

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



=====

**“MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO
TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS
VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE
MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA,
DEPARTAMENTO DE HUANUCO”**

=====

TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA : ROJAS ALDAVA, JEFFERSON ROSSELL JONAS

ASESOR : ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA

HUANUCO - PERU

2018



DEDICATORIA

A mis padres; Jonás Rojas Morales e Isabel Aldaba Tolentino por su ejemplo, apoyo y motivación para ser mejor cada día.



AGRADECIMIENTO

- A mi hermana Edilma Rojas Aldaba por el apoyo constante y desinteresado.
- A los docentes de la Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil de la UNHEVAL por haberme impartido conocimientos.



INDICE GENERAL

Dedicatoria.....	II
Agradecimiento.....	III
Índice general.....	IV
Índice de Tablas.....	IX
Índice de Figuras.....	XIII
Índice de Anexos.....	XVI
Resumen.....	XVII
Summary.....	XVIII
CAPITULO I	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Fundamentación del problema.....	3
1.2. Formulación Del Problema.....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.4. Hipótesis.....	4
CAPITULO II	5
2. MARCO TEORICO.....	5
2.1. Antecedentes.....	5
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	5
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	6
2.1.3. Antecedentes Locales.....	7



2.2.	Bases Conceptuales.....	9
2.2.1.	Hidrología.....	9
2.2.2.	Ciclo Hidrológico.....	9
2.2.3.	Cuenca.....	11
2.2.4.	Características Fisiográficas o Parámetros de una Cuenca.....	13
2.2.5.	Evaluación de la Información Hidrológica.....	16
2.2.6.	Clasificación de las corrientes de una cuenca.....	17
2.2.7.	Precipitación.....	18
2.2.8.	Prueba de Datos Dudosos.....	19
2.2.9.	Modelos hidrológicos.....	21
2.2.10.	Análisis estadístico de datos hidrológicos.....	24
2.2.11.	Pruebas De Bondad De Ajuste.....	28
2.2.12.	Tormenta.....	30
2.2.13.	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	34
2.2.14.	Método del número de curva (CN).....	42
2.2.15.	Tiempo de Concentración.....	47
2.2.16.	Precipitación Media Sobre una Cuenca.....	50
2.2.17.	Tiempo de Retardo.....	53
2.2.18.	Escurrimiento.....	54
2.2.19.	Hidrometría.....	55
2.2.20.	Velocidad Promedio.....	57
2.2.21.	Hidrograma.....	58



2.2.22.	Sistema de Modelado Hidrológico HEC -HMS.....	59
2.2.23.	Sistema de Análisis de Ríos - HEC – RAS.....	60
CAPITULO III		64
3.	MARCO METODOLIGO.....	64
3.1.	Material y Método.....	64
3.2.	Población y Muestra.....	64
3.3.	Sistema de variables – Dimensiones e indicadores.....	65
3.4.	Operacionalización de variables.....	65
3.5.	Técnicas de Recolección y Tratamiento de Datos.....	65
3.6.	Descripción de la zona de estudio.....	66
3.7.	Materiales, Equipos y Software.....	67
3.8.	Metodología.....	68
3.9.	Limitaciones.....	68
3.10.	Procesamiento de la Información Hidrológica.....	68
3.10.1.	Datos de Precipitación.....	68
3.10.2.	Preparación de la Información Hidrológica.....	72
3.10.3.	Prueba de Datos dudosos.....	74
3.10.4.	Ajuste Estadístico para las Distribuciones de Probabilidades.....	75
3.10.5.	Prueba de bondad de ajuste para las distribuciones de probabilidades.....	75
3.10.6.	Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas.....	76
3.10.7.	Estaciones Hidrométricas.....	76



3.10.8.	Información Cartográfica.....	76
3.10.9.	Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.....	77
3.10.10.	Precipitación Media de la Cuenca.....	80
3.10.11.	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	82
3.10.12.	Hietograma de Precipitación.....	82
3.10.13.	Determinación del Número de curva.....	83
3.10.14.	Modelo Hidrológico con HEC – HMS.....	83
3.10.15.	Modelo hidráulico con HEC-RAS	86
	CAPITULO IV	88
4.	RESULTADOS.....	88
4.1.	Resultados del procesamiento de la Información Hidrológica.....	88
4.1.1.	Resultados de la Prueba de datos dudosos.....	88
4.1.2.	Ajuste Estadístico para las Distribuciones de Probabilidades.....	91
4.1.3.	Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov	95
4.1.4.	Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas.....	97
4.1.5.	Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.....	99
4.1.6.	Precipitación Media de la Cuenca.....	100
4.1.7.	Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).....	101
4.1.8.	Hietograma de Precipitación.....	102
4.1.9.	Número de Curva CN.....	109
4.2.	Resultados del Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS.....	111
4.3.	Resultados Del Modelamiento Hidráulico Con HEC-RAS.....	120



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Conclusiones.....	148
Sugerencias.....	150
Bibliografía.....	151
Anexos.....	154



INDICE DE TABLAS

Tabla N° 01: Tamaño de la cuenca (Km ²).....	13
Tabla N° 2: Valores de K_n de un lado con un nivel de significancia de 10% para la distribución normal.....	21
Tabla N° 03: Valores Críticos d Para la Prueba de Kolmogorov – Smirnov.....	30
Tabla N° 04: Subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros $K'g$ y ε_g que definen la distribución de probabilidades de h_g en cada punto de estas.....	39
Tabla N° 05: Valores de los parámetros a y n que, junto con K' , definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las subzonas.....	40
Tabla N° 6: Condición hidrológica.....	44
Tabla N° 7: Condición de humedad antecedente propuesta por SCS.....	44
Tabla N° 8: Número de Curva N para complejos Hidrologicos de suelo cobertura (Para condición de humedad antecedente II e $Ia=0.2S$).....	46
Tabla N° 09: Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.....	48
Tabla N° 10: Distancias mínimas entre verticales recomendadas.....	57
Tabla N°11: Valores de coeficiente de rugosidad "n" de Manning Típicos...62	
Tabla N° 12: Operacialización de variables.....	65
Tabla 13: Estaciones ubicadas más cercanas a la cuenca en estudio.....	69
Tabla N° 14: Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación: Chaglla.....	69



Tabla N° 15: Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación: Huánuco.....	70
Tabla N° 16: Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación: San Rafael.....	71
Tabla N° 17: Precipitación máxima en 24 horas. Estación Chaglla.....	72
Tabla N° 18: Precipitación máxima en 24 horas. Estación Huánuco.....	73
Tabla N° 19: Precipitación máxima en 24 horas. Estación San Rafael.....	73
Tabla N° 20: Cartas nacionales (código y zona) donde se encuentra ubicada la cuenca en estudio.....	77
Tabla N° 21: Resultados de número de datos, promedio, Desviación estándar y coeficiente de asimetría. (Estación Chaglla).....	92
Tabla N° 22: Resultados de número de datos, promedio, Desviación estándar y coeficiente de asimetría. (Estación Huánuco).....	93
Tabla N° 23: Resultados de número de datos, promedio, Desviación estándar y coeficiente de asimetría. (Estación San Rafael).....	94
Tabla N° 24: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov (Estación Chagalla).....	95
Tabla N° 25: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov (Estación Huánuco).....	96
Tabla N° 26: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov (Estación San Rafael).....	97
Tabla N° 27: Precipitaciones máximas para periodos de retorno	



2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años. Estación Chaglla.....	98
Tabla N° 28: Precipitaciones máximas para periodos de retorno	
2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años. Estación Huánuco.....	98
Tabla N° 29: Precipitaciones máximas para periodos de retorno	
2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años. Estación San Rafael.....	99
Tabla N° 30: Precipitación media de la cuenca en estudio.....	100
Tabla N° 31. Intensidades de Diseño para duraciones menores a 24 horas...	101
Tabla N° 32. Hietograma de precipitación para $Tr = 02$ años.....	103
Tabla N° 33. Hietograma de precipitación para $Tr = 05$ años.....	104
Tabla N° 34. Hietograma de precipitación para $Tr = 10$ años.....	104
Tabla N° 35. Hietograma de precipitación para $Tr = 20$ años.....	105
Tabla N° 36. Hietograma de precipitación para $Tr = 25$ años.....	106
Tabla N° 37. Hietograma de precipitación para $Tr = 50$ años.....	106
Tabla N° 38. Hietograma de precipitación para $Tr = 100$ años.....	107
Tabla N° 39. Hietograma de precipitación para $Tr = 200$ años.....	108
Tabla N° 40. Hietograma de precipitación para $Tr = 500$ años.....	106
Tabla N° 41: Caudales máximos resultado del modelamiento hidrológico en HEC-HMS.....	111
Tabla N°42: Características Hidráulicas del tramo ($Tr=10$ años).....	126
Tabla N°43: Características Hidráulicas del tramo ($Tr=25$ años)	128
Tabla N°44: Características Hidráulicas del tramo ($Tr=50$ años).....	130
Tabla N°45: Características Hidráulicas del tramo ($Tr=100$ años).....	132



Tabla N°46: Características Hidráulicas del tramo ($T_r=200$ años).....	135
Tabla N°47: Características Hidráulicas del tramo ($T_r=500$ años).....	137
Tabla N°48: Áreas total de Inundación para diferentes períodos de retorno	147



INDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Modelo del Ciclo Hidrológico.....	10
Figura N° 02: Zonas y Subzonas Pluviométricas del Perú.....	38
Figura N° 3: Esquema del tiempo de retardo.....	54
Figura N° 04: Delimitación de la cuenca en formato shp, con datos del IGN....	78
Figura N° 05: Modelo Digital de Elevación de la Cuenca.....	79
Figura N° 06: Ubicación de estaciones pluviométricas respecto a la cuenca...81	
Figura N° 07: correntómetro CM 200.....	85
Figura N° 08: Plano topográfico del río Tirishuanca en el tramo de estudio....,87	
Figura N° 09: Valores de distribución de probabilidad Estación Chaglla.....	92
Figura N° 10: Valores de distribución de probabilidad Estación Huánuco.....	93
Figura N° 11: Valores de distribución de probabilidad Estación San Rafael.....	94
Figura N° 12: Curva IDF de la cuenca del Río Tirishuanca.....	102
Figura N° 13: caracterización de la cuenca para determinar el número de curva.....	110
Figura N° 14: esquema de la cuenca con el programa HEC-HMS.....	112
Figura N° 15: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 10 años.....	112
Figura N° 16: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 10 años.....	113
Figura N° 17: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 20 años.....	113
Figura N° 18: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 20 años.....	114



Figura N° 19: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 25 años.....	114
Figura N° 20: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 25 años.....	115
Figura N° 21: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 50 años.....	115
Figura N° 22: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 50 años	116
Figura N° 23: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 100 años.....	116
Figura N° 24: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 100 años	117
Figura N° 25: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 200 años.....	117
Figura N° 26: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 200 años.....	118
Figura N° 27: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 500 años.....	118
Figura N° 28: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 500 años.....	119
Figura N° 29: Se observa la presencia de rocas, canto rodado y gravas en el río.....	121
Figura N° 30: Se observa los datos geométricos de secciones y alineamiento del Rio Tirishuanca en HEC – RAS.....	122
Figura N° 31: Modelo de simulación para periodo de retorno de 10 años.....	123
Figura N° 32: Modelo de simulación para periodo de retorno de 25 años.....	123
Figura N° 33: Modelo de simulación para periodo de retorno de 50 años.....	124



Figura N° 34: Modelo de simulación para periodo de retorno de 100 años.....	124
Figura N° 35: Modelo de simulación para periodo de retorno de 200 años.....	125
Figura N° 36: Modelo de simulación para periodo de retorno de 500 años....	125
Figura N° 37: Zonas y áreas de Inundación para $tr= 10$ años.....	141
Figura N° 38: Zonas y áreas de Inundación para $tr= 25$ años.....	142
Figura N° 39: Zonas y áreas de Inundación para $tr= 50$ años.....	143
Figura N° 40: Zonas y áreas de Inundación para $tr= 100$ años.....	144
Figura N° 41: Zonas y áreas de Inundación para $tr= 200$ años.....	145
Figura N° 42: Zonas y áreas de Inundación para $tr= 500$ años.....	146



INDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: Panel Fotográfico	151
ANEXO 02: Planos.....	158



RESUMEN

El objetivo fue Identificar las zonas y áreas vulnerables a inundaciones a través de la Modelación Hidrológica e Hidráulica del río Tirishuanca del sector comprendido entre el malecón Molino y barrio los Ulcumanos, en la localidad de Molino.

