación de progresiva 1+500 a 2+000 m*

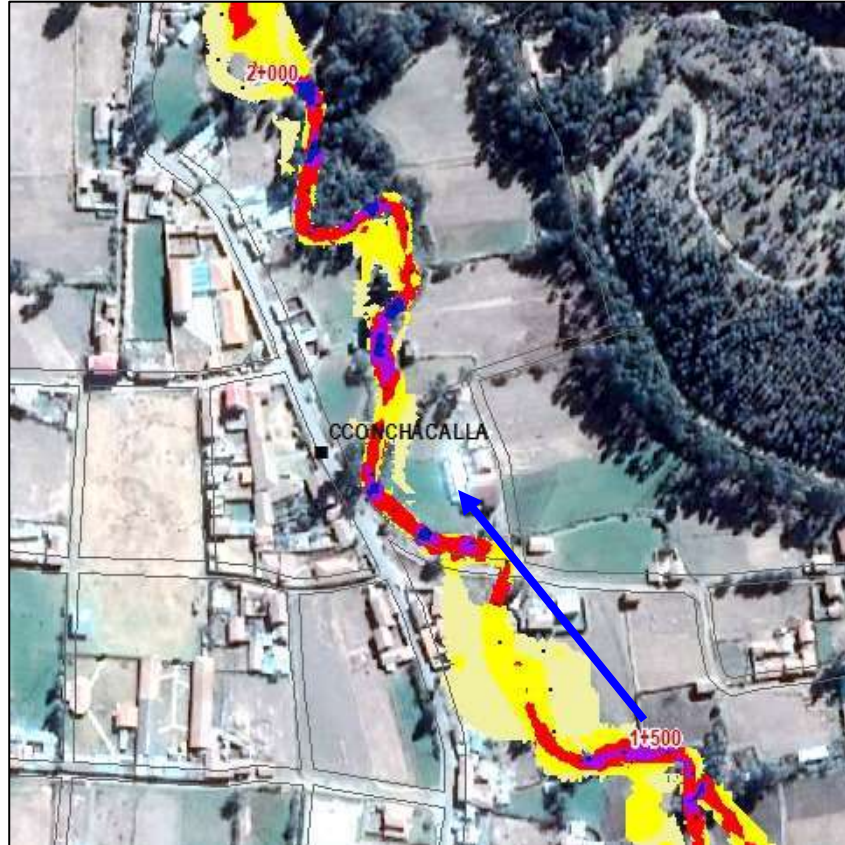






Imagen 17: Proceso de simulación de progresiva 2+000 a 2+500 m

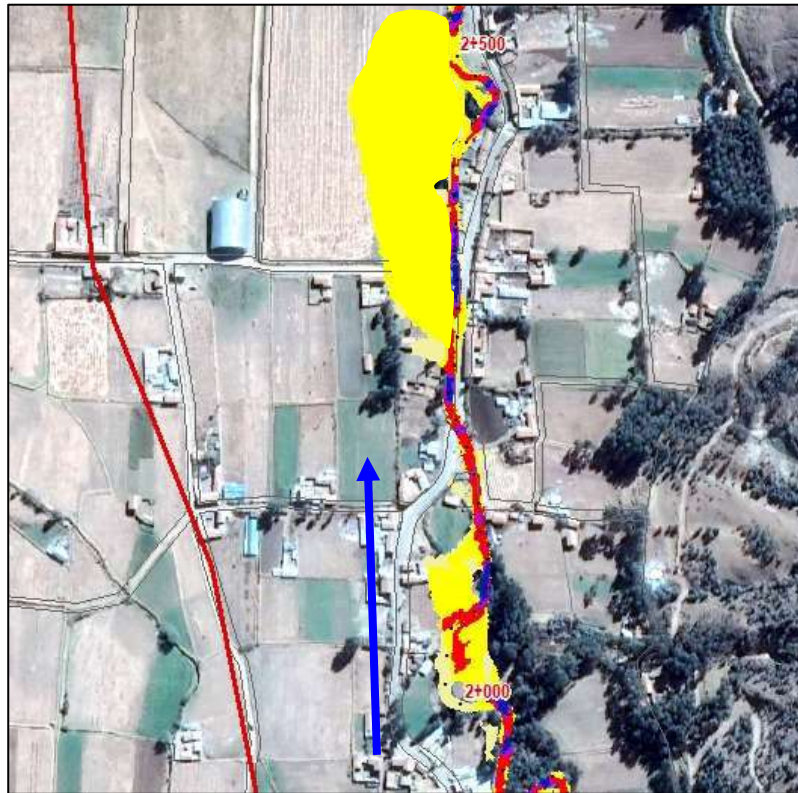


Imagen 18: Proceso de simulación de progresiva 2+500 a 3+000 m







Imagen 19: Proceso de simulación de progresiva 3+000 a 3+500 m punto final de estudio.





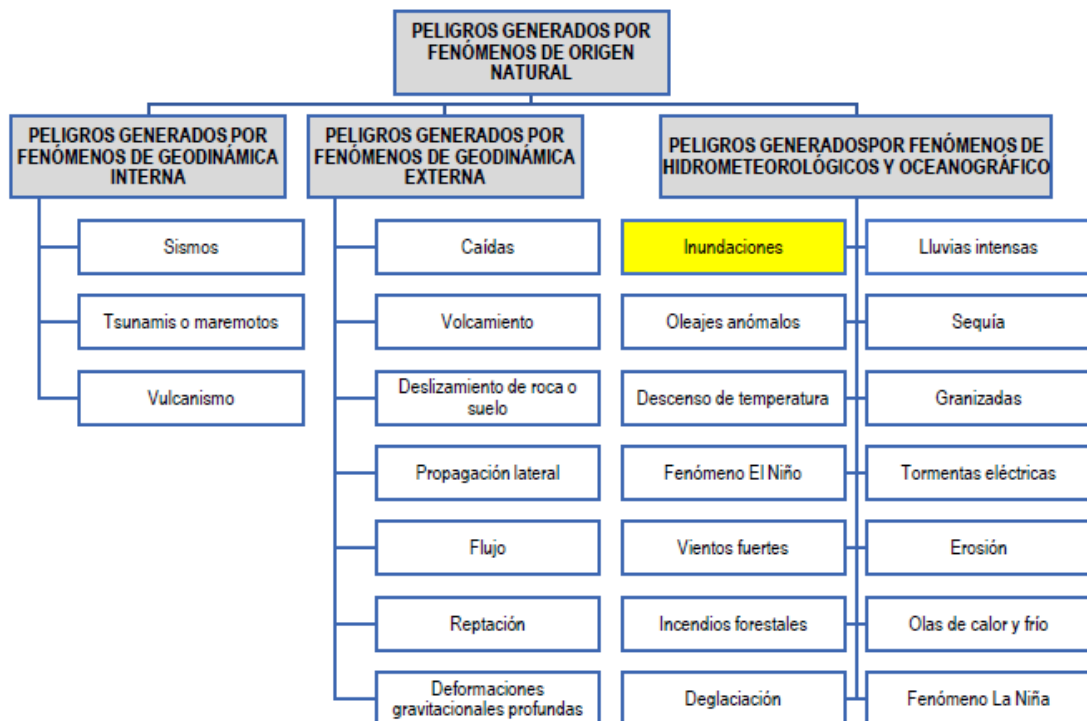
## 7. EVALUACIÓN DE RIESGOS

### 7.1. Identificación De Peligro:

A nivel de la Cuenca del río Conchacalla, se ha podido identificar la ocurrencia de 2 tipos de peligros: peligros por remoción en masa y peligros hidrodinámicos (desborde e inundación), SEGÚN EL Manual de evaluación de riesgos del CENEPRED

Según el Manual EVAR del CENEPRED (versión 2) (2015), se tiene la siguiente clasificación de peligros originados por fenómenos naturales.

Diagrama 2: Clasificación de peligros originados por fenómenos naturales



Fuente: CNEPRED -2015

De los cuales nos enfocaremos en tratar la inundación como parte de los peligros generados por fenómenos hidrometeorológicos más relevantes en la zona de estudio, sin embargo, mencionaremos también la existencia de fenómenos de geodinámica externa tal como sigue.

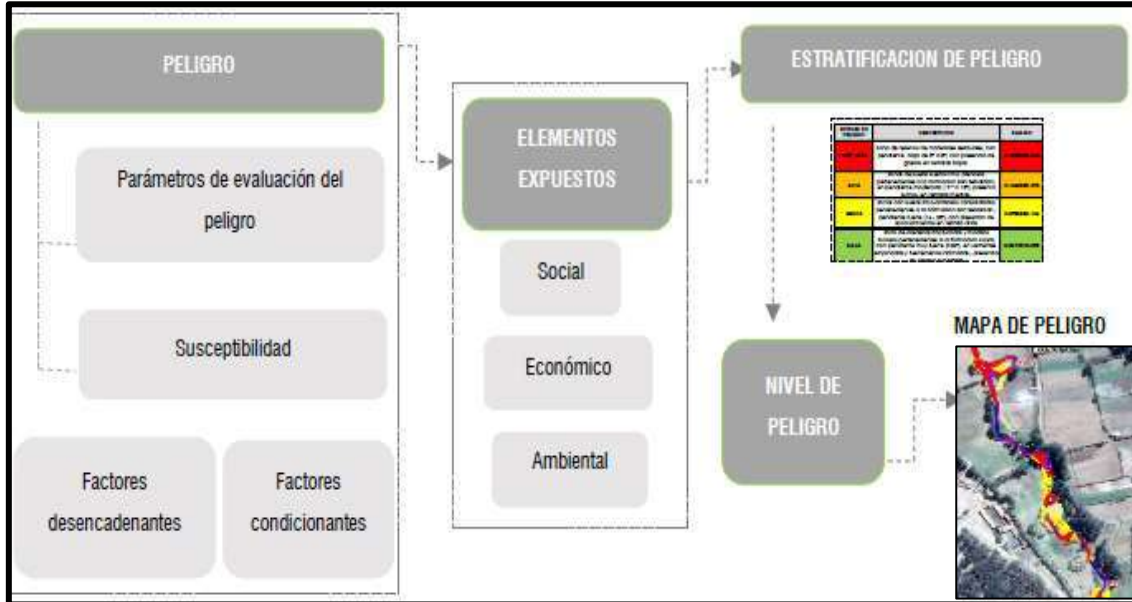
**Procesos de remoción en masa:** Estas se ubican a ambas márgenes del río Conchacalla desde la parte media a alta del cauce principal, el cual constituyen cuerpos de pequeña a mediana escala de peligrosidad influenciados a dinámica de socavación lateral del río en sus crecidas medias máximas.