El estudio tiene un enfoque cuantitativo, nivel descriptivo, transversal. La muestra estuvo conformada por los tramos del río Tirishuanca que abarca la localidad de Molino (margen Izquierda del río) y el barrio los Ulcumanos (Margen derecha del río). Resultados: Las áreas de inundación para períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200, 500 años fueron de 3241.19 m², 3843.97 m², 4280.93 m², 4663.47 m², 5062.49 m², 5581.70 m². La precipitación media de la cuenca del río Tirishuanca fueron de 32.54 mm, 40.51 mm, 45.02 mm, 48.97 mm, 50.16 mm, 53.69 mm, 57.02mm, 60.16 mm, 64.15 mm para periodos de retorno de 2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años respectivamente. Los máximos caudales para periodos de retomo de 10, 20, 25, 50, 100, 200 y 500 años fueron de 8.9 m³/s, 11.2 m³/s, 12 m³/s, 14.7 m³/s, 17.8 m³/s, 21.3 m³/s, 26.6 m³/s.

Conclusiones: Para periodos de retorno de 10, 25, 50,100,200 y 500 años el rio Tirishuanca se desbordará causando inundaciones a terrenos de cultivo y viviendas aledañas.

PALABRAS CLAVE: Modelamiento Hidrológico, Ingeniería Civil, HEC-RAS, HEC-HMS, inundaciones



SUMMARY

The objective was to identify the zones and areas vulnerable to flooding through the Hydrological and Hydraulic Modeling of the Tirishuanca River of the sector between the Molino Malecón and the Ulcumanos neighborhood, in the town of Molino.

The study has a quantitative, descriptive, transversal level. The sample consisted of the stretches of the Tirishuanca River that includes the town of Molino (left bank of the river) and the Ulcumanos neighborhood (right bank of the river). Results: The flood areas for return periods of 10, 25, 50, 100, 200, 500 years were 3241.19 m², 3843.97 m², 4280.93 m², 4663.47 m², 5062.49 m², 5581.70 m². The average precipitation of the Tirishuanca river basin were 32.54 mm, 40.51 mm, 45.02 mm, 48.97 mm, 50.16 mm, 53.69 mm, 57.02 mm, 60.16 mm, 64.15 mm for return periods of 2.5, 10, 25, 50, 100, 200 and 500 years respectively. The maximum flow rates for return periods of 10, 20, 25, 50, 100, 200 and 500 years were 8.9 m³ / s, 11.2 m³ / s, 12 m³ / s, 14.7 m³ / s, 17.8 m³ / s, 21.3 m³ / s, 26.6 m³ / s.

Conclusions: For periods of return of 10, 25, 50, 100, 200 and 500 years, the Tirishuanca river will overflow causing flooding to agricultural lands and nearby homes.

KEYWORDS: Hydrological Modeling, Civil Engineering, HEC-RAS, HEC-HMS, floods



CAPITULO I

1. Introducción

Los cambios climáticos globales, el calentamiento global hace que la temperatura de la superficie de la tierra así como de la atmosfera se incremente considerablemente más de lo habitual, este fenómeno se viene dando actualmente debido a la contaminación ambiental, lo cual hará que haya más precipitaciones de lo habitual en la tierra y más aún en épocas de invierno tendremos más lluvias y esto hace que los caudales de los ríos se incremente llegando incluso a crecidas importantes, siendo estos fenómenos muy recurrentes en muchos países del mundo y también en nuestro país, generalmente en zonas ubicadas aledañas a los ríos sufren desbordes de ríos por consiguiente inundaciones; no siendo ajena a estos fenómenos las zonas aledañas al río Tirishuanca, especialmente en el sector comprendido entre el Malecón Molino (Margen Izquierdo del río) y el barrio los Ulcumanos (Margen derecha del río) en la Localidad de Molino, en épocas de invierno tiende a crecer considerablemente generándose problemas de desbordamiento del río, por lo tanto inundaciones.

Es importante resaltar que en la actualidad no existen estudios de la vulnerabilidad a inundaciones del río Tirishuanca, y más aún en el Distrito de Molino, Provincia de Pachitea Departamento de Huánuco, no existen investigaciones de los ríos pertenecientes a este distrito.



Las crecidas del río Tirishuanca ocurridas en épocas de invierno en el sector comprendido entre el Malecón Molino y barrio los Ulcumanos causan daños en tramos aledaños al río como son a las viviendas, campos de cultivo y pérdidas de animales.

Los pobladores de la zona manifiestan que este problema les ocasiona pérdidas de toda índole, por lo cual ellos manifiestan que se debería realizar estudios del río Tirishuanca en la localidad de Molino, en el sector que comprende el Barrio los Ulcumanos y el Malecon Molino.

El modelamiento Hidrológico nos permitirá conocer las características de la cuenca del río Tirishuanca, además de conocer los caudales para diferentes periodos de retorno y el Modelamiento Hidráulico del río Tirishuanca en la localidad de Molino comprendido entre el malecón Molino y barrio los Ulcumanos, nos permitirá identificar las zonas vulnerables a inundaciones y a la vez las áreas de inundaciones.

Teniendo en cuenta la problemática planteada se propone realizar un modelamiento Hidrológico e Hidráulico del río Tirsishuanca en la localidad de Molino en el sector comprendido entre el Malecón Molino y el barrio los Ulcumanos que nos permitirá tener como resultado final, la identificación de las zonas y áreas vulnerables a inundaciones.



1.1. Fundamentación del Problema

El río Tirishuanca en el sector comprendido entre el Malecón Molino (Margen Izquierdo del río) y el barrio los Ulcumanos (Margen derecha del río) en la Localidad de Molino, en épocas de invierno tiende a crecer considerablemente generándose problemas de desbordamiento del río, por lo tanto, inundación, erosión y acumulación de material de arrastre, y como consecuencia ocasiona daños y perjuicios a los pobladores que tienen sus viviendas y campos de cultivo aledaños al río, y más aún en esta época donde el problema del calentamiento global debido a la contaminación hace que las lluvias se incrementen más, debido al aumento de la temperatura de la tierra y la atmosfera, lo cual hace que los ríos incrementen aún mas sus caudales.

Los pobladores de la zona manifiestan que este problema de desbordes y por consiguiente inundaciones del río Tirishuanca les ocasiona pérdidas de toda índole, por lo cual ellos manifiestan que se debería realizar estudios del río Tirishuanca en la localidad de Molino, en el sector que comprende el Malecon Molino y el Barrio los Ulcumanos.

Teniendo en cuenta la problemática planteada se propone realizar un modelamiento Hidrológico e Hidráulico del río Tirishuanca en la localidad de Molino en el sector comprendido entre el Malecón Molino y el barrio los Ulcumanos que nos permitirá tener como resultado final, la identificación de las zonas y áreas vulnerables a inundaciones.



1.2. Formulación Del Problema

¿La Modelación Hidrológica e Hidráulica del río Tirishuanca del sector comprendido entre el malecón Molino y barrio los Ulcumanos, permitirá Identificar las zonas vulnerables a inundaciones?

1.3. Objetivos

Objetivo General

- Identificar las zonas vulnerables a inundaciones a través de la Modelación Hidrológica e Hidráulica del río Tirishuanca del sector comprendido entre el malecón Molino y barrio los Ulcumanos.

1.4. Hipótesis

Hi: La Modelación Hidrológica e Hidráulica del Rio Tirishuanca en el sector comprendido entre la ciudad de Molino y Barrio los Ulcumanos de Panao, permite identificar las zonas vulnerables a inundaciones.



CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes:

2.1.1. Antecedentes Internacionales:

Dada la magnitud del problema de inundaciones a nivel mundial se han venido realizando estudios similares tanto a nivel internacional, nacional y local.

Ruiz & Armando (2015), en el país de Colombia realizaron un análisis hidrológico en la cuenca alta del río Bogotá en el sector de Villapinzon mediante herramientas computacionales HEC.HMS. y modelaciones unidimensionales y bidimensionales en HEC-RAS e Íber, del río Bogotá que limita con el casco urbano del municipio de Villapinzon, por la amenaza de inundación y de la vulnerabilidad de las estructuras, viviendas, vías y terrenos agrícolas.

Alegría & Gabriel (2010), en Ecuador realizó un estudio titulado "Modelación hidrológica de crecidas en la cuenca del río Machángara en la ciudad de Quito". Pronosticando que, en un periodo de 50, 100 y 200 años tendrían una alta probabilidad de ser afectados por la crecida del río en un por efecto de la intensidad de lluvias. Así mismo determinó que el régimen del flujo del río en el tramo simulado muestra que debido a



ciertas caídas de agua considerables denominados saltos hidráulicos, su flujo variaría de subcrítico a supercrítico, por ende, existe la necesidad de usar el tipo de modelación mixta, la cual se encuentra presente en el programa HEC -RAS como una alternativa útil para reducir y mejorar el desarrollo dentro del proceso de simulación.

2.1.2. Antecedentes Nacionales:

En el ámbito Nacional se realizaron estudios similares:

Carrasco (2017) en Cajamarca, realizaron un estudio de modelamiento hidrológico e hidráulico del Rio Amojú – Jaén para determinar las zonas de riesgo de inundación en la localidad el Parral, para el diseño de defensas ribereñas. Para lo cual el autor recopiló y procesó información cartográfica, luego realizó un estudio hidrológico de máximas descargas del rio Amojú, con la topografía digitalizada del cauce y el apoyo del software Hec – Ras realizó el modelamiento hidráulico, lo cual les permitió determinar e identificar las principales zonas de inundación y realizaron el diseño de la defensa ribereña.

Chávez & Alonso (2015), en Ancash, realizó una investigación de “Modelamiento hidrológico e hidráulico del rio Santa, tramo asentamiento humano Las Flores, Distrito de Carhuaz”. Los investigadores realizaron el modelamiento hidrológico con el programa HEC-HMS y el modelamiento Hidráulico con el programa HEC-RAS. Determinando que



el Asentamiento Humano Las Flores se vería ampliamente afectado por una inundación generada por un caudal pico de 674 m³/s para un periodo de retomo de 200 años, ocasionando que el cauce del río se incremente en 10 metros dentro del área de estudio y las zonas pobladas aledañas en promedio, generándose daños materiales y la posibilidad de presentarse pérdidas de vidas humanas si no se cumple con una alerta temprana para evacuar la zona.

Laimito & Paola (2015) en Arequipa, realizaron una tesis titulada “Simulación hidrológica e hidráulica del Río Tambo, sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Isla”. Los investigadores para el modelamiento hidrológico utilizaron el programa HEC-HMS y el modelamiento Hidráulico con el programa HEC-RAS; donde concluyen que lograron simular de manera satisfactoria para la prevención de inundaciones el comportamiento hidrológico e hidráulico del río Tambo en el Sector de Riego Santa Rosa Ventillata Ayanquera, para los periodos de retorno de 100, 500, 1 000 y 1 500 años con caudales de máximas avenidas de 753.7, 994.9, 1109.8 y 1171.3 m³/s, respectivamente. Variando en un rango promedio de 122.5 m.s.n.m. (aguas arriba) a 118.6 m.s.n.m. (aguas abajo).

2.1.3. Antecedentes Locales

En el ámbito local se tiene las siguientes tesis:



Cordova (2017) en su tesis “Aplicación de la Simulación Hidrológica e Hidráulica con Sistemas de Información geográfica para Identificar las Áreas de Inundación del Río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo, 2017”. Realiza un estudio de investigación con el objetivo de proponer la correcta aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo; reportando que la mayoría de ríos de nuestra región y país no tienen registros históricos de caudales que dificulta identificar las áreas de inundación en época de crecidas. Los resultados fueron que la correcta aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica permite identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo, haciendo uso de una metodología sencilla y automatizada que ahorra tiempo y esfuerzos.

Bardales (2007) en su tesis “Simulación hidráulica de desbordes del río Huallaga – zona Huachog”; él autor de esta tesis realizó la simulación Hidráulica con los programas HEC-RAS Y HEC-GEORAS, donde el autor concluye: con la simulación realizada se encontró que el río Huallaga en la zona de Huachog se desborda con un caudal superior a 174.47 m³/s que corresponde a un período de retorno de 2 años.



2.2. Bases Conceptuales

2.2.1. Hidrología

Mejía (2012) manifiesta que en el año 1961 Merriam y Webster describe a la hidrología como “La ciencia que estudia la propiedades, distribución y circulación del agua, sobre la superficie de la tierra, en el suelo, bajo las rocas y en la atmosfera, en lo que se refiere a la evaporación y precipitación” (p.15)

Aparicio (1992), manifiesta que “La Hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos.(p.13)

2.2.2. Ciclo Hidrológico

Mejía (2012) define al ciclo hidrológico como: “La interminable circulación que siguen las partículas de agua en cualquiera de sus tres estados. La circulación se efectúa en forma natural y durante la misma, el agua sufre transformaciones físicas, que en nada alteran su cantidad” (p.19)

Según Ordoñez (2011), el ciclo hidrológico se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua. Está conducido por dos factores: La energía y la gravedad, que afectan el almacenamiento y movimiento del agua entre la Biosfera, Atmósfera,



Litosfera, Hidrosfera, lo que se denomina Sistema Climático. (p.6)

Para Villón (2011), el ciclo hidrológico es completamente irregular, como ejemplo son los periodos de satisfacción con los requerimientos del agua, sequías, e inundaciones. (p.17) Refiere también que el ciclo hidrológico no tiene principio ni fin y su descripción puede comenzar en cualquier punto. (p.17)



Figura N.º 01: Modelo del Ciclo Hidrológico

Fuente: USGS, traducido por <https://web.facebook.com/Hidrolog%C3%ADa-Superficial-1481340412094209/>



2.2.3. Cuenca

Según Reyes (1992) Una quebrada es el dren natural de una cierta zona de terreno, la zona drenada por el dren recibe el nombre de cuenca. (p.1) Las características vitales de una cuenca son: forma, perímetro, pendiente, relieve, altitud, red de drenaje, orientación. La cuenta puede ser cuenca topográfica o cuenca hidrográfica. (p.2)

- **Cuenca Hidrológica.**

El Ingeniero Villón (2011) sustenta que la cuenca hidrológica, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (p.21)

- **Delimitación De La Cuenca**

Villón (2011) sugiere que la delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel, siguiendo las líneas del divortium (parte aguas), lo cual es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación que, en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. (p.21)

Por otra parte Reyes (1992) afirma que la cuenca está delimitada por el contorno en cuyo interior el agua es recogida y concentrada en la entrega de un dren mayor. (p.1). Para clasificar las



cuencas se pueden hacer basado en el modelo de Villón (2011).

a) Cuenca Grande: Es aquella cuenca en la que predominan las características fisiográficas de la misma (pendiente, elevación, área, cauce). Una cuenca, para fines prácticos, se considera grande, cuando el área es mayor a 250 Km². (Villón, 2011, p.22,23)

b) Cuenca Pequeña: Es aquella cuenca que responde a las lluvias de fuerte intensidad y pequeña duración, y en la cual las características físicas (tipo de suelo, vegetación) son más importantes que las del cauce. Para propósitos prácticos se considera hasta 250 Km². (Villón, 2011, p.23)

- **Superficie De La Cuencas:**

Se refiere al área proyectada en un plano horizontal determinada con planímetro. (Chereque, 1991, p.28)

Viramonte (2007) clasifica las cuencas según la superficie Km², como se muestra en el siguiente cuadro:



Tabla N° 01: Tamaño de la cuenca (Km²)

Tamaño de la cuenca (Km ²)	Descripción
Menos de 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia Pequeña
500 a 2500	Intermedia Grande
2500 a 5000	Grande
5000 a mas	Muy grande

Fuente: (Viramontes et al. 2007, citado por Coloma, 2015)

2.2.4. Características Fisiográficas o Parámetros de una Cuenca

- **Índice de factor de forma de una cuenca (F)**

Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, es decir:

$$F = \frac{\text{ancho}}{\text{Longitud}} = \frac{B}{L}$$

(Villón, 2011, p.39)

- **Índice de compacidad (Índice de Gravelius)**

Expresa la relación entre el perímetro de la cuenca, y el perímetro equivalente de una circunferencia, que tiene la misma área de la cuenca, es decir:

$$K = \frac{\text{Perímetro de la cuenca}}{\text{Perímetro de un círculo de igual área}}$$

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$



Donde K es el coeficiente de compacidad, P es el perímetro de la cuenca en (Km) y A es el área de la cuenca en (Km²).

El índice de compacidad, trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la esorrentía, particularmente en las características del hidrograma. Si K=1, la cuenca será de forma circular; por lo general, para las cuencas alargadas se espera que K>1. Las cuencas de forma alargada, reducen las probabilidades, de que sean cubiertas en su totalidad por una tormenta, lo que afecta el tipo de respuesta que se presenta en el río. (Villón, 2011, p.41,42)

- **Densidad de Drenaje (Dd)**

Es la relación entre la longitud total de los cursos de agua de la hoya y su área total.

$$D_d = L/A, \text{ en km/km}^2$$

En donde:

L=Longitud total de las corrientes de agua, en km.

A=Área total de la hoya, en km²

D_d usualmente toma valores entre 0.5 km/km² para hoyas con drenaje pobre hasta 3.5 km/km² para hoyas excepcionalmente bien drenadas.

(Monsalve, 1998, p.39)



- **Rectángulo Equivalente.**

Reyes (2010) sostiene que el rectángulo equivalente es el rectángulo que tiene la misma área y el mismo perímetro que la cuenca; entonces también se tendría el mismo coeficiente de compacidad K_c de Gravelius, así como también iguales parámetros de distribución de alturas, igual curva hipsométrica, etc.

Donde:

$$A = L * l$$

$$L = K_c * \sqrt{\pi * \frac{A}{2}} * (1 + \sqrt{1 - \frac{4}{\pi} * K_c^2})$$

$$l = K_c * \sqrt{\pi * \frac{A}{2}} * (1 - \sqrt{1 - \frac{4}{\pi} * K_c^2})$$

Siendo A , el área de la cuenca, L lado mayor del rectángulo equivalente, l lado menor del rectángulo equivalente y K_c el índice de Gravelius de la cuenca.

- **Pendiente de la Cuenca.**

Reyes (2010) manifiesta que, para hallar la pendiente de la cuenca, se puede tomar el criterio de sustituirla por la pendiente media del rectángulo equivalente, entonces se tendría:

$$S_c = H/L$$

Donde:



H es el desnivel total y L, es el lado mayor del rectángulo equivalente. (p.13)

- **Curva Hipsométrica.**

Es la representación gráfica del relieve de una hoya. Representa la variación de la elevación de los varios terrenos de la hoya con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones. (Monsalve, 1998, p.44). Del mismo modo Villón (2011) lo conceptualiza como la relación entre la altitud, y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud. (p.34)

2.2.5. Evaluación de la Información Hidrológica:

En el Perú existe limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos como pluviométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, realizan la medición a través de métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño.

De acuerdo a la información disponible se elegirá el método más adecuado para obtener estimaciones de la magnitud del caudal, el cual será verificado con las observaciones directas realizadas en el punto de interés, tales como medidas de marcas de agua de crecidas importantes y análisis del comportamiento de obras existentes.



La representatividad, calidad, extensión y consistencia de los datos es fundamental para el inicio del estudio hidrológico, por ello, es necesario contar con un mínimo de 25 años de registro que permita a partir de esta información histórica la predicción de eventos futuros con el objetivo que los resultados sean confiables, asimismo dicha información deberá incluir los años en que se han registrado los eventos del fenómeno "El Niño", sin embargo dado que durante el evento del fenómeno del niño la información no es medida ya que normalmente se estiman valores extraordinarios, esta información debe ser evaluada de tal manera que no se originen sobredimensionamientos en las obras. (MTC, 2011, p.21,22)

2.2.6. Clasificación de las corrientes de una cuenca:

Con base en la constancia de la esorrentía, los cursos de agua se pueden dividir en:

a) Permanentes: Corrientes con agua todo el tiempo o todo el año. El nivel del agua subterráneo mantiene una alimentación continua y no desciende nunca debajo del lecho del río. (Monsalve,1999, p.36)

b) Intermitentes: Corrientes que escurren en estaciones de lluvia y se secan durante el verano. El nivel del agua subterráneo se conserva por encima del lecho del río solo en



la estación lluviosa. En verano el escurrimiento cesa, u ocurre solamente durante o inmediatamente después de las tormentas. (Monsalve,1999, p.36)

- c) Efímeros:** Existen apenas durante o inmediatamente después de los periodos de precipitación, y solo transportan escurrimiento superficial. El nivel de agua subterráneo se encuentra siempre debajo del nivel inferior del lecho de la corriente; no hay, por lo tanto, posibilidad de escurrimiento subterráneo. (Monsalve,1999, p.36,37)

2.2.7. Precipitación.

La precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas, garúas y nevadas. (Chereque, 1991, p.15).