**Eventos Hidrodinámicos de desborde e inundación:** de acuerdo a los reportes de antecedente por INDECI-ANTA, y de entrevista a pobladores de la zona, es cada vez más frecuente eventos de desborde e inundación del río Conchacalla ante lluvias anómalas, el ultimo evento se registró en febrero del 2019.

A nivel de metodología, para determinar el nivel de peligrosidad por eventos de desborde e inundación fluvial se utilizó la metodología propuesta por CENEPRED, en su Manual de Evaluación de Riesgos del 2014 V.2, tomando como indicadores de evaluación tirante hidráulico o altura y velocidad de la corriente de flujo; para determinar la susceptibilidad se ha tomado en cuenta los factores condicionantes (unidades geológicas, la geomorfología y pendiente de la zona, factores antrópicos) y como factor desencadenantes (las intensidades de precipitación máximas); la identificación de los elementos expuestos está basada en (población, viviendas, servicios, vías de acceso y unidades agrícolas), todos estos parámetros fueron categorizados a través de pesos por vectores de priorización mediante el método de SAATY (CENEPRED,

Diagrama 3: flujograma de peligrosidad



Fuente: CENEPRED 2015.



### 7.1.1. Determinación del nivel de peligrosidad ante inundaciones.

La probabilidad de ocurrencia de tormentas con intensidad de precipitación de hasta 62.72 mm en un lapso de 24 horas es **Alta**, y más aún, de intensidad de 20.11 mm para una hora de lluvia (según tiempo de concentración), para un periodo de retorno cada 100 años, es **muy Alta**, llegando a generar desborde e inundación del río Conchacalla, afectando viviendas, infraestructura de servicios, y áreas de producción agrícola (según modelado hidráulico IBER 2D).

### 7.1.2. Susceptibilidad del ámbito de estudio ante el peligro por inundación

#### 7.1.2.1. Factores desencadenantes

##### La precipitación:

La probabilidad de ocurrencia de tormentas con intensidad de hasta 62.72 mm en 24 horas y de intensidad de 20.11 mm para una hora de lluvia (según tiempo de concentración), para un periodo de retorno cada 100 años, es **muy Alta**, llegando a generar desborde e inundación del río Conchacalla, afectando viviendas, infraestructura de servicios, y áreas de producción agrícola (según modelado hidráulico IBER 2D).



*Imagen 20: antecedentes de lluvias intensas en distrito de Anta 25 febrero 2019 y problemas de desborde, cauce del río Conchacalla (fuente: Perú 21)*

Para determinar el peligro generado por Inundación fluvial a través del modelo de **Saaty**, se ha utilizado el caudal máximo, para diferentes periodos de retorno tomando como índice el periodo de retorno de 100 años. Según el modelamiento de flujo de IBER 2D, estos generan rangos de velocidad de flujo (m/s) y la altura de tirante (m), el cual, comparando con los rangos establecidos en la tabla siguiente, el río Conchacalla llegaría





a un nivel de gravedad Alta (mayor a 1.5 m de altura de tirante hidráulica). Se construyó la valoración de comparación de pares y su vector de priorización correspondiente (tablas xx y sss).

Tabla 69: Peligrosidad por Rango de factor de gravedad según tirante hidráulico y velocidad de flujo

Gravedad	Descripción	Rango	Factor de Gravedad
Extrema	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado superior a 4 metros, una velocidad mayor que 6 m/s o el producto de ambas superior a 2 m <sup>2</sup> /s	$c > 4m$ $v > 6 \text{ m/s}$ $c \cdot v > 2m^2/s$	6.0
Muy alta	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado entre 2 y 4 metros, una velocidad entre 3,5 y 6 m/s o el producto de ambas superior a 1 m <sup>2</sup> /s	$2 < c < 4m$ $3,5 < v < 6 \text{ m/s}$ $1 < c \cdot v < 2m^2/s$	4.0
Alta	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado entre 1 y 2 metros, una velocidad entre 1 y 3,5 m/s o el producto de ambas superior a 0,5 m <sup>2</sup> /s	$1 < c < 2m$ $1 < v < 3,5 \text{ m/s}$ $0,5 < c \cdot v < 1m^2/s$	2.0
Moderada	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado superior a 0,4 metros, una velocidad mayor a 0,4 m/s y el producto de ambas superior a 0,08 m <sup>2</sup> /s	$0,4 < c < 1m$ $0,4 < v < 1 \text{ m/s}$ $0,08 < c \cdot v < 0,5m^2/s$	1.0
Baja	Zona donde las condiciones hidráulicas presentan un calado inferior a 0,4 metros, una velocidad menor a 0,4 m/s y el producto de ambas menor que 0,08 m <sup>2</sup> /s	$c \leq 0,4m$ $v \leq 0,4 \text{ m/s}$ $c \cdot v \leq 0,08m^2/s$	0.5

Tabla 70: Comparación de pares para altura de flujo, según modelamiento con IBER 2d.

<span style="color: blue;">■</span> 0.01 - 0.50	Altura de tirante hidráulico río Conchacalla
<span style="color: cyan;">■</span> 0.50 - 0.75	
<span style="color: green;">■</span> 0.75 - 1.00	
<span style="color: yellow;">■</span> 1.01 - 1.50	
<span style="color: red;">■</span> 1.51 - 2.70	

DESCRIPTORES	Mayor a 1.5m	1.0m a 1.5m	0.75m a 1.0m	0.5m a 0.75m	Menor de 0.5m
Mayor a 1.5m	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
1.0m a 1.5m	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
0.75m a 1.0m	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.5m a 0.75m	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor de 0.5m	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Fuente: Modelo de comparación de pares CENEPRED, y procesado por el tesista





Tabla 71: Vector de priorización para altura de flujo, según modelamiento con IBER 2d.

Descriptores	Mayor A 1.5m	1.0m A 1.5m	0.75m A 1.0m	0.5m A 0.75m	Menor De 0.5m	Vector De Priorización	Porcentaje
Mayor a 1.5m	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503	50.282
1.0m a 1.5m	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260	26.023
0.75m a 1.0m	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134	13.435
0.5m a 0.75m	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068	6.778
Menor de 0.5m	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035	3.482
<b>SUMA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>100</b>

Tabla 72: Comparación de pares para Velocidad de flujo, según modelamiento con IBER 2d.

0.00 - 0.50	Velocidad de flujo hidráulico rio Conchacalla
0.51 - 1.50	
1.51 - 2.50	
2.51 - 3.50	
3.51 - 5.93	

Descriptores	Mayor a 3.5m/s	2.5m/s a 3.5m/s	1.5m/s a 2.5m/s	0.5m/s a 1.5m/s	Menor de 0.5m/s
Mayor a 3.5m/s	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
2.5m/s a 3.5m/s	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
1.5m/s a 2.5m/s	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
0.5m/s a 1.5m/s	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
Menor de 0.5m/s	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
<b>Suma</b>	<b>1.79</b>	<b>4.68</b>	<b>9.53</b>	<b>16.33</b>	<b>25.00</b>
<b>1/Suma</b>	<b>0.56</b>	<b>0.21</b>	<b>0.10</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>

Fuente: Modelo de comparación de pares CENEPRED, y procesado por el tesista.

Tabla 73: Vector de priorización para Velocidad de flujo, según modelamiento con IBER 2d.

Descriptores	Mayor A 3.5m/S	2.5m/S A 3.5m/S	1.5m/S A 2.5m/S	0.5m/S A 1.5m/S	Menor De 0.5m/S	Vector De Priorización	Porcentaje
Mayor a 3.5m/s	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503	50.282
2.5m/s a 3.5m/s	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260	26.023
1.5m/s a 2.5m/s	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134	13.435
0.5m/s a 1.5m/s	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068	6.778
Menor de 0.5m/s	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035	3.482
<b>SUMA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>100</b>



### 7.1.2.2. Factores Condicionantes

Son parámetros que contribuyen de manera favorable al desarrollo del Peligro por inundación, así como su distribución espacial. Estos parámetros provienen de la realidad misma de la cuenca entre los que están la geología, la geomorfología y la pendiente del terreno. Cabe indicar también que existe un factor antrópico plus que contribuye al peligro detallado más adelante.

#### La geología

Tabla 74: Comparación de pares para factor Geología.

GEOLOGIA	Deposito Fluvioalvial, Aluvial	Formación San Sebastián	Deposito Coluvial	Formación Tacaza
Deposito Fluvioalvial, Aluvial	1	0.33	0.20	0.14
Formación San Sebastián	3	1	0.33	0.20
Deposito Coluvial	5	3	1	0.33
Formación Tacaza	7	5	3	1
SUMA	16	9.33	4.53	1.68
1/SUMA	0.0625	0.11	0.22	0.60

Tabla 75: Vector de priorización para factor Geología.

Geoforma	Deposito Fluvioalvial, Aluvial	Formación San Sebastián	Deposito Coluvial	Formación Tacaza	VECTOR DE PRIORIZACION	Porcentaje
Deposito Fluvioalvial, Aluvial	0.06	0.04	0.04	0.09	0.06	5.69
Formación San Sebastián	0.19	0.11	0.07	0.12	0.12	12.19
Deposito Coluvial	0.31	0.32	0.22	0.20	0.26	26.33
Formación Tacaza	0.44	0.54	0.66	0.60	0.56	55.79
SUMA	1	1	1	1	1	100.00

IC 0.039

RC 0.045



## La Geomorfología

Tabla 76: Comparación de pares para factor Geomorfología.

Geoforma	Terraza Baja	Terraza Media	Pie de Montaña Baja	Vertiente de Montaña baja
Terraza Baja	1	0.33	0.20	0.14
Terraza Media	3	1	0.33	0.20
Pie de Montaña Baja	5	3	1	0.33
Vertiente de Montaña baja	7	5	3	1
<b>SUMA</b>	16	9.33	4.53	1.68
<b>1/SUMA</b>	0.0625	0.11	0.22	0.60

Tabla 77: Vector de priorización para factor Geomorfología.

Geoforma	Terraza Baja	Terraza Media	Pie de Montaña Baja	Vertiente de Montaña baja	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
Terraza Baja	0.06	0.04	0.04	0.09	0.06	5.69
Terraza Media	0.19	0.11	0.07	0.12	0.12	12.19
Pie de Montaña Baja	0.31	0.32	0.22	0.20	0.26	26.33
Vertiente de Montaña baja	0.44	0.54	0.66	0.60	0.56	55.79
<b>SUMA</b>	1	1	1	1	1	100.00

IC 0.0395

RC 0.0448



**La pendiente.**

*Tabla 78: Comparación de pares para factor Pendiente.*

Pendientes	0°-1°	1°-5°	5°-15°	15°-25°	25°-45°	45°-75°
0°-1°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
1°-5°	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00
5°-15°	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00	4.00
15°-25°	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00	3.00
25°-45°	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00	2.00
45°-75°	0.17	0.20	0.25	0.33	0.50	1.00
<b>SUMA</b>	<b>2.45</b>	<b>4.28</b>	<b>7.08</b>	<b>10.83</b>	<b>15.50</b>	<b>21.00</b>
<b>1/SUMA</b>	<b>0.41</b>	<b>0.23</b>	<b>0.14</b>	<b>0.09</b>	<b>0.06</b>	<b>0.05</b>

*Tabla 79: Vector de priorización para factor pendiente.*

Pendientes	0°-1°	1°-5°	5°-15°	15°-25°	25°-45°	45°-75°	VECTOR DE PRIORIZACION	PORCENTAJE
0°-1°	0.41	0.47	0.42	0.37	0.32	0.286	0.379	37.936
1°-5°	0.20	0.23	0.28	0.28	0.26	0.238	0.249	24.883
5°-15°	0.14	0.12	0.14	0.18	0.19	0.190	0.160	16.043
15°-25°	0.10	0.08	0.07	0.09	0.13	0.143	0.102	10.244
25°-45°	0.08	0.06	0.05	0.05	0.06	0.095	0.065	6.549
45°-75°	0.07	0.05	0.04	0.03	0.03	0.048	0.043	4.344
<b>SUMA</b>	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.000	1.000	<b>100.000</b>

IC 0.025

RC 0.020

**Factores Antrópicos.**

También es un factor condicionante muy importante referido a las características estructurales de los puentes que atraviesan el curso del río Conchacalla. En algunos de ellos de poca luz y de baja altura, que genera obstáculo al paso libre del agua en sus máximas avenidas (HEC-HMS) generadas para el proceso de simulación (IBER-2D), ocasionando turbulencia y represamiento temporal y desborde de las aguas del río.

Utilizando el programa Hcanales, verificamos la capacidad máxima de transporte de las estructuras hidráulicas como puentes que atraviesan el cauce del río, tomando como indicador el caudal máximo generado (HEC-HMS)  $Q_{max} = 12.87 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Imagen 21: captura de pantalla de programa HCANALES.



Puente 01: ubicado en las coordenadas Este: 803464 Norte: 8504131, se observa que la capacidad de transporte solo llega a 11.91 m<sup>3</sup>/s, inferior al caudal máximo generado, por lo que se sugiere **modificar** las dimensiones del puente.



Foto 24: Geometría del Puente 01 coordenadas Este: 803464 Norte: 8504131

Imagen 22: Cálculo de capacidad de transporte Puente 01 HCANALES.





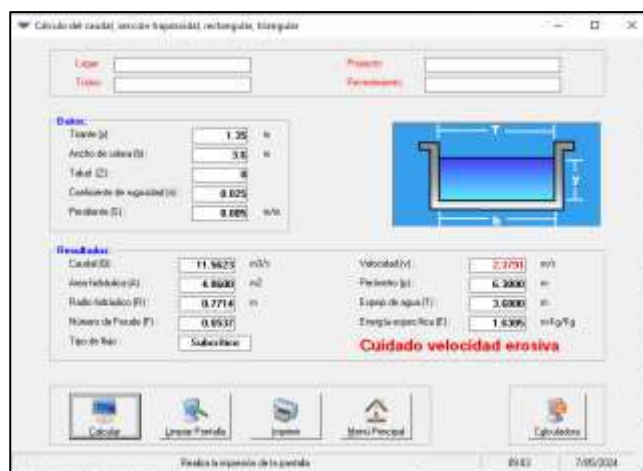


Puente 02: ubicado en las coordenadas Este: 803332 Norte: 8504314, se observa que la capacidad de transporte solo llega a 11.56 m<sup>3</sup>/s, inferior al caudal máximo generado, por lo que se sugiere **modificar** las dimensiones del puente.



Foto 25-26: Geometría del Puente 02 coordenadas Este: 803332 Norte: 8504314.

*Imagen 23: Cálculo de capacidad de transporte Puente 02 HCANALES.*



Puente 03: ubicado en las coordenadas Este: 803210 Norte: 8504721, se observa que la capacidad de transporte llega a 50.60 m<sup>3</sup>/s, muy superior al caudal máximo generado, por lo que garantiza el paso libre del caudal máximo.



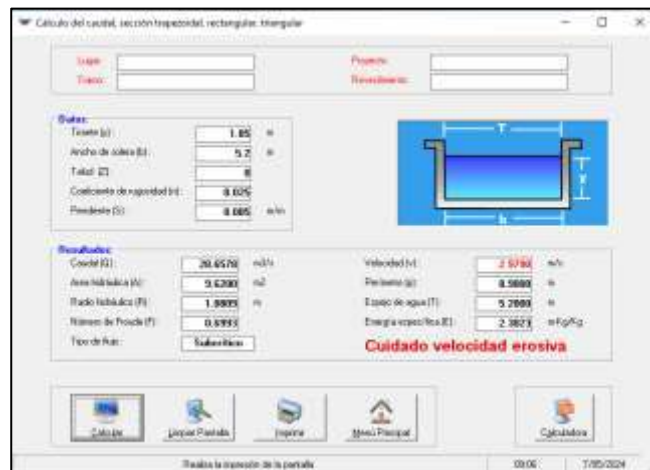
Foto 27: Geometría del Puente 03 coordenadas Este: 803210 Norte: 8504721.

Imagen 24: Cálculo de capacidad de transporte Puente 03 HCANALES



Puente 04: ubicado en las coordenadas Este: 803476 Norte: 8504081, se observa que la capacidad de transporte llega a 28.66 m<sup>3</sup>/s, muy superior al caudal máximo generado, por lo que garantiza el paso libre del caudal máximo.

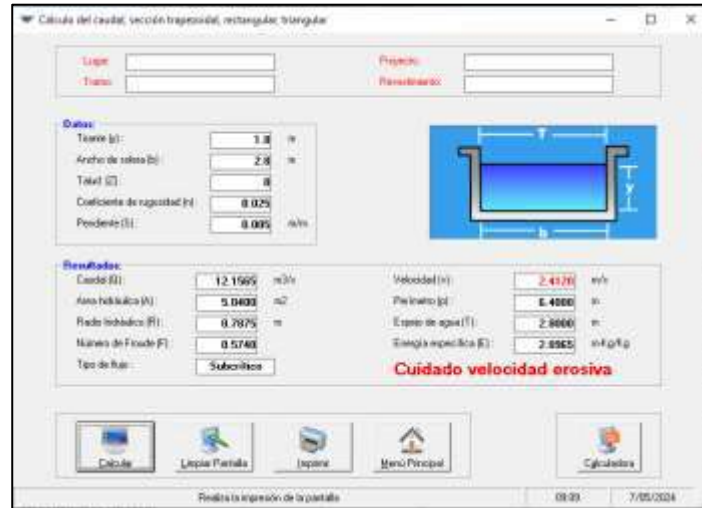
Imagen 25: Cálculo de capacidad de transporte Puente 04 HCANALES.