La precipitación tiene gran importancia sobre la variación del caudal de un río. Existen tres parámetros para definir una precipitación: la duración, intensidad y su frecuencia. Cuando la intensidad de la lluvia excede la tasa de infiltración del suelo, ocurre escorrentía superficial debido a la precipitación excedente. Sin embargo el aumento del caudal del río no es proporcional al incremento del exceso de lluvia por causa del efecto de retardo resultante del proceso de acumulación. (Mejía, 2012,



p.64, 97)

Según Villón (2011) La precipitación se clasifica en:

- **Precipitación de convección:** las masas de vapor se acumulan en los puntos llamados células de convección, estas masas se elevan a grandes alturas, donde provocan condensación y precipitación. (p.71)
- **Precipitación orográfica:** el vapor del agua es empujada por el viento hacia las montañas y en forma de nubes ascienden a grandes alturas se condensan y ocurre precipitaciones. (p.72)
- **Precipitación ciclónica:** Ocurre cuando dos masas de aire con diferente temperatura y humedad, las nubes más calientes son violentamente impulsadas a grandes alturas, se condensan y se produce la precipitación. (p.72)

2.2.8. Prueba de Datos Dudosos

Según Chow, Maidment y Mays (1994), Indican que El método del Water Resources Council recomienda la realización de ajustes de datos dudosos. Los datos dudosos (Outliers) son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante. La retención o eliminación de estos datos dudosos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados



para la información, especialmente en muestras pequeñas.

Ecuación de frecuencia para detectar datos dudosos altos:

$$Y_H = \bar{Y} + K_n S_y$$

Donde: Y_H es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas y K_n es tal como se da en la tabla N.º 03 para un tamaño de muestra n . los valores K_n dados en la tabla se usan en pruebas de un lado para detectar datos dudosos en el nivel de 10% de significancia en información normalmente distribuida. Si los logaritmos de los valores en una muestra son mayores que Y_H en la anterior ecuación, entonces se consideran como datos dudosos altos. Picos de creciente considerados como datos dudosos altos deben compararse con la información histórica y de crecientes en sitios cercanos.

Una ecuación similar puede utilizarse para detectar los datos dudosos bajos:

$$Y_L = \bar{Y} - K_n S_y$$

Donde Y_L es el umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas. Los picos de crecientes considerados considerados como datos dudosos bajos se eliminan del registro y puede aplicarse un ajuste de probabilidad condicional descrito por el Water Resources Council (1981)



Tabla Nº 2: Valores de K_n de un lado con un nivel de significancia de 10% para la distribución normal.

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		

Fuente: U.S Water Resource Council, 1981, Citado por Chow et al. (1994)

2.2.9. Modelos hidrológicos:

Es una representación simplificada de un sistema real complejo llamado prototipo, bajo forma física o matemática. De manera matemática, el sistema real está representado por una expresión analítica. En un modelo hidrológico, el sistema físico real que generalmente representamos es la "cuenca hidrográfica" y cada uno de los componentes del ciclo hidrológico, es necesario tener conocimiento de entradas (inputs) al sistema y salidas (outputs) a partir del sistema.



(Lopez y Delgado, 2009, p.21)

Los modelos hidrológicos es una simplificación de la realidad, a partir del cual podemos estudiar la relación causa-efecto de una cuenca a través de los datos de entrada y salida, con los cuales se logra un mejor entendimiento de los procesos físicos hidrológicos que tienen lugar dentro de la cuenca. (Ven Te Chow,2000, citado por Lopez y Delgado, 2009).

- **Tipos de modelos hidrológicos**

(Lopez y Delgado, 2009, p.21,22) manifiesta que los modelos en cualquier ámbito de la ciencia se clasifican en:

a) Modelos físicos reducidos: Se basan en la reducción a una determinada escala del prototipo (realidad). Su fundamentado en el análisis dimensional completado con la teoría de la semejanza.

b) Modelos analógicos: Analizan un sistema a partir de otro regido por teorías similares.

c) Modelos matemáticos: Representan el sistema por un conjunto de ecuaciones y sentencias lógicas que expresan las relaciones entre variables y parámetros. Los modelos matemáticos se dividen en dos grandes grupos:

- **Determinísticos:** las variables vienen determinadas por



leyes físicas consideradas como exactas y que explican toda su variabilidad.

Los modelos Determinísticos son:

- **Modelos empíricos:** se basan en una correspondencia entre las entradas y las salidas de datos registrados, mediante el ajuste de ecuaciones tras un análisis de regresión.
- **Modelos distribuidos:** Un modelo distribuido divide la cuenca en pequeñas unidades regulares (grid) asignando a cada una de ellas sus propias características, dentro de estas unidades se simulan los procesos, por lo que elimina los posibles errores derivados de la aplicación de un promedio.

(Ven Te Chow, 2000, citado por Lopez y Delgado, 2009).

- **Estocásticos:** las variables son regidas en todo o en parte por las leyes del azar, y por tanto caracterizadas en términos de probabilidad. Requieren la existencia de datos que permitan caracterizar dichas variables.



2.2.10. Análisis estadístico de datos hidrológicos

- **Modelos de distribución**

El análisis tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos. En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas.

(Manual de Hidrología y Drenaje, 2011, p.25)

Coloma (2015), manifiesta que las distribuciones de frecuencia habitualmente utilizadas son:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal
- Distribución Pearson de Tipo III
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel

a) Distribución normal: La función de densidad de probabilidad

normal se define como:

$$f(X) = \frac{1}{s\sqrt{(2\pi)}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{s}\right)^2} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

f(x), es la función densidad normal de la variable x



X, es la variable independiente

μ , es el parámetro de localización, igual a la media aritmética de x

S, es el parámetro de escala, igual a la desviación estándar de x.

(Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, p.26)

b) Distribución Log normal: La función de densidad de probabilidad normal se define como:

$$f(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} * \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

f(x), es la función densidad normal de la variable x

α , β son los parámetros de la distribución, es decir la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable aleatoria

Esta función no necesariamente es simétrica, los valores de α y β se estiman a partir de n observaciones X_i , $i=1,2,3,\dots,n$, como

$$\alpha = \sum_{i=1}^n \frac{\ln x_i}{n}$$



(Aparicio, 1992, p.258)

c) Distribución Pearson Tipo III ó Gamma 3 Parámetros

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(x-x_0)}{\beta}}}{\beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : origen de la variable x , parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

(Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, p.28,29)

d) Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x \beta^{\gamma} \Gamma(\gamma)}$$

Válido para:

$$x_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < x_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$



Donde:

x_0 : parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

(Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, p.29,30)

e) Distribución Gumbel

La distribución de Valores Tipo I conocida como Distribución Gumbel o Doble Exponencial, tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente expresión:

$$f(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

Utilizando el método de momentos, se obtienen las siguientes relaciones:

$$\alpha = \frac{1.2825}{\sigma}$$

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

Donde:

α : Parámetro de concentración.

β : Parámetro de localización.

Según Ven Te Chow, la distribución puede expresarse de la siguiente forma:

$$x = \bar{x} + k\sigma_x$$



Donde:

x : Valor con una probabilidad dada.

\bar{X} : Media de la serie.

k : Factor de frecuencia.

(Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, p.29,30)

2.2.11. Pruebas De Bondad De Ajuste

Las pruebas de bondad de ajuste son pruebas de hipótesis que se usan para evaluar si un conjunto de datos es una muestra independiente de la distribución elegida. (Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, p.30)

Las pruebas de bondad de ajuste, consisten en comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales.

Las pruebas estadísticas, tienen por objeto medir la certidumbre que se obtiene al hacer una hipótesis estadística sobre una población, es decir, calificar el hecho de suponer que una variable aleatoria se distribuya según una cierta función de probabilidades.

Las pruebas de bondad de ajuste más utilizadas son:



- Ajuste gráfico
- Ajuste Estadístico:
 - Chi cuadrado
 - Smirnov - Kolmogorov

(Villón,2016, p.171)

Para nuestro caso describiremos Kolmogorov – Smirnov, ya que es la prueba de bondad de ajuste más utilizada en Hidrología de entre las descritas anteriormente.

- a) **Prueba Kolmogorov Smirnov:** Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Esta prueba consiste en comparar el máximo valor absoluto de la diferencia D entre la función de distribución de probabilidad observada $F_o(x_m)$ y la estimada $F(x_m)$:

$$D = \max /F_o(x_m) - F(x_m)/$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado (Tabla N° 03). Si $D < d$, se acepta la hipótesis nula. Esta prueba tiene la ventaja sobre la prueba de X^2 de que compara los datos con el modelo estadístico sin necesidad de agruparlos. La función de probabilidad observada se calcula como



sigue:

$$F_0(x_m) = 1 - m / (n + 1)$$

Donde m es el número de orden de dato X_m en una lista de mayor a menor y n es el número total de datos.

(Aparicio, 1996, citado por Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, p.30)

Tabla Nº 03: Valores Críticos d Para la Prueba de Kolmogorov - Smirnov.

Tamaño de la muestra	$\alpha=0.10$	$\alpha=0.05$	$\alpha=0.01$
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.30	0.34	0.40
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.20	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25

Fuente: Aparicio, 1995.

2.2.12. Tormenta:

Se entiende por tormenta o borrasca, al conjunto de lluvias que obedecen una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. La duración puede ser desde unos pocos minutos hasta varias horas y días, y abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas, hasta vastas regiones. (Villón, 2011, p.86)



- **Análisis De Las Tormentas**

El análisis de las tormentas, está relacionado con los cálculos o estudios previos, al diseño de obras de ingeniería hidráulica, como son:

- Determinación de caudales máximo, que deben pasar por el aliviadero de una presa, o que deben encausarse, para impedir las inundaciones.
- Estudio de drenaje
- Determinación de la luz de un puente.
- Conservación de suelos.
- Cálculo del diámetro de alcantarillas

(Villón,2011,p.86)

- **Elementos Fundamentales Del Análisis De Las Tormentas**

Villon (2011); sostiene que; durante el análisis de las tormentas hay que considerar elementos fundamentales como la intensidad, duración, frecuencia y periodo de retorno: (p.87, 88)

- a) **La intensidad:** es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo; la intensidad máxima es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo. De acuerdo a esto la intensidad se expresa así:

$$I_{\text{máx}} = P/t$$



Donde:

$I_{\text{máx}}$ = intensidad máxima, en mm/hora

P = precipitación en altura de agua, en mm

t = tiempo en horas

- b) **La duración**, corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta controlado en minutos u horas.
- c) **La frecuencia**, es el número de veces que se repite una tormenta, intensidad y duración definidas en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años.
- d) **Periodo de retorno de una avenida.**

Según Villon (2011), Para el caso de un caudal de diseño, el periodo de retorno se define, como el intervalo de tiempo dentro del cual un evento de magnitud x, puede ser igualado o excedido por lo menos una vez en promedio. Así si un evento igual o mayor a x, ocurre una vez en T años, su probabilidad de ocurrencia P, es igual a 1 en T años, es decir:

$$P (X \geq x) = 1/T$$

Donde:

P ($X \geq x$) = probabilidad de ocurrencia de un evento $\geq x$

T = período de retorno.