Puente 05: ubicado en las coordenadas Este: 803215 Norte: 8505092, se observa que la capacidad de transporte solo llega a 12.16 m<sup>3</sup>/s, inferior al caudal máximo generado, por lo que se sugiere solo limpiar y descolmatar el cauce del río en la zona del puente.

Imagen 26: Cálculo de capacidad de transporte Puente 05 HCANALES



**Puente 06:** ubicado en las coordenadas Este: 803251 Norte: 8505955, se observa que la capacidad de transporte llega a 17.80 m<sup>3</sup>/s, muy superior al caudal máximo generado, por lo que garantiza el paso libre del caudal máximo.



Foto 28: Geometría del Puente 06 coordenadas Este: 803251 Norte: 8505955.





Imagen 27: Cálculo de capacidad de transporte Puente 06 HCANALES.



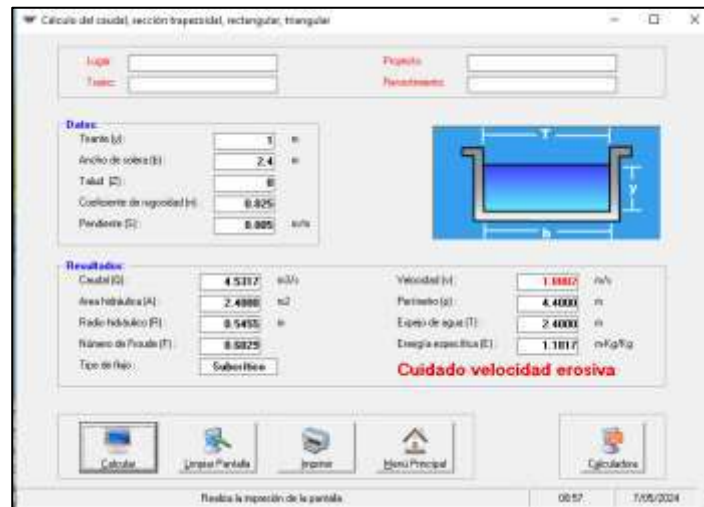
**Ponton 07:** ubicado a la salida y atraviesa la vía asfaltada a Abancay, en las coordenadas Este: 803253 Norte: 8505992, se observa que la capacidad de transporte solo llega a 4.53 m<sup>3</sup>/s, muy inferior al caudal máximo generado, por lo que se sugiere **modificar** las dimensiones del pontón.



Foto 29: Geometría del Puente 07 coordenadas Este: 803253 Norte: 8505992.



Imagen 28: Cálculo de capacidad de transporte Puente 07 HCANALES.



**Rio Conchacalla:** Punto de evaluación 08, ubicado en cauce natural del río Conchacalla, cuya sección típica, se ha realizado en la coordenada Este: 803476 Norte: 8504081, se observa que la capacidad de transporte del cuce natural solo llega a 5.43 m<sup>3</sup>/s, muy inferior al caudal máximo esperado, por lo que se sugiere urgentemente la construcción de defensa riverena con sistema de gavionería en sus 3.7 km de longitud evaluado.



Foto 30-31: Sección del cauce del río Conchacalla en punto Este: 803476 Norte: 8504081.





Imagen 29: Cálculo de capacidad de transporte cauce del rio HCANALES.



## 7.2. Identificación De Elementos Expuestos:

### A. Viviendas, colegios, postas.

Ante un inminente desborde e inundación de calles aledañas al río Conchacalla, las viviendas de material de adobe, serían los más afectados.



Foto 32: tipología de vivienda predominante en la comunidad de Conchacalla (adobe)



Foto 33-34: Entrevista a poblador que señala desde que zona viviendas fueron afectadas por desborde año 2010-2019.



Foto 35-36: Entrevista a poblador que señala viviendas afectadas por desborde año 2010-2018.



Foto 37: Centro educativo de Conchacalla primaria y secundaria con 320 estudiantes.

Tabla 80: Inventario de infraestructura expuesta al peligro vivienda y centro educativo

MATERIAL	NUMERO
Adobe	28
Concreto	03
Mixtas	05
Colegio	01



Foto 38-39: Trabajo de campo Encuesta a pobladores registro de infraestructura de viviendas



Foto 40-41: Trabajo de campo Encuesta a pobladores registro de infraestructura de viviendas



Foto 42-43: Trabajo de campo Encuesta a pobladores registro de infraestructura de viviendas





## B. Servicio De Agua Potable.

La población de Conchacalla, cuenta con sistema de agua potable, pero que las conexiones entre ambas márgenes del río se realiza por pases aéreos, a alturas bajas del nivel del río y otros pegados a la estructura de puentes en cara aguas arriba.



Foto 44: Pases aéreos de líneas de conducción de agua potable cerca a puentes a 1.40 m de altura del nivel del río.



Fotos 45: pases aéreos de líneas de conducción principal expuestas a peligro de máximas avenidas.



Foto 46: pase aéreo de línea de conducción principal expuesta a peligro de máxima avenida.



### C. Servicio de Alcantarillado:

Según el modelamiento hidráulico del río Conchacalla, este servicio, corre el peligro de obstruirse por ingreso de agua y sedimentos en el proceso de desborde e inundación de calles y viviendas aledañas al río Conchacalla. Así mismo como se observa en las imágenes, la red de servicio de desagüe, atraviesa el cauce del río a 0.80 m del nivel del río, generando obstáculo al paso de agua en fuertes avenidas normales.



Foto 47-48: Línea de conducción principal de desagüe 6”, que atraviesa el curso del río Conchacalla en pase aéreo de baja altitud.

### D. Infraestructura Eléctrica.

Frente a una probable inundación pluvial en la comunidad Conchacalla, los postes de alta tensión y los postes de baja tensión (red eléctrica), mostraría afectaciones imposibilitando la dotación de energía a toda la población.



Foto 49: Registro de infraestructura eléctrica en zona de inundación.





### E. Áreas agrícolas

De igual manera, pese al levantamiento de las márgenes del río Conchacalla con tierra natural, en los sectores agrícolas, y un terraplén que sirve de acceso vehicular (margen derecha), estas por su topografía (áreas agrícolas) se encuentran casi a nivel o hasta 0.5 m por encima del nivel del río, conformando extensas áreas allanadas, de producción agrícola muy vulnerables a procesos de desborde como se ha verificado en el modelado hidráulico.



Foto 50: Áreas agrícolas a ambas márgenes del río Conchacalla, muchas de ellas a nivel del río.



Foto 51: Áreas agrícolas a ambas márgenes del río Conchacalla, muchas de ellas a nivel del río.

Tabla 81: Áreas agrícolas posibles a ser afectadas por desborde.

Áreas Agrícolas	Nº (ha)
Margen derecha	5
Margen izquierda	8



### 7.3. Identificación del escenario ante el proceso de inundación fluvial

Para ello, se ha considerado el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años, según el modelamiento hidráulico, el tránsito de estos caudales por el cauce fluvial natural en situación actual, ocasiona desborde e inundación, ocasionando graves daños en los elementos expuestos, en su dimensiones social, económica y ambiental.

Tabla 82: Niveles de Peligro cuenca Conchacalla

NIVEL	RANGO				
MUY ALTO	0.267	<	P	≤	0.493
ALTO	0.137	<	P	≤	0.267
MEDIO	0.068	<	P	≤	0.137
BAJO	0.035	≤	P	≤	0.068

#### 7.3.1. Estratificación del Nivel De Peligrosidad

Tabla 83: Estratificación del nivel de peligros por inundación fluvial cuenca de Conchacalla

NIVELES DE PELIGRO	DESCRIPCION	RANGO
MUY ALTO	Zonas de depósitos flúvio aluviales y de la formación San Sebastián, con geomorfología allanada, correspondiente a cauce fluvial, y zonas de terrazas bajas con pendientes de 0 a 5°, cuyos caudales máximos para T=100 años, genera alturas de tirante hidráulico mayor a 1.5 m y velocidades de flujo mayores a 1.5 m/s	$0.267 < P \leq 0.493$
ALTO	Conformado por zonas de terrazas bajas de origen flúvio aluvial y aluvial, con pendiente de 0 a 15°, con altura de tirantes hidráulicos entre 1 a 1.5 y velocidades de flujo de 1 a 1.5 m/s.	$0.137 < P \leq 0.267$
MEDIO	Zonas de pie de monte, conformado por terrazas altas, formación San Sebastián y afloramientos rocosos de la formación Tacaza, con pendientes entre 5 a 25°, con altura de tirantes hidráulicos entre 0.5 a 1 m y velocidades de flujo de 0.5 a 1m/s.	$0.068 < P \leq 0.137$
BAJO	conformado por zonas de vertiente de montaña, muy fuertes mayores a 25°, conformado por afloramientos rocosos de la formación Tacaza y depósitos coluviales y algunas zonas pie de monte. Las alturas de tirante hidráulico son menores a 0.5 m y velocidades de flujo menores a 0.5 m/s.	$0.035 \leq P \leq 0.068$



#### 7.4. VULNERABILIDAD:

##### 7.4.1. Jerarquización De Las Dimensiones De La Vulnerabilidad.

Tabla 84: Matriz de Comparación de Pares, parámetros de vulnerabilidad

PARAMETROS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONOMICA	DIMENSION AMBIENTAL
DIMENSION SOCIAL	1	2	3
DIMENSION ECONOMICA	0.5	1	4
DIMENSION AMBIENTAL	0.33	0.25	1
SUMA	1.83	3.25	8
1/SUMA	0.55	0.31	0.13

Tabla 85: Matriz de Vector de priorización de Parámetros de vulnerabilidad

PARAMETROS DE VULNERABILIDAD	DIMENSION SOCIAL	DIMENSION ECONOMICA	DIMENSION AMBIENTAL	VECTOR DE PRIORIZACION
DIMENSION SOCIAL	0.545	0.615	0.375	0.512
DIMENSION ECONOMICA	0.273	0.308	0.500	0.360
DIMENSION AMBIENTAL	0.182	0.007	0.125	0.128
SUMA	1.000	1.000	1.000	1.000

##### 7.4.2. Definición Y Estratificación De Los Niveles De Vulnerabilidad

Realizando las ponderaciones correspondientes se ha obtenido los niveles de vulnerabilidad con sus correspondientes rangos mediante el proceso de Análisis Jerárquico, visto en la tabla siguiente.

Tabla 86: Niveles de Vulnerabilidad cuenca Conchacalla.

NIVEL	RANGO		
MUY ALTA	0.269	< V ≤	0.481
ALTA	0.144	< V ≤	0.269
MEDIA	0.071	< V ≤	0.144
BAJA	0.035	≤ V ≤	0.071

Fuente: Elaboración propia, en basa al manual de CENEPRED.

En base a estos análisis y haciendo uso de la integración de datos y mapas, se ha obtenido el mapa de Vulnerabilidad de la zona de estudio.

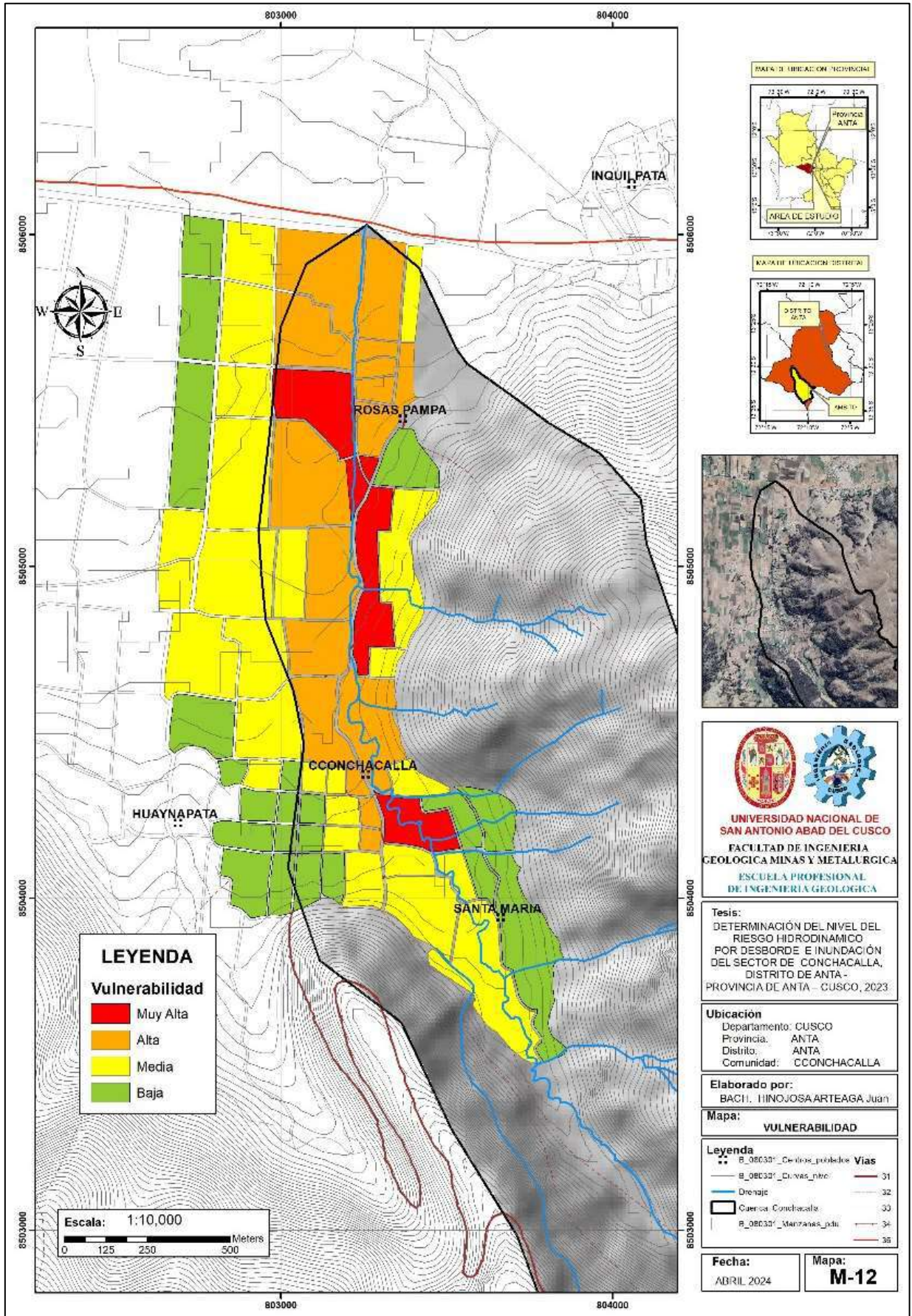




“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



Lamina 10: MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LA VULNERABILIDAD.





## **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

### **8.1. Conclusiones generales:**

#### **Conclusión 1:**

Se ha logrado identificar con precisión las áreas de alto riesgo por desborde e inundación, así como comprender los factores físicos, hidrológicos y sociales que contribuyen a esta vulnerabilidad. Mediante el uso de programas de simulación hidráulica y el análisis detallado de parámetros como la topografía, la geología y la dinámica fluvial, se ha demostrado que las viviendas y áreas de cultivo en la ribera del río están expuestas a un riesgo significativo durante eventos extremos de lluvia. Estos hallazgos respaldan la necesidad de implementar medidas integrales de prevención y mitigación, tanto estructurales como no estructurales, para proteger a las comunidades y la infraestructura frente a futuros desastres naturales.

#### **Conclusión 2:**

Se identificó medidas concretas para prevenir o mitigar el riesgo por inundación a través de acciones estructurales y no estructurales, evaluando el impacto esperado de estas acciones en la reducción de riesgos para la población de Conchacalla, por lo tanto se puede decir que la investigación ha destacado la importancia de la coordinación entre entidades gubernamentales, organizaciones locales y la comunidad en general para abordar de manera efectiva el riesgo por desborde e inundación en la cuenca del río Conchacalla. La implementación de medidas como la construcción de gaviones, la delimitación de fajas marginales y la educación comunitaria en gestión del riesgo son pasos fundamentales hacia la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia frente a eventos extremos.

### **8.2. Conclusiones específicas de la investigación:**

1. La cuenca del río Conchacalla tiene como área de escurrimiento hídrico superficial, de 17.44 km<sup>2</sup>. Con una altitud mínima de 3400m.s.n.m. y una altitud máxima de 4300m.s.n.m.
2. Geomorfológicamente la cuenca tiene pendientes de ladera de fuerte a muy fuerte (15° a 45°) las cuales ocupan el 68.34% de la cuenca, influyendo directamente en el escurrimiento superficial de la cuenca, así como en el proceso de generación de máximas avenidas, hacia la parte baja de la cuenca, con pendientes en 0° a 5° que





ocupan el 4.46% del área de la cuenca y donde se halla emplazado el centro poblado de Conchacalla.

3. La geología de la cuenca, está dominada por el Grupo Tacaza, constituida por areniscas de grano medio a fino, flujos piroclásticos de composición dacítica y lavas andesíticas de composición riodacítica y dacítica que ocupan el 91.02% de la cuenca las cuales conforman las vertientes y pie de monte que conforman la cadena de montaña alta y baja que rodea la cuenca. Hacia la parte baja que conforman las unidades de planicie está constituida basalmente por la formación San Sebastián, Depósitos Aluviales y Flúvio aluviales provenientes de la parte alta de la cuenca, que conforman el 9% de la constitución litológica de la cuenca.
4. La cuenca del rio Conchacalla, Morfo-métricamente se caracteriza por tener forma alargada o rectangular, con poca probabilidad de sufrir crecidas súbitas (de corto tiempo), con una relación de largo s. el ancho de la cuenca de 4:1, con una pendiente promedio de la cuenca de 21.6%, una pendiente media del curso del rio principal de 0.069m/m, una altitud media de 3842 m.s.n.m. con una curva hipsométrica que nos indica una cuenca inmadura en proceso de formación.
5. De acuerdo a la dinámica fluvial, esta se da de 2 tipos laminar y turbulento, en la primera se da desde la progresiva 2+000 hasta la progresiva 3+500 y la segunda se da desde la parte alta de la cuenca de la cuenca hasta la progresiva 0+000 (punto de evaluación) donde el movimiento de agua es caótico con presencia de remolinos y capacidad erosiva mayor.
6. A nivel hidrológico, se ha procedido rigurosamente en basase a metodologías propuestas por manuales del ANA, MTC, desde los procesos de análisis de consistencia (prueba de T, pruebas de F, tendencias), completado de datos (Easyfit), obteniendo el valor de regionalización para la cuenca Conchacalla, una precipitación media anual de 816.49 mm/año, una temperatura media anual de 7.18°C, con una humedad relativa de 69.41%. (altitud media de 3841 msnm)
7. Para el análisis de máximas avenidas se ha utilizado el registro de precipitaciones máximas de 24 horas de la estación anta corregidas por un factor de corrección del año 1967 al año 2017; según las pruebas de distribución teórica, test de prueba de bondad de ajuste de Smirnov Kolmogorov, el registro de precipitaciones máximas de 24 horas generado para la cuenca Conchacalla se ajusta aun distribución teórica de tipo Gamma tres parámetros, obteniendo la intensidad máxima de lluvia de 24 horas de 60.72mm para un periodo de retorno de 100 años (procesado en HIDROESTA)para