Según Fattorelli y Fernández (2011), para calcular la frecuencia y representarla gráficamente, comparar gráfica o analíticamente la función de distribución de probabilidades o calcular la frecuencia experimental se han



propuesto diversas expresiones, sólo se indicarán aquellas de uso práctico en diseño hidrológico.

Es importante aclarar que no es necesario graficar los datos para realizar un análisis de frecuencia, no obstante, la graficación es útil, ya que permite visualizar su distribución. Para realizar este gráfico se usan las expresiones que se conocen como posiciones de graficación la más conocida es la fórmula de Weibull.

$$P(x) = m / (N + 1)$$

Donde: m es la posición (ranking) que se le asigna a un evento según la secuencia ordenada de los eventos 1, 2, 3, ...N.

N es el tamaño de la muestra (N valores de lluvia o N valores de caudales).

Así, para series de valores máximos m es igual a 1 para el evento de valor máximo e igual a N para el mínimo.

- **Variable Aleatoria**

Monsalve (1995), define que una variable aleatoria una cantidad variable x por medio de la cual sea posible definir una función (P(x)) que, para cada valor real x que la variable aleatoria pueda tomar, mida la probabilidad que se verifiquen valores de x menores o al menos iguales a x.

$$P(x \leq x_i) = P(x_i)$$

En general, y para no generar confusión, $P(x) = P(x_i)$, en donde



$P(x)$ es el valor tomado para la función de distribución acumulativa o de repartición de la variable aleatoria, en correspondencia a un valor específico x . (p.89)

2.2.13. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF)

Según el Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, la Intensidad se puede calcular indirectamente mediante la siguiente fórmula:

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

Donde:

I = Intensidad máxima (mm/h)

K, m, n = Factores característicos de la zona de estudio

T = Periodo de retorno en años

t = Duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

Según la Norma Técnica de Edificaciones OS 0.60; Las curvas IDF son una familia de curvas definida gráficamente o por medio de fórmulas que relacionan la intensidad de precipitación con la duración y frecuencia (inversa del periodo de retorno), para un sitio o para una región, determinadas por análisis estadísticos y ajustes de curvas.

Si no se dispone de información de pluviógrafos, sino de valores de máxima precipitación diaria (24 horas), entonces es posible hallar



precipitaciones de duración menor que 24 horas y respectivas intensidades relacionadas en función de la máxima precipitación diaria, empleando métodos desarrollados para ese fin, por ejemplo, aplicando patrones de distribución de precipitación en el tiempo, ecuaciones de intensidad de precipitación (curvas IDF), entre otros.

Así también, para determinar la intensidad de la precipitación de diseño, para duración y período de retorno seleccionados, es posible utilizar las curvas IDF del "Estudio de la hidrología del Perú" (IILA-SENAMHI-UNI, 1983), y la siguiente expresión deducida de las mismas:

$$I_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_g} * \left(\frac{t+b}{t_g+b}\right)^{n-1} \quad \text{Para } t \leq t_g$$

Donde:

$P_{24,T}$: Precipitación máxima en 24 horas para T años de período de retorno, estimado para el sitio.

t : Duración en horas

t_g : Duración con la cual se iguala la precipitación de 24 horas, en promedio 15,2 horas para el Perú

b y n : Parámetros de tiempo y de duración, respectivamente

Según el Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, nos proporciona las siguientes formulas del método IILA-SENAMHI-UNI, 1983

$$I_{t,T} = a (1 + K \log T) t^{n-1}$$



Y la precipitación $P_{t,T}$ tiene la siguiente relación:

$$P_{t,T} = a (1 + K \log T) t^n$$

Estas fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas

Para $t < 3$ horas se usa:

$$I_{t,T} = a (1 + K \log T) (t+b)^{n-1}$$

Donde:

$I_{t,T}$: Intensidad de la lluvia (mm/hora).

a : Parámetro de intensidad (mm).

K : Parámetro de frecuencia (adimensional).

b : Parámetro de tiempo (hora).

n : Parámetro de duración (adimensional).

t : Duración (hora).

$$P_{24,T} = \varepsilon_g * (1+K \log T)$$

$$a = (1/t_g)^n * \varepsilon_g$$

Donde:

$P_{24,T}$: Máxima precipitación en 24 horas para periodo de retorno T .

T : Tiempo de retorno.

T_g : Duración de la lluvia diaria asumiendo un promedio de 15,2 horas para el Perú; pudiendo ser diferente según la condición local.



K : $K'g$, parámetro de frecuencia según zona (ver

Tabla N° 05).

b : 0,5 horas (costa, centro y sur)

0,4 horas (sierra)

0,2 horas (costa norte y selva)

ε_g : Parámetro para determinar $P_{24,T}$



Figura Nº 02: Zonas y Subzonas Pluviométricas del Perú.



Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Anexos", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Ítalo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia



Tabla Nº 04: Subdivisión del territorio en zonas y subzonas pluviométricas y valores de los parámetros K'_g y ϵ_g que definen la distribución de probabilidades de h_g en cada punto de estas

ZONA	K'_g	Subzona	ϵ_g
123	$K'_g = 0,553$	123 ₁	$\epsilon_g = 85,0$
		123 ₂	$\epsilon_g = 75,0$
		123 ₃	$\epsilon_g = 100 - 0,022 Y$
		123 ₄	$\epsilon_g = 70 - 0,019 Y$
		123 ₅	$\epsilon_g = 24,0$
		123 ₆	$\epsilon_g = 30,5$
		123 ₇	$\epsilon_g = -2 + 0,006 Y$
		123 ₈	$\epsilon_g = 26,6$
		123 ₉	$\epsilon_g = 23,3$
		123 ₁₀	$\epsilon_g = 6 + 0,005 Y$
		123 ₁₁	$\epsilon_g = 1 + 0,005 Y$
		123 ₁₂	$\epsilon_g = 75,0$
		123 ₁₃	$\epsilon_g = 70$
4	$K'_g = 0,861$	4 ₁	$\epsilon_g = 20$
5a	$K'_g = 11^* \epsilon_g^{-0,85}$	5 a ₁	$\epsilon_g = -7,6 + 0,006 Y \quad (Y > 2300)$
		5 a ₂	$\epsilon_g = 32 - 0,177 D_c$
		5 a ₃	$\epsilon_g = -13 + 0,010 Y \quad (Y > 2300)$
		5 a ₄	$\epsilon_g = 3,8 + 0,0053 Y \quad (Y > 1500)$
		5 a ₅	$\epsilon_g = -6 + 0,007 Y \quad (Y > 2300)$
		5 a ₆	$\epsilon_g = 1,4 + 0,0067$
		5 a ₇	$\epsilon_g = -2 + 0,007 Y \quad (Y > 2000)$
		5 a ₈	$\epsilon_g = 24 + 0,0025 Y$
		5 a ₉	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
		5 a ₁₀	$\epsilon_g = 18,8 + 0,0028 Y$
		5 a ₁₁	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 a ₁₂	$\epsilon_g = 19,0 + 0,005 Y$
		5 a ₁₃	$\epsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5 a ₁₄	$\epsilon_g = 4,0 + 0,010 Y$
5b	$K'_g = 130^* \epsilon_g^{-1,4}$	5 b ₁	$\epsilon_g = 4 + 0,010 Y \quad (Y > 1000)$
		5 b ₂	$\epsilon_g = 41,0$
		5 b ₃	$\epsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5 b ₄	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5 b ₅	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
6	$K'_g = 5,4^* \epsilon_g^{-0,6}$	6 ₁	$\epsilon_g = 30 - 0,50 D_c$
9	$K'_g = 22,5^* \epsilon_g^{-0,85}$	9 ₁	$\epsilon_g = 61,5$
		9 ₂	$\epsilon_g = -4,5 + 0,323 D_m \quad (30 \leq D_m \leq 110)$
		9 ₃	$\epsilon_g = 31 + 0,475 (D_m - 110) \quad (D_m \leq 110)$
10	$K'_g = 1,45$	10 ₁	$\epsilon_g = 12,5 + 0,95 D_m$

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Anexos", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Ítalo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia



Donde:

Y : Altitud en msnm

Dc : Distancia a la cordillera en km

Dm : Distancia al mar en km

Tabla Nº 05: Valores de los parámetros a y n que, junto con K', definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las subzonas.

SUBZONA	ESTACION	Nº TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
123 ₁	321-385	2	0,357	32,2
123 ₃	384-787-805	3	0,405	a = 37,85 – 0,0083 Y
123 ₁₃	244-193	2	0,432	
123 ₅	850-903	2	0,353	9,2
123 ₆	840-913-918 - 958	4	0,380	11
123 ₈	654-674-679 - 709-713-714 732-745-752	9	0,232	14,0
123 ₉	769	1	0,242	12,1
123 ₁₀	446-557-594 - 653-672-696 - 708-711-712 - 715-717-724 757-773	14	0,254	a = 3,01+ 0,0025 Y
123 ₁₁	508-667-719 - 750-771	5	0,286	a = 0,46+ 0,0023 Y
5 a ₂	935-968	2	0,301	a = 14,1 – 0,078 Dc
5 a ₅	559	1	0,303	a = -2,6 + 0,0031 Y
5 a ₁₀	248	1	0,434	a = 5,80 + 0,0009 Y

Fuente: IILA-SENAMHI-UNI (1983), "Estudio de la hidrología del Perú - Anexos", Convenio de Cooperación Técnica del Instituto Italo-Latino Americano, Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología y Universidad Nacional de Ingeniería, marzo 1983, Roma-Italia

Fatorelli y Fernández (2011), manifiesta que las curvas lamina –duración – frecuencia (LDF) son de uso muy frecuente en diseño hidrológico para el dimensionado de estructuras de paso de caudales de crecientes (sifones, alcantarillas, desagües pluviales, etc) y por ello



resulta de interés, el conocimiento de ecuaciones generalizadas para ser usadas en lugares donde no se tengan curvas locales de LDF o no se disponga de datos suficientes como para calcularlas.

- a) **Hietograma:** Según Villón (2011) manifiestan que el hietograma es un gráfico de forma escalonada como un histograma, que representa la variación de la intensidad expresada en mm/hora de la tormenta, en el transcurso de la misma expresada en minutos u horas. (p.89)

- **Método del Bloque Alterno**

Fatorelli y Fernández (2011), dice que el hietograma patrón se puede generar mediante los siguientes métodos, dentro de ellos se encuentra el método del bloque alterno:

El método del bloque alterno: usa curvas de IDF y genera una distribución triangular. Se realiza de la siguiente manera:

- a. Seleccionar el período de retorno.
- b. Leer en tablas o curvas LDF las láminas para dt , $2dt$, $3dt$, etc. (lamina=Intensidad)
- c. Tomar diferencias entre valores sucesivos.
- d. Ordenar los bloques de modo que el mayor quede al centro y las siguientes alternativamente en cada lado.

Según Chow, et.al.(1994), el método del bloque alterno es una forma simple para desarrollar un hietograma de diseño utilizando una



curva-duración-frecuencia. El hietograma de diseño producido por este método especifica la profundidad de precipitación en n intervalos de tiempo sucesivos de duración Δt , sobre una duración total de $T_d = n \cdot \Delta t$. Después de seleccionar el periodo de retorno de diseño, la intensidad es leída en una curva IDF para cada una de las duraciones Δt , $2\Delta t$, $3\Delta t$, $4\Delta t$, etc. y la profundidad de precipitación correspondiente se encuentra al multiplicar la intensidad y la duración. Tomando diferencias entre valores sucesivos de profundidad de precipitación, se encuentra la cantidad de precipitación que debe añadirse por cada unidad adicional de tiempo Δt . Estos incrementos o bloques se reordenan en una secuencia temporal de modo que la intensidad máxima ocurra en el centro de la duración requerida T_d y que los demás bloques queden en orden descendente alternativamente hacia la derecha y hacia la izquierda del bloque central para formar el hietograma de diseño. (p. 477,478)

2.2.14. Método del número de curva (CN)

Desarrollado por el NRCS (Servicio de conservación de Recursos Naturales) antes conocido como el SCS (Servicio de conservación de suelos)

Villón (2011) manifiesta que este método tiene ventajas sobre el método racional, pues se aplica a cuencas medianas y pequeñas.



El nombre deriva de una serie de curvas, cada una de las cuales lleva el número N, que varía de 1 a 100. Un número N=100, indica que toda la lluvia se escurre, y un número N=1, indica que toda la lluvia se infiltra; por lo que los números de curvas, representan coeficientes de escorrentía.

Los autores del método, por datos experimentales obtuvieron una relación entre $la = 2S$, esta relación es bastante aceptable para situaciones promedio.

Donde el término la (Sustracciones Iniciales) es definido como la precipitación acumulada hasta el inicio de la escorrentía y es una función de la intercepción, almacenamiento en depresiones e infiltración antes del comienzo de la escorrentia; y S es la infiltración potencial máxima. Para calcular el valor se tiene que tener en cuenta las condiciones siguientes:

- **Condición hidrológica**

Villón (2011) sostiene que la condición hidrológica se refiere a la capacidad de la superficie de la cuenca para favorecer o dificultar el escurrimiento directo, esto se encuentra en función de la cobertura vegetal. (p.268) Puede aproximarse de la siguiente forma:



Tabla Nº 6: Condición hidrológica

Cobertura vegetal	Condición hidrológica
>75 % del área	buena
entre 50% y 75% del área	regular
<50% del área	pobre

Fuente: (Villón, 2011, p.268)

- **Condición de humedad antecedente (CHA)**

Según Coloma (2015), la condición o estado de humedad del suelo tiene en cuenta los antecedentes previos de humedad de la cuenca; determinado por la lluvia total en el período de 5 días anterior a la tormenta.

El SCS usa tres intervalos de CHA:

- **CHA-I**, el límite inferior de humedad o el límite superior de S. Hay un mínimo potencial de escurrimiento. Los suelos de la cuenca están lo suficientemente secos para permitir el arado de cultivos.
- **CHA-II**, es el promedio de humedad propuesto por el SCS.
- **CHA-III**, es el límite superior de humedad o el límite inferior de S. Hay máximo potencial de escurrimiento. La cuenca está prácticamente saturada por lluvias anteriores.

Tabla Nº 7: Condición de humedad antecedente propuesta por SCS

Condición de humedad antecedente (CHA)	Precipitación acumulada de los 5 días previos al evento en consideración (cm)	
	Estación Seca	Estación de Crecimiento



I (Seca)	Menor de 1.3	Menor de 2.5
II (Media)	1.3 a 2.5	3.5 a 5
III (Humeda)	más de 2.5	más de 5

Fuente: SCS (1 972)

- **Grupo Hidrológico de suelo.**

Según Reyes, 1992 estas se clasifican en:

Grupo Hidrológico A: Son suelos que tienen altas tasas de infiltración (bajo potencial de escurrimiento).

Grupo Hidrológico B: Son suelos que tienen tasas de infiltración moderadas cuando están cuidadosamente mojadas y están constituidos mayormente de suelos profundos de texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas. Estos suelos tienen una tasa moderada de transmisión del agua.

Grupo Hidrológico C: Son suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina. Estos suelos tienen una baja tasa de transmisión del agua.

Grupo Hidrológico D: Son suelos alto potencial de escurrimiento, tasas de infiltración muy bajas cuando están completamente mojados y están formado mayormente por suelos arcillosos con un alto potencial de escurrimiento.



Tabla N° 8: Número de Curva N para complejos Hidrológicos de suelo cobertura (Para condición de humedad antecedente II e $I_a=0.2S$)

Números de curva para distintas condiciones hidrológicas y complejos suelo-cobertura para CHA II y $I_S = 0.2S$						
Uso de la tierra	Tratamiento práctica	o Condición hidrológica para infiltración	A	B	C	D
						94
Cultivos	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
	Surcos rectos	Buena	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Buena	65	75	82	86
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	62	71	78	81
Pequeños granos	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
	Surcos rectos	Buena	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Buena	61	73	81	84
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	59	70	78	81
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación.	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
	Surcos rectos	Buena	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Buena	55	69	78	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Curvas de nivel y en terrazas	Buena	51	67	76	80
Pastizales similares		Pobre	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Buena	39	61	74	80
	Curvas de nivel	Pobre	47	67	81	88
	Curvas de nivel	Regular	25	59	75	83
	Curvas de nivel	Buena	6	35	70	79
Praderas		Buena	30	58	71	78
Bosques		Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Buena	25	55	70	77



Patio		-----	59	74	82	86
Caminos, incluyendo derecho de vía	Cieno	-----	72	82	87	89
	Superficie firme	-----	74	84	90	92

Fuente: (Villón, 2011, p.269)

Coloma, 2015, manifiesta que si se tiene CHA-I o CHA-III el número de curva equivalente se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$CN_1 = \frac{4.2x CN_{(II)}}{10x0.058x CN_{(II)}}$$

$$CN_{(II)} = CN_{(II)}$$

$$CN_{(III)} = \frac{23x CN_{(II)}}{10 + 0.13x CN_{(II)}}$$

Donde $CN_{(I)}$ es el valor de número de curva en condición antecedente de humedad I, $CN_{(II)}$ es el valor en condición normal y $CN_{(III)}$ es el valor en condición antecedente de humedad III.

2.2.15. Tiempo de Concentración

Según el Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011, el tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la cuenca.

El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la cuenca (una cuenca



alargada tendrá un mayor tiempo de concentración), de su pendiente pues una mayor pendiente produce flujos más veloces y en menor tiempo de concentración, el área, las características del suelo, cobertura vegetal, etc. Las fórmulas más comunes solo incluyen la pendiente, la longitud del cauce mayor desde la divisoria y el área.

El tiempo de concentración en un sistema de drenaje pluvial es:

Tabla Nº 09: Fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

MÉTODO FECHA	Y	FÓRMULA PARA t_c (minutos)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)		$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$ <p>L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, m. S = pendiente promedio de la cuenca, m/m</p>	Desarrollada a partir de información del SCS en siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3 a 10%); para flujo superficial en superficies de concreto o asfalto se debe multiplicar t_c por 0.4; para canales de concreto se debe multiplicar por 0.2; no se debe hacer ningún ajuste para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
California Culverts Practice (1942)		$t_c = 0.0195 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$ <p>L = longitud del curso de agua más largo, m. H = diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m.</p>	Esencialmente es la ecuación de Kirpich; desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.
Izzard (1946)		$t_c = \frac{525 * (0.0000276 * i + c) * L^{0.33}}{S^{0.333} * i^{0.667}}$ <p>i = intensidad de lluvia, mm/h c = coeficiente de retardo L = longitud de la trayectoria de flujo, m. S = pendiente de la trayectoria de flujo, m/m.</p>	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads para flujo superficial en caminos y Áreas de céspedes; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente



		cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos iterativos; el producto de i por L debe ser ≤ 3800 .
Federal Aviation Administration (1970)	$t_c = 0.7035 * \frac{(1.1 - C) * L^{0.50}}{S^{0.333}}$ <p>C = coeficiente de escorrentía del método racional. L = longitud del flujo superficial, m. S = pendiente de la superficie, m/m</p>	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos recopilada por el Corps of Engineers: el método tiene como finalidad el ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos pero ha sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de onda cinemática Morgali y Linsley (1965) Aron y Erborge (1973)	$t_c = \frac{7 * L^{0.6} * n^{0.6}}{I^{0.4} * S^{0.3}}$ <p>L = longitud del flujo superficial, m. n = coeficiente de rugosidad de Manning. I = intensidad de lluvia, mm/h. S = pendiente promedio del terreno-m/m.</p>	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinemática de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto I (Intensidad de lluvia) como t_c son desconocidos, la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución gráfica directa para t_c .
Ecuación de retardo SCS (1973)	$t_c = \frac{0.0136 * L^{0.8} * (\frac{100}{CN} - 9)^{0.7}}{S^{0.5}}$ <p>L = longitud hidráulica de la cuenca mayor trayectoria de flujo), m. CN = Número de curva SCS S = pendiente promedio de la cuenca, m/m.</p>	Ecuación desarrollada por el SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; ha sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas con áreas inferiores a 800 Ha; se ha encontrado que generalmente es buena cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia a la sobreestimación; se aplican factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales e impermeabilización de superficies; la ecuación supone que $t_c = 1.67 \times$ retardo de la cuenca.

Fuente: * SCS Soil Conservation Service; citado por Manual de carreteras Hidrología, Hidráulica y Drenaje, 2011



2.2.16. Precipitación Media Sobre una Cuenca.

Según Mejía (2012), los datos medidos en los pluviómetros son puntuales, y solo representan apenas la lluvia de una reducida área en torno del pluviómetro (desde 2.6 km² según Lindsey et al, 1967).

La única forma de conocer esa distribución real sería instalando un número muy grande de pluviómetros en el área, cosa que sería inviable económica y operacionalmente. Se trabaja, entonces, con muestras reducidas cuya información debe ser aprovechada al máximo, ponderando sus valores, ósea dando pesos diferentes a cada una de ellas en el cálculo de la media.

Según Villon (2012), para calcular la precipitación media de una tormenta existen tres métodos de uso generalizado:

- a.) **Promedio aritmético.** Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona.

$$P_{med} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media de la zona o cuenca

P_i = precipitación de la estación i



n=número de estaciones dentro de la cuenca.

La precisión de este método depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas, y de la distribución de la lluvia estudiada.

b.) Polígono de Thiessen.

Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación, se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones.

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} * \sum_{i=1}^n A_i * P_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media de la zona o cuenca

A_T = área total de la cuenca

A_i = área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a

La estación i

P_i = precipitación de la estación i

n=número de estaciones tomadas en cuenta.

c.) Isoyetas.

Se necesita un plano de Isoyetas de la precipitación



registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero que requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona de estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas.