- la generación de la curvas IDF de ha utilizado el método de DICY PESHCKY, obteniendo la intensidad de precipitación para el tiempo de concentración de la cuenca a 1 hora, de 20.11mm/hora.
8. Según el caudal máximo generado, de acuerdo al método racional modificado, se ha obtenido un caudal de 31.53 m<sup>3</sup>/s; mientras que aplicando el programa HEC-HMS, de ha obtenido un caudal de 11.7m<sup>3</sup>/s, de acuerdo a las condiciones de arrastre de sedimentos y malezas que provienen de la cuenca mayor, este caudal debe incrementarse un 10%, con lo cual asumimos un caudal de diseño para cuenca del rio Conchacalla de 12.87m<sup>3</sup>/s.
  9. Realizado el modelamiento hidráulico con el programa IBER 3.3, se observa área de desborde hídrico a partir de la progresiva 0+340 a 0+500, 0+550 a 0+820, 0+920 a 2+560, con zonas de posible desborde 2+56 a 3+500.
  10. Dentro de los peligros generados por fenómenos de origen natural, se ha identificado en la cuenca del rio Conchacalla el peligro generado por fenómenos hidrodinamicos (inundación por lluvias intensas), con probabilidad de ocurrencia alta, dentro de los factores desencadenantes la precipitación con intensidad de 20.11mm/hora para un periodo de retorno de 100 años, es muy alta, ha generado un caudal máximo de diseño de la cuenca de 12.87 m<sup>3</sup>/s, generando desborde de rio Conchacalla. Dentro de los factores condicionantes la predominancia de unidades geológicas no consolidadas en las riberas de rio generan progradación, socavamiento lateral, y desequilibrio de las riberas naturales de protección al tránsito de las aguas del rio, en los relieves allanados que circundan las márgenes del rio principal, generan la expansión de las áreas de desborde e inundación en el proceso de modelado hidráulico, así mismo al evaluar la capacidad de transporte de los puentes ubicados a lo largo del curso del rio Conchacalla, estos en su mayor parte producen obstrucción al tránsito de la avenida máxima debido a su reducida dimensión. Los elementos expuestos a nivel de viviendas de adobe son 28, de material noble 3, mixta 5, un centro educativo, los servicios de agua potable, en número de 5 líneas de agua potable en pasarelas, servicio de alcantarillado en numero 1 que atraviesa un puente, a nivel de alumbrado público un total de 15 poster de baja tensión, áreas agrícolas 23 ha aproximadamente.
  11. La vulnerabilidad social se toma en cuenta a los habitantes tanto hombre, mujeres, adultos y niños de los centros poblados de Conchacalla, Rosas Pampa, y Santa María que hacen un total de 573 personas según INEI censo 2017.  
Según el mapa de vulnerabilidad la distribución de esta se resume en la tabla siguiente.



Nivel	Área vulnerable ha	Área %
Muy Alta	13.24	7.67
Alta	50.60	29.32
Media	71.59	41.49
BAJA	37.12	21.52
	172.54	100.00

12. A nivel de riesgo la cuenca presenta un nivel muy alto a fenómenos de desborde e inundación evidenciado en el modelado hidráulico.

### 8.3. Recomendaciones

#### Recomendación 1:

Se recomienda la implementación de una sección trapezoidal de máxima eficiencia hidráulica en ambos márgenes de la cuenca del río Conchacalla, diseñada para transportar sin problemas el caudal máximo de 12.87 m<sup>3</sup>/s, calculado para un periodo de retorno de 100 años. Esta medida, junto con la evaluación y posible adecuación de puentes existentes o la construcción de nuevos, no solo mitigará el riesgo de desbordamientos e inundaciones en áreas vulnerables, sino que también fortalecerá la infraestructura de cruce y la capacidad de evacuación en situaciones de emergencia, contribuyendo así a la resiliencia hidráulica y seguridad hídrica a largo plazo en la región.

#### Recomendación 2:

Se recomienda la instalación estratégica de puentes peatonales en puntos clave a lo largo de la cuenca del río Conchacalla, con el objetivo de facilitar el desplazamiento seguro de los peatones y reducir la dependencia de los puentes principales para el cruce de personas. Estos puentes peatonales deben diseñarse con materiales resistentes y duraderos, teniendo en cuenta las necesidades de accesibilidad y movilidad de la población local. Al proporcionar alternativas seguras y accesibles para el cruce de peatones, se mejora la conectividad y se reduce el riesgo de congestión en los puentes principales, contribuyendo así a la eficiencia del transporte y a la seguridad de los habitantes de la zona.

#### Recomendación 3:

Se recomienda la reubicación de las zonas afectadas centro poblado de Conchacalla hacia áreas de menor riesgo identificadas mediante el modelamiento de peligros de inundación en la cuenca del río Conchacalla. Esta medida, respaldada por datos científicos, garantizará la seguridad y el bienestar de los residentes al mitigar los peligros asociados con eventos



extremos. La selección de la nueva ubicación debe realizarse de manera integral, considerando criterios como la topografía, la accesibilidad y la disponibilidad de servicios esenciales, para garantizar un desarrollo urbano sostenible y resistente a largo plazo. Es crucial involucrar activamente a la comunidad en este proceso, asegurando su participación y compromiso en la planificación y ejecución de la reubicación, lo que facilitará una transición efectiva y beneficiosa hacia el nuevo asentamiento del centro poblado Conchacalla.

#### **Recomendación 4:**

Se recomienda una revisión integral del trazado de la carretera troncal o vía principal con las características geométricas de una vía interdepartamental, con el objetivo de evitar su paso por zonas de alto riesgo de inundación, como la actual ubicación del centro poblado de Conchacalla. En su lugar, se sugiere redirigir la carretera hacia la nueva zona de reubicación del centro poblado, donde el riesgo de inundación sea mínimo o nulo. Como alternativa viable, se podría considerar la planificación y construcción de una nueva vía de acceso, orientada hacia Tambobamba, que evite atravesar Cotabamba. Estas medidas no solo garantizarán la seguridad y el acceso eficiente a la nueva ubicación del centro poblado, sino que también contribuirán a mitigar el riesgo de desastres y promoverán el desarrollo de una infraestructura vial importante, mejorando la calidad de vida de los pobladores.

#### **Recomendación 5:**

Se recomienda la construcción de gaviones a ambos márgenes del río Conchacalla, con una altura mínima de 1.50 metros y un ancho uniforme de solera de 3.50 metros, para garantizar la capacidad de transporte del flujo máximo de 12.87 m<sup>3</sup>/s. Estas estructuras permitirán contener y dirigir el caudal del río de manera controlada, reduciendo significativamente el riesgo de desborde e inundación en las zonas vulnerables identificadas durante la investigación. Además, se sugiere la construcción de nuevos puentes con dimensiones adecuadas en altura o luz, según el criterio del especialista diseñador y el área disponible, para mejorar la infraestructura de cruce y facilitar la evacuación en caso de emergencia. Estas medidas estructurales no solo fortalecerán la resistencia del sistema fluvial ante eventos extremos, sino que también mejorarán la conectividad y la movilidad en la zona.

#### **Recomendación 6:**

Es fundamental complementar las medidas estructurales con acciones no estructurales que fortalezcan la gestión del riesgo de desastres en la cuenca del río Conchacalla. Se aconseja realizar la delimitación de faja marginal conforme a las normativas vigentes del ANA, así



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



como la limpieza, perfilado y descolmatación del cauce del río Conchacalla para mantener un flujo adecuado y prevenir obstrucciones que puedan provocar desbordes. Además, se recomienda implementar un programa de educación comunitaria en gestión del riesgo de desastres y un sistema de alerta temprana en coordinación con INDECI y GORE-CUSCO a través del COER, para fortalecer la preparación y respuesta ante eventos de inundación, involucrando a la comunidad en la reducción de la vulnerabilidad y el aumento de la resiliencia. Estas medidas no estructurales, centradas en la sensibilización, la participación comunitaria y la preparación ante desastres, complementarán las acciones estructurales para lograr una gestión integral y sostenible del riesgo de desborde e inundación en la cuenca del río Conchacalla.