El método consiste en:

- 1.- Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
- 2.- Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel.
- 3.- Hallar las áreas A_1, A_2, \dots, A_n entre cada 2 isoyetas seguidas.
- 4.- Si P_0, P_1, \dots, P_n son las precipitaciones representadas por las isoyetas respectivas, calcular la precipitación media utilizando:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0 + P_1}{2} * A_1 + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} * A_n}{A_1 + \dots + A_n}$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} * \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} * A_i$$

Donde:

P_{med} = precipitación media.



A_T = área total de la cuenca

P_i = altura de precipitación de las isoyetas i

A_i = área parcial comprendida entre las isoyetas P_{i-1} y P_i

n = número de áreas parciales.

2.2.17. Tiempo de Retardo.

El tiempo de retardo o "Lag Time" es aquel intervalo de tiempo transcurrido entre el punto medio o centro de gravedad del hietograma de precipitación máxima y el punto máxima de la crecida del hidrograma generado como consecuencia de dicha lluvia. En la figura a continuación puede apreciarse el tiempo de retardo asi como la siguiente relación:

$$T_{crecida} = T_{retardo} + (T_{precip} / 2)$$

(Villon, 2011, citado por Coloma, 2015)

Según NRCS (Servicio Conservación de recursos naturales), antes SCS (Servicio de Conservación de suelos), el tiempo de retardo es 0.6 veces el tiempo de concentración.)

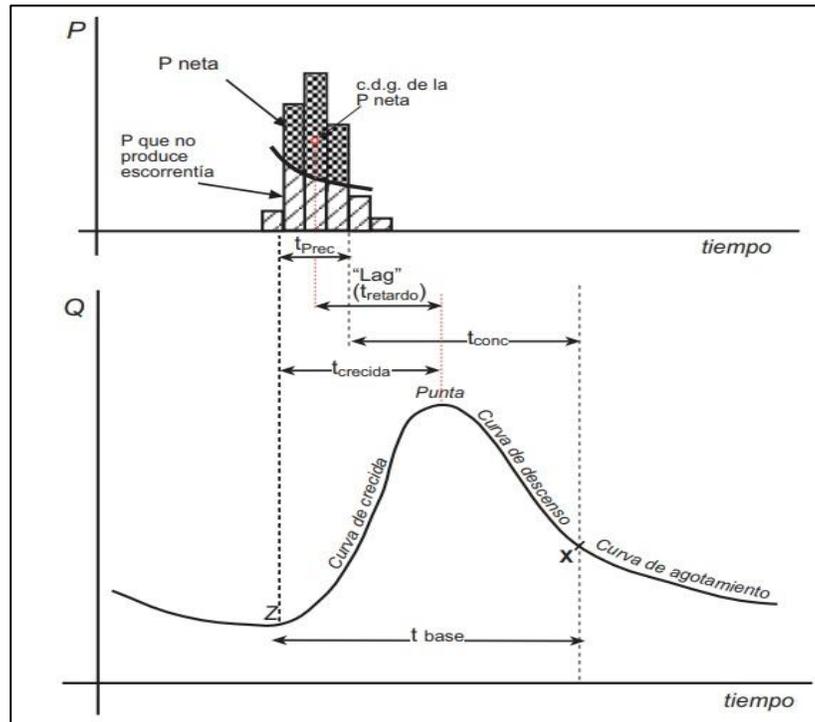


Figura N° 3: Esquema del tiempo de retardo
Fuente: USAL (2011)

2.2.18. Escurrimiento

Según (Villón, 2011) sostiene que el escurrimiento es el agua proveniente de la precipitación, que circula sobre o bajo la superficie terrestre, y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca (estación de aforo), es un componente del ciclo hidrológico. (p.135). El escurrimiento se clasifica en tres tipos: (p.136)



- a) ***Escurrimiento superficial:*** es aquel que proviene de la precipitación no infiltrada y que escurre sobre la superficie del suelo. El efecto sobre el escurrimiento total es inmediato, y existirá durante la tormenta e inmediatamente después de que esta termine. La parte de la precipitación total que da lugar a este escurrimiento, se denomina precipitación en exceso. (p.136)
- b) ***Escurrimiento subsuperficial:*** es aquel que proviene de una parte de la precipitación infiltrada. El efecto sobre el escurrimiento total, puede ser inmediato o retardado. Si es inmediato se le da el mismo tratamiento que al escurrimiento superficial, en caso contrario, como escurrimiento subterráneo. (p.136)
- c) ***Escurrimiento subterráneo:*** Es aquel que proviene del agua subterránea, la cual es recargada por la parte de la precipitación que se infiltra, una vez que el suelo se ha saturado. (p.136)

2.2.19. Hidrometría:

Según (Villón, 2011) manifiesta que la Hidrometría o aforo, es la rama de la hidrología que estudia la medición del escurrimiento. Existen diversos métodos, para determinar el caudal de una corriente



de agua, cada uno no aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de una corriente o según la precisión con que se requieran los valores obtenidos. Los métodos más utilizados son:

- Aforo con flotadores
- Aforos volumétricos
- Aforos químicos
- Aforo con vertederos.
- Aforo con vertederos o molinete
- Aforo con medidas de la sección y la pendiente.

a) Aforo con correntómetros o molinetes: Para este método, se emplea el correntómetro o molinete, que mide la velocidad, en un punto dado del curso del agua, detecta la velocidad de la corriente y transmite las indicaciones de un interruptor encargado de cerrar un circuito eléctrico, cuando ha dado cierto número de vueltas, sobre un contador o contómetro (de impulsiones de sonido, señales luminosas, digitales, etc.). (Villón,2011, p. 153,154)

Proceso para realizar el Aforo.

Según Villón (2011), se debe dividir la sección transversal (área hidráulica), en franjas.

- Medir el ancho del río (espejo de agua T1)



- Dividir el espejo de agua T, en un número N de tramos por lo general N=10.

Tabla Nº 10: Distancias mínimas entre verticales recomendadas.

Ancho total mínimo del río (m)	Distancia entre verticales (m)
Menos de 2m	0.20
2 – 3	0.30
3 – 4	0.40
4 – 8	0.50
8 – 15	1.0
15 – 25	2.0
25 – 35	3.0
35 – 45	4.0
45 – 80	5.0
80 – 160	10.0
160 – 350	20.0

Fuente Villón (2011).

- Medir en cada vertical, la profundidad h, puede suceder que en márgenes la profundidad sea cero o diferente a cero
- El área de cada tramo, se puede determinar como el área del trapecio. Si la profundidad en los extremos es cero, se calcula como si fuera un triángulo.

2.2.20. Velocidad Promedio

La Velocidad promedio de cada tramo, se calcula como la semisuma de las velocidades medias, de las verticales que delimitan el tramo, es decir:

$$V_p = (V_1 + V_2) / 2$$

Donde:



V_p = Velocidad promedio del tramo

V_1, V_2 = Velocidades medias de las verticales

2.2.21. Hidrograma

Según Reyes (1992) sostiene que el hidrograma es una gráfica de los registros continuos de caudales en función del tiempo. (p.107). Por otra parte, Reyes (1992) y Villon (2011) coinciden clasificando los hidrogramas de la siguiente manera:

- **Hidrograma Unitario:** Es el hidrograma de escurrimiento debido a una precipitación con altura en exceso (hpe) unitaria (un mm, un cm, una pulg., etc), repartida uniformemente sobre la cuenca, con una intensidad constante durante un período específico de tiempo (duración en exceso de). son relativamente constantes. (Villón, 2011, p.210)
- **Hidrogramas naturales:** Se obtienen directamente de los caudales registrados en una sección determinada del cauce. (Reyes, 1992, p.110)
- **Hidrograma sintético:** Son simulados y se obtienen usando las características fisiográficas y parámetros de la cuenca receptora. (Reyes, 1992, p.110)
- **Hidrograma adimensionales o índices:** Se elaboran para representar hidrogramas unitarios usando el tiempo en el que se alcanza la máxima descarga y los porcentajes de caudales de punta como unidades básicas para representar los hidrogramas. (Reyes, 1992, p.110)



2.2.22. Sistema de Modelado Hidrológico HEC -HMS.

El HEC-HMS (HMS-Hydrologic Modeling System) Sistema de Modelado Hidrológico, es una aplicación poderosa para el modelado hidrológico, desarrollado por el centro de ingeniería Hidrológica (HEC-Hydrologic Engineering Center) del cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos (US Army Corps). (Villón, 2011, p.15)

Con el modelo Hec-Hms, se puede simular la respuesta que tendrá la cuenca de un río en su escurrimiento superficial, como producto de una precipitación, mediante la representación de la cuenca como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos. Cada componente, modela un aspecto del proceso de escurrimiento por precipitaciones, dentro de una parte de la cuenca, comúnmente referida como una subcuenca. Un componente puede representar una identidad de escurrimiento superficial, un canal de flujo o un embalse. La representación de un componente y las relaciones matemáticas que describen el proceso físico. El resultado del proceso de modelaje, es el cálculo de los hidrogramas del flujo en sitios elegidos de la cuenca del río. (Villón, 2011, p.17)

- **Calibrar y validar los resultados arrojados por HEC-HMS**

Para que los resultados de la simulación en HEC-HMS, representen con algún grado de confiabilidad, en el comportamiento



de la cuenca que se estará analizando, es necesario someterlos a pruebas de calibración validación y análisis de sensibilidad de los parámetros involucrados.

El proceso de calibración, necesita disponer de registros de precipitación y medidas de caudal para un mismo evento, y consiste en la búsqueda sistemática de los valores de los parámetros, que proporcionan un mejor ajuste entre el hidrograma simulado y el observado. Este proceso recibe también, a veces, el nombre de optimización de parámetros. Si se cuenta sólo con dos registros lluvia – caudal por ejemplo, entonces uno debe ser usado en la calibración y el otro en la validación.

El objetivo de la calibración consiste en minimizar la diferencia entre las respuestas observadas del sistema y las respuestas simuladas por el modelo utilizado. La representación matemática de esta diferencia es lo que se conoce como función objetivo, lo cual sirve entre el hidrograma simulado y el observado.

(Villón, 2016, p. 68,69)

2.2.23. Sistema de Análisis de Ríos - HEC – RAS

El Hec-Ras es el nombre compuesto de las siglas en inglés, HEC (Hydrologic Engineering Center ó Centro de Ingeniería Hidrológica) y RAS (River Analisis System o Sistema de Análisis de



Ríos), es una aplicación que permite la modelación Hidráulica en régimen permanente y no permanente, transporte de sedimentos y análisis de calidad del agua en cauces abiertos, ríos y canales artificiales, el mismo que ha sido desarrollado por el centro de ingeniería Hidrológica del cuerpo de ingenieros de la armada de los EE.UU. (US Army Corps of Engineers). (Villón, 2011, p.15)

Con Hec-Ras se facilita el cálculo de los perfiles del agua y de los parámetros hidráulicos del cauce. El programa permite desarrollar el cálculo, de los niveles de la superficie del agua de un flujo gradualmente variado. El sistema que se modela puede ser un solo río o una red de ríos. El componente del estudio del flujo, puede hacer el estudio de régimen subcrítico, supercrítico o la mezcla de los dos. (Villón, 2011, p.15,16)

- **Importancia Hec-Ras.**

El Hec-Ras permite en la modelación hidráulica:

- Predecir áreas de inundación y mitigación del mismo en un río o sistema de ríos para diferentes períodos de retorno.
- Determinar de las variables hidráulicas para el diseño de estructuras hidráulicas en los ríos como, puentes, alcantarillas, cunetas, etc.