## 9. Referencias bibliográficas

- Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres (CENEPRED). (2014). Apoyo A La Prevención A Los Efectos Del Fenómeno De El Niño Y Otros Fenómenos Naturales. Lima, Perú: Autor CENEPRED.
- Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres (CENEPRED). Apoyo A La Prevención A Los Efectos Del Fenómeno De El Niño Y Otros Fenómenos Naturales. Centro Nacional De Estimación, Prevención Y Reducción Del Riesgo De Desastres (CENEPRED). (2014). Lima, Perú: Autor CENEPRED
- Instituto Nacional De Estadística e Informática (INEI). (2015). Sistema De Información Estadístico. Lima, Perú: Autor INEI.
- Información del Proyecto FOT del Gobierno Regional Cusco. (<https://www.transparencia.regioncusco.gob.pe/public/Proyectos-de-Inversion>)
- Ley 29664 Ley Que Crea El Sistema Nacional De Gestión De Riesgo De Desastres (SINAGERD). (2011). Lima, Perú: Congreso de la República del Perú.
- Ley 29869 De Reasentamiento Poblacional. (2012). Lima, Perú: Congreso de la República del Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). El 12 de Setiembre de 2011, mediante Resolución Directorial N°20-2011-MTC/14, se aprobó el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, el cual consta de 221 páginas. Dicho manual, de conformidad con el artículo 18 del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, constituye un documento de carácter normativo y de cumplimiento obligatorio. Lima, Perú:
- Morassutti F. (2020). Manual de Diseño de Estructuras de Corrección de Torrentes y Retención de Sedimentos, Bogota, Colombia: Ediciones de la U
- PM Andino. (2007) Movimientos En Masa En La Región Andina, Una Guía Para La Evaluación De Amenazas. Chile.
- Proyecto Multinacional. (2007). Chile: Servicio Nacional de Geología y Minería



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



**Consultas web:**

- <http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigrid>
- <http://www.ingemmet.gob.pe/carta-geológica-nacional>.
- [http://www.transparencia.gob.pe/reportes\\_directos/pte\\_transparencia\\_proyectos.aspx?id\\_entidad=128&id\\_tema=26&ver=](http://www.transparencia.gob.pe/reportes_directos/pte_transparencia_proyectos.aspx?id_entidad=128&id_tema=26&ver=)
- <https://www.ana.gob.pe/organos-desconcentrados/aaa-urubamba-vilcanota/ala-cusco>



## 10. APÉNDICES Y ANEXOS.

### ANEXO I. FOTOS DE ENCUESTA DE POBLADORES DEL CENTRO POBLADO DE CONCHACALLA

FOTOS: Residentes de Conchacalla comparten sus experiencias y preocupaciones en una encuesta sobre el riesgo de inundación. Las quejas y testimonios revelan la urgente necesidad de medidas preventivas y soluciones para proteger a la comunidad. FUENTE: Propia.

FOTOS: Ernesto Huancullucho Huaman, ex presidente de la comunidad de Conchacalla durante 14 años, proporciona su testimonio sobre las inundaciones ocurridas en 2002 y 2006. Estas catástrofes afectaron gravemente a familias como la Pareja Valdeiglesias y la Inca Romero, cuyas viviendas se ubican en las riberas del río Conchacalla. Su relato destaca la vulnerabilidad de las comunidades frente al desbordamiento de los ríos y la necesidad urgente de medidas preventivas para evitar pérdidas humanas y materiales. FUENTE: Propia





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



**ANEXO II. HOJA DE ENCUESTA PARA POBLADORES DEL CENTRO POBLADO DE CONCHACALLA**

HOJAS DE ENCUESTA: La encuesta forma parte de un estudio integral para comprender y mitigar los riesgos de inundación en la comunidad de Conchacalla. Su participación es esencial, ya que las respuestas proporcionadas serán la base para identificar áreas críticas de preocupación y diseñar estrategias preventivas efectivas. Se garantiza la confidencialidad de sus respuestas, lo que permite a los participantes compartir información de manera abierta y sincera, contribuyendo así a la seguridad y bienestar de toda la comunidad.

**SECCIÓN I. DATOS DE LA PERSONA ENCUESTADA**

1. PROVENIENCIA:  2. MUNICIPIO:  3. CATEGORÍA SOCIAL:

4. SEXO: MASCULINO  FEMENINO  5. EDAD:  AÑOS

6. NIVEL DE INSTRUCCIÓN: Debe marcar una opción.  
 PRIMARIA  SECUNDARIA  SECUNDARIA COMPLETA   
 UNIVERSITARIA  SUPERIOR  SUPERIOR COMPLETO  MAGISTER

7. SITUACIÓN LABORAL: Debe marcar una opción.  
 TRABAJADOR/A  EMPLEADO/A  ESTUDIANTE   
 EMPLEO DE TIEMPO LIBRE  AUTÓNOMO/A  PENSIONADO/A   
 DESPLAZADO/A

**SECCIÓN I. DATOS DE LA PERSONA ENCUESTADA (CONTINUACIÓN)**

17. TIPO DE CONSTRUCCIÓN DE LA VIVIENDA. Debe marcar una opción.  
 MADERA  MADERA Y LADRILLO  MADERA Y CEMENTO  MADERA Y ALBAÑILERÍA  MADERA Y LADRILLO Y CEMENTO  MADERA Y LADRILLO Y ALBAÑILERÍA  MADERA Y ALBAÑILERÍA Y CEMENTO  MADERA Y ALBAÑILERÍA Y LADRILLO  MADERA Y ALBAÑILERÍA Y LADRILLO Y CEMENTO

18. TIEMPO DE RESIDENCIA EN EL COMERCIO POPULAR. Debe marcar una opción.  
 MENOS DE 5 AÑOS  DE 1 A 5 AÑOS  DE 6 A 10 AÑOS   
 MÁS DE 10 AÑOS  PERMANENTE (DESDE SU NACIMIENTO)

ESPACIO PARA OTROS DATOS PERSONALES, O SI LA ENCUESTADO/A O LA ENCUESTADA/A LO DESEA:

**SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS**

19. ¿HA TENIDO USTED O SU FAMILIA AFECTACIONES POR ALGUNAS INUNDACIONES? Debe marcar una opción.  
 SI  NO  NO SABE

Si la respuesta es afirmativa responda la pregunta 20, si es negativa pase a la pregunta 21.

20. ¿PUEDE DECIR QUE TIPO DE AFECTACIONES TIENE? Puede marcar varias opciones.  
 INUNDACIÓN DE LA VIVIENDA  HUMEDAD EN EL TETO Y LAS PAREDES   
 CONTAMINACIÓN DE LOS ALIMENTOS  DERRAMES DE AGUA O OTRAS SUSTANCIAS   
 PERDIDA DE ALIMENTOS  PERDIDA DE BIENES DOMÉSTICOS   
 DIFICULTADES PARA EL CUIDADO  RUIDO POR ANCLAMIENTO   
 DE AGUA POR SU CONTAMINACIÓN  RUIDO POR OTRAS CAUSAS   
 PERDIDA DE ANIMALES PRODUCTIVOS  ACUMULACIÓN DE BASURA   
 O DOMÉSTICOS  O BIENES MUEBLES   
 PERDIDA DE CISTERNAS   
 OTRAS: ¿CÓMO?

NO SABE  NO RESPONDE

**SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)**

22. ¿HA REALIZADO USTED ALGUNAS DE LAS SIGUIENTES TAREAS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LA INUNDACIÓN? Puede marcar varias opciones.  
**MEDIDAS PREVENTIVAS ANTES DE LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS**  
 MANTENER LA LIMPIEZA DE RÍOS, ZANJAS Y CANALES   
 CUMPLIR CON LA PUNTA Y TALA DE LOS ÁRBOLES   
 CONSTRUIR VENTANAS AJENAS DEL CALZADO Y ALANQUE DE INUNDACIÓN DEL RÍO   
 CONSTRUIR VENTANAS DE ZONAS SECAS Y CON POCO TIEMPO   
 DEBUTAR LOS TRÁNSITOS DE LAS COBAS Y AUTOS AUTÓNOMOS   
 MANTENER LA LIMPIEZA DE CALLES Y ALBERGUES   
 OTRAS: ¿CÓMO?

NO SABE  NO RESPONDE

21. ¿QUE CAUSAS COMENZAN USTED PUEDE DECIR EN QUE LA INUNDACIÓN POR LLUVIAS SEA MÁS INTENSAS? Puede marcar varias opciones.  
 CORTES POR OBSTACULOS  LINEAS SOBRENATURALES  LA NO ADECUACIÓN DE MEDIDAS   
 POR EL USO ALBERGUE  POR PARTE DE LA POBLACIÓN   
 CAUSAS NATURALES   
 OTRAS: ¿CÓMO?

NO SABE  NO RESPONDE

23. ¿Tiene usted conocimiento de las áreas que se inundan en el momento? Debe marcar una opción.  
 SI  NO  NO SABE  NO RESPONDE

Si la respuesta es afirmativa responda la pregunta 24, si es negativa pase a la pregunta 25.

24. ¿PUEDE INDICAR QUE ÁREAS COMENZAN USTED QUE SE PUEDAN INUNDAR? Puede marcar varias opciones.  
 CARRETERAS  REDES ELÉCTRICAS  RED DE ALCANTRILLADO   
 LINEAS FÉRREAS  CONDUCTOS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA  OTRAS (GAS, COMUNICACIONES)   
 INSTALACIONES COMUNICACIONALES



“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)

26. MARQUE EN CADA CASO, DE LAS SIGUIENTES PERSONAS E INSTITUCIONES, ¿QUÉ TIENE LA IDENTIDAD Y EN QUÉ TIENE COPIA PARA PREVENIR LOS POSIBLES DAÑOS PREVENIDOS POR LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS? Puede marcar varias opciones en cada columna y fila.

PERSONAS E INSTITUCIONES	LE IDENTIFICO	LE TIENE COPIAS
COMITÉ DE DEFENSA PROVINCIAL Y MUNICIPAL	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ORGANIZACIONES DE LA COMUNIDAD DIRECTIVAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DEL CENTRO DE TRABAJO DIRECTIVAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
DEL CENTRO DE ESTUDIOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDIOS DE COMUNICACIÓN MASIVA	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
TELEFONO, ESPECIFIQUE EL SEXO	MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO <input type="checkbox"/>	MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO <input type="checkbox"/>
AMIGO/A, ESPECIFIQUE EL SEXO	MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO <input type="checkbox"/>	MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO <input type="checkbox"/>
VECINO/A, ESPECIFIQUE EL SEXO	MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO <input type="checkbox"/>	MASCULINO <input type="checkbox"/> FEMENINO <input type="checkbox"/>

OTRAS PERSONAS  ¿CUALES? \_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE

SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)

27. ¿QUE COLABORACION BRINDA EN SU COMUNIDAD PARA DESARROLLAR LAS PREPARACIONES ANTE LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS? Puede marcar varias opciones.

AYUDA A COMUNICAR Y TRANSMITIR A LA POBLACION LAS MENSAJES QUE DEBE TOMARSE ANTE LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS

TRABAJO EN EL SANEAMIENTO DE LA COMUNIDAD

PARTICIPA EN LA EDUCACION DE NIÑOS/A

PARTICIPA EN LA REDUCCION DE CONSEJAS A TRABAJO

AYUDA EN LA PREPARACION DE LA EDUCACION DE LA COMUNIDAD

COOPERA EN LA PREPARACION DE SU VIVIENDA O DE OTRAS VIVIENDAS DE ARRENTA/AL, VENTA/AL

MANTIENE ALGUNAS MEDIDAS ORIENTADAS POR LOS ORGANOS COMPETENTES, COMO: DISCONECTAR LA ELECTRICIDAD Y CERRAR LAS LLAVES DEL GAS EN LAS CASAS

PARTICIPA EN LA CONSTRUCCION Y/O REPARACION DE VIVIENDAS

OTRAS  ¿CUALES? \_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE

SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)

28. EXPRESÉ QUIÉNES BRINDARÁN MÁS COOPERACIÓN ANTE LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS EN SUS TRABAJOS LABORALES. Puede marcar con una X en mujeres o en hombres en cada alternativa.

MANTENDRAN PREOCUPACIÓN POR LA INUNDACIÓN	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>
VIVIRÁN CASA POR CASA	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>
SE PREOCUPARÁN MÁS RÁPIDAMENTE	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>
ORIENTARÁN A LA POBLACIÓN	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>
MANTENDRAN MÁS CONVICCIÓN O CONVICCIÓN	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>
COLABORARÁN EN LAS TAREAS DE EDUCACIÓN	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>
PRESTARÁN ATENCIÓN A LOS MENOS INFORMADOS POR INTERMEDIO MEDIO DE COMUNICACIÓN	MUJERES <input type="checkbox"/>	HOMBRES <input type="checkbox"/>

OTRAS  ¿CUALES? \_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE

SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)

29. DIGA QUE PROBLEMA CAUSA IMPEDIR QUE PUEDA BRINDAR LA COOPERACIÓN BRINDADA POR LAS MUJERES. Puede marcar varias opciones.

SE LE NEGAREMOS TRABAJO MÁS IMPEDIDO O DIFÍCIL EN EL TIEMPO DEL COMITÉ POPULAR

NO TIENE CUIDAR A LOS/LAS NIÑOS/AS, LOS/LAS ENFERMOS/AS Y LOS/LAS DISCAPACITADOS/AS DE SU FAMILIA

TIENE FALTA DE INTERÉS Y DE VOLUNTAD PARA COOPERAR

ESTRÉS EN ACTIVIDADES RECREATIVAS Y DE BESO

TIENEN LIMITACIONES FÍSICAS Y DE SALUD PARA COOPERAR

OTRAS  ¿CUALES? \_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE

SECCIÓN II. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)

30. DIGA QUE PROBLEMA CAUSA IMPEDIR QUE PUEDA BRINDAR LA COOPERACIÓN BRINDADA POR LAS MUJERES. Puede marcar varias opciones.

ESTRÉS EN EL TIEMPO CON LOS/LAS NIÑOS/AS

NO TIENE CUIDAR A LOS/LAS NIÑOS/AS, LOS/LAS ENFERMOS/AS Y LOS/LAS DISCAPACITADOS/AS DE SU FAMILIA

TIENEN LIMITACIONES FÍSICAS Y DE SALUD PARA COOPERAR

EXISTEN TABUÉS, CREENCIAS O VALORES QUE IMPIDEN SU COOPERACIÓN

TIENE FALTA DE INTERÉS Y DE VOLUNTAD PARA COOPERAR

LOS CARGOS RELACIONADOS CON LOS RIESGOS DE DESASTRES POR INUNDACIÓN ESTARÁN RELACIONADOS POR HOMBRES

OTRAS  ¿CUALES? \_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE





“DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE RIESGO HIDRODINÁMICO POR DESBORDE E INUNDACIÓN DEL SECTOR DE CONCHACALLA, DISTRITO DE ANTA - PROVINCIA DE ANTA – CUSCO, 2023”



**SECCIÓN 6. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)**

**31. ¿EMPLETUDOS QUE ACCIONES NEGATIVAS DE LAS PERSONAS CONTRIBUYEN AL AUMENTO DE LAS AFECTACIONES QUE PROVOCA LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS. Debe responder por separado lo que considera que hacen las mujeres y lo que considera que hacen los hombres.**

**LAS MUJERES HACEN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**LAS MUJERES HACEN**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE

**SECCIÓN 6. PREGUNTAS RELACIONADAS CON EL RIESGO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)**

**32. ¿CÓMO EVALÚA LOS SIGUIENTES ASPECTOS ANTES, DURANTE Y DESPUÉS DE LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS? Debe marcar una sola opción en cada etapa: antes, durante y después.**

		BUENA	REGULAR	MALA	NO SABE
LA INFORMACIÓN RECIBIDA POR LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN SOBRE LAS MEDIDAS A ADOPTAR	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EL APOYO Y ATENCIÓN RECIBIDA POR FAMILIARES	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LAS MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y AYUDA ADOPTADAS POR EL PUEBLO VULNERABLE	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LA ATENCIÓN MÉDICA	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LA COORDINACIÓN ENTRE LAS ORGANIZACIONES COMUNITARIAS DE VULNERABLES	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EL CUMPLIMIENTO DE LAS MEDIDAS SANCIONADAS	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SU PROPIA ACTUACIÓN	ANTES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DURANTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DESPUÉS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	DESPUÉS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**33. ¿CÓMO SE SINTIÓ ANTES AL EXPERIMENTAR LA INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS? Evalúe en una escala de 1 a 5, leve afirmativas y debe marcar una sola opción en cada una de ellas.**

	1	2	3	4	5	
COMODIDAD/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INCÓMODIDAD/A
TRANQUILIDAD/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INTRANQUILIDAD/A
SEGURIDAD/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INSEGURIDAD/A
COMUNICACIÓN/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	INCOMUNICACIÓN/A

**SECCIÓN 6. PREGUNTAS RELACIONADAS CON FUTURAS INUNDACIONES POR INTENSAS LLUVIAS**

**34. ¿CONSIDERA POSIBLE QUE EN EL FUTURO USTEDES Y SU FAMILIA PUEDAN SER AFECTADOS/AS POR FUTUREAS INUNDACIONES POR INTENSAS LLUVIAS? Debe marcar una sola opción.**

SI  NO  NO SABE  NO RESPONDE

**35. DE LOS SIGUIENTES FACTORES, ¿CÓMO SON LOS QUE MÁS INFLUYEN EN LAS POSIBLES AFECTACIONES QUE PODRÍAN SUFRIR USTEDES Y SU FAMILIA? Puede marcar varias opciones.**

BAJAS, UNICIÓN DE SU VIVIENDA EN UNA ZONA BAJA  CONDICIONES Y/O MODIFICACIONES ARQUITECTONICAS QUE INCREMENTAN LA INTENSIDAD DE LA INUNDACIÓN

CONFINA DE SU VIVIENDA AL CANTO DE UN RÍO, PLANO DE INUNDACIÓN O ANTIJAL CANTO DE UN RÍO  MAL ESTADO DE LA VIVIENDA

CONFINA O PRESA Y/O CANALES DE DRENAJE PLUVIAL  CERCANÍA O SITUACIÓN CON EL ARREDO DE AGUA PARA EL CONSUMO DOMICILIARIO

CERCANÍA A ZONA COSTERA  ACUMULACIÓN DE RESIDUOS DOMÉSTICOS Y ECONÓMICOS EN ÁREAS DE LA COMUNIDAD

ESTADO DE REDES DE DRENAJE PLUVIAL (EXISTENTES, INSUFICIENTES, TAPADAS)  ESTADO DE LAS REDES DE ALICATORIA (REDES EXISTENTES, INSUFICIENTES, TAPADAS)

LOS HOMBRES NO COORDINAN EN LA INUNDACIÓN  LAS MUJERES NO COORDINAN EN LA INUNDACIÓN

LA COMUNIDAD NO COORDINA EN LA INUNDACIÓN

OTROS  ¿CÓMO? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE

**SECCIÓN 6. PREGUNTAS RELACIONADAS CON FUTURAS INUNDACIONES POR INTENSAS LLUVIAS (CONTINUACIÓN)**

**36. EN EL FUTURO, ANTE UN EVENTO DE INUNDACIÓN POR INTENSAS LLUVIAS ¿CÓMO USTEDES ACTUARÁN? Debe marcar una sola opción.**

PARA LO MISMO QUE LA VEZ ANTERIOR  ¿TOMARÁ OTRAS MEDIDAS?

NO SABE  ¿CÓMO? \_\_\_\_\_

NO RESPONDE

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

NO SABE  NO RESPONDE