- Delimitar de fajas marginales de los ríos.
- Determinar de la altura optima en el diseño de una carretera, que puede ser afectada por el caudal del río.

(Villón, 2011, p.6)

Tabla N°11: Valores de coeficiente de rugosidad "n" de Manning

Típicos.

Coeficiente de rugosidad "n" de Manning típicos			
Tipo de cauce y descripción	valor de "n"		
	Mínim o	Norm al	Máxim o
D. Cauces naturales menores (ancho superior, a nivel de crecida, menor que 30 m)			
D1). Cauces en planicie			
1) Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2) Igual que arriba pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3) Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4) Igual que arriba pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5) Igual que arriba, niveles más bajos, pendiente y secciones más enefectivas	0.040	0.048	0.055
6) Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7) Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8) Tramos con mucho pasto, pozos profundos o recorrido de la crecida con mucha madera o arbustos bajos	0.075	0.100	0.150
D2) Cauces de montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas y sumergidos para niveles altos			
1) Fondo: grava, cantos rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2) Cantos rodado y algunas rocas	0.040	0.050	0.070
E) Cauces con planicie de crecidas			
1) Pastos sin arbustos			
Pastos cortos	0.025	0.030	0.035
Pastos altos	0.030	0.035	0.050
2) Areas cultivadas			
• Sin cultivo	0.020	0.030	0.040



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



• Cultivos maduros alincados	0.025	0.030	0.045
• Campos de Cultivos maduros	0.030	0.040	0.050
3) Arbustos			
• Arbustos escasos, muchos pastos	0.035	0.050	0.070
• Pequeños arbustos y arboles, en invierno	0.035	0.050	0.060
• Pequeños arbustos y arboles, en verano	0.040	0.060	0.080
• Arbustos medianos a densos, en invierno	0.045	0.070	0.160
• Arbustos medianos a densos, en verano	0.070	0.100	0.160
4) Arboles			
• Sauces densos, en verano y rectos	0.710	0.150	0.200
• Tierra clara con ramas sin brotes	0.030	0.040	0.050
• Igual que arriba pero con gran crecimiento de brotes	0.050	0.060	0.080
Grupos grandes de madera, algunos arboles caídos, poco crecimiento inferior y nivel de la inundación por debajo de las ramas	0.080	0.100	0.120
Igual que arriba, pero con el nivel de inundación alcanzando las ramas	0.100	0.120	0.160
F) Cursos de agua importadas (Ancho superior, a nivel de inundación, mayor que 30 m). Los valores de n son menores que los de los cursos menores similar, ya que los bancos ofrecen menor resistencia efectiva			
1) Sección regular sin rocas y arbustos	0.025	-	0.060
2) Sección irregular y áspera	0.035	-	0.100

Fuente: Chow et.al (1994)



CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1. Material y Método:

- Nivel y Diseño de Investigación:

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo, a nivel descriptivo, transversal.

- **Descriptivo.** Comprende el proceso de identificación, descripción, caracterización, además del procesamiento de datos del río Tirishuanca
- **Transversal:** Porque se realiza en un tiempo determinado.

3.2. Población y Muestra

- Población

La Población será el río Tirishuanca que tiene una longitud de 10.62 km aproximadamente

- Muestra

La muestra será el tramo vulnerable a inundaciones del río Tirishuanca que abarca el malecón Molino (margen Izquierda del río) y el barrio los Ulcumanos (Margen derecha del río) aproximadamente 980 m de longitud



3.3. Sistema de Variables – Dimensiones e Indicadores

Entre las **variables independientes** tenemos:

- Modelación hidrológica e Hidráulica.

Entre las **variables dependientes** tenemos:

- Zonas vulnerables a inundaciones.

3.4. Operacionalización de variables.

Tabla Nº 12: Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE		
Modelación hidrológica e hidráulica	Características hidrológicas	Precipitación
		Cuenca
		Suelo
	Características hidráulicas	Caudal
		Tirante
		Sección
		Cota (m.s.n.m)
DEPENDIENTE		
Zonas vulnerables a inundaciones	Viviendas	Ubicación
		Material
	Población	Heridos
		Afectados
	Terrenos de Cultivo	Tamaño

Fuente: Elaboración propia

3.5. Técnicas de Recolección y Tratamiento de Datos

Fuentes, Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

- **Fuentes Primarias:** Datos topográficos, datos históricos de



precipitación, Carta Nacional, imágenes satelitales (Alos Palsar)

- **Fuentes Secundarias:** libros, revistas, manuales, normas, material electrónico.
- **Las técnicas e instrumentos a emplear serán:**
 - ✓ **Técnicas**
 - Recopilación de datos topográficos, datos históricos de precipitación, Levantamiento Topográfico, Descarga de Carta Nacional e imágenes satelitales (Alos Palsar)
 - ✓ **Instrumentos**
 - Estación total, correntómetro, Softwares

3.6. Descripción de la zona de estudio

La cuenca del río Tirishuanca tiene un área de 17.89 km² ubicada entre los 2381 m.s.n.m y los 3840 m.s.n.m; y a partir del cual la precipitación pluvial es un aporte efectivo en el escurrimiento superficial. Lo que se encuentra dentro de la cuenca son la ciudad de Molino, tierras de pastoreo, pero en mayor porcentaje la cuenca está conformado por tierras de cultivo. El escurrimiento superficial del río Tirishuanca se origina de los manantiales de las partes altas, así como de las precipitaciones que ocurren en su parte alta, las precipitaciones en la zona son generalmente desde los meses de diciembre a abril, el deshielo de los nevados ubicados dentro de la cuenca tiene muy poca incidencia en el escurrimiento ya que son bastante escasos.



El ámbito de estudio se encuentra emplazada en la cuenca del río.

- **Inundaciones importantes en el Rio Tirishuanca**

Las inundaciones no son ajenas en las partes bajas del río tirishuanca, no existe información escrita de los daños que provocan las inundaciones debido al desborde del río Tirishuanca; solo testimonios de las personas que viven aledañas al río, quienes manifiestan que las inundaciones del río causaron daños a terrenos de sembríos, tierras de pastoreo, así como provocaron el colapso de algunas viviendas aledañas al lugar. Generándose muchos damnificados que lo perdieron todo a causa de las inundaciones del río Tirishuanca.

3.7. Materiales, Equipos y Software

- Software Arc gis 10.2.2
- Software Autocad Civil 3D 2012
- Software HEC - HMS
- Software HEC – RAS
- Software Google Earth
- Microsoft Office 2016 (Word y Excel)
- Software Lamina
- Lluvias Maximas en 24 horas
- Correntometro CM 200



- Estación total Leica.
- Imágenes Satelitales (Alos Palsar)
- Datos cartográficos del IGN

3.8. Metodología

La metodología de la presente investigación fue la siguiente:

- Procesamiento de la información Hidrológica.
- Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS
- Modelamiento Hidráulico con HEC-RAS

3.9. Limitaciones

No existen estaciones pluviométricas localizadas dentro de la cuenca.
No se cuenta con estaciones Hidrométricas, es decir no se cuenta con registros históricos de caudales del río.

3.10. Procesamiento de la Información Hidrológica

3.10.1. Datos de Precipitación

a) Selección De Estaciones Pluviométricas

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) cuenta con estaciones pluviométricas, para nuestro trabajo de investigación se escogió 3 estaciones pluviométricas operativas, las más cercanas a la cuenca.

En la tabla 12, se muestran las estaciones que se considerarán



para realizar los cálculos respectivos.

Tabla 13: Estaciones ubicadas más cercanas a la cuenca en estudio

ESTACION	TIPO	PROVINCIA	DISTRITO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
Chaglla	Pluviométrica	Pachitea	Chaglla	09° 51'01" S	75°54'24" W	3036
Huánuco	Pluviométrica	Huánuco	Pillcomarca	09° 57'07.24" S	76°14'54.8" W	1947
San Rafael	Pluviométrica	Ambo	San Rafael	10° 19'45.27" S	76°10'35.47" W	2722

Fuente: Elaboración propia con datos de SENAMHI

A continuación se muestran los datos de precipitación de las estaciones Chaglla, Huánuco y San Rafael, las cuales son las estaciones de mayor influencia a la cuenca del río Tirishuanca

Tabla Nº 14: Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación: Chaglla

N °	Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	1994	9,7	8,5	6,5	11	4,2	3,4	11,3	2,3	4,7	7,3	5,2	25,5
2	1995	28,1	15,6	10,5	6,4	8,5	0	6,4	9,3	15,3	8,3	7,6	6,7
3	1996	15,7	9,8	10	18,7	15,4	10,5	1,8	2,5	6,7	12,4	20,4	9,7
4	1997	6,8	10,4	6,8	3,6	12,9	7	16	16	9	14,4	17,7	11,3
5	1998	20,4	19,6	10,3	18,3	5,9	5	1	5,2	16,6	15,3	19,6	20,2
6	1999	17,7	24,8	33,6	33,2	30,4	6	22,2	4,3	20,7	19,6	16,5	28
7	2000	26,8	26,8	35,2	27	14,3	29,2	14,2	9,6	12,3	41,5	20,8	8,6
8	2001	20,2	14,8	25,4	6,8	7,3	4	8,8	11,6	10	13,7	28,7	9,3
9	2002	6,1	21,1	21,7	24,2	4,2	3,8	24,6	10	22,4	22,1	14,6	9,8
10	2003	23,0	15,2	20,0	5,2	30,0	3,5	2,3	29,0	18,6	11,8	10,5	48,0
11	2004	10,0	29,8	45,0	9,0	21,2	11,4	11,2	19,5	23,4	34,0	18,2	23,3
12	2005	29,4	12,4	28,8	0,0	4,5	3,7	7,4	6,7	11,4	20,6	35,5	23,3
13	2006	20,6	20,0	30,8	28,3	4,0	19,8	4,4	6,8	8,0	41,5	30,3	32,2
14	2007	30,2	38,8	30,0	30,0	10,0	11,0	9,8	14,2	12,4	18,0	30,6	20,8
15	2008	16,8	18,8	23,2	30,4	5,6	6,4	13,0	3,4	13,8	18,0	32,8	20,4



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



16	2009	28,6	16,6	16,6	8,4	14,8	14,4	16,0	10,4	14,8	17,4	17,4	28,0
17	2010	35,6	49,2	27,2	26,2	10,2	0,0	10,2	18,6	15,0	19,4	27,8	26,6
18	2011	16,4	18,6	24,4	20,8	18,4	14,8	12,6	17,4	14,8	16,4	16,4	11,8
19	2012	6,6	16,8	14,8	18,8	16,4	6,4	10,4	9,6	13,0	14,4	40,8	17,4
20	2013	18,8	18,4	20,4	16,4	20,6	16,8	12,0	23,2	20,2	23,6	26,8	27,4
21	2014	26,2	33,6	23,6	32,6	25,0	17,8	12,4	15,2	35,0	31,6	27,2	25,0
22	2015	23,0	21,8	24,0	17,2	26,2	11,6	18,6	19,6	13,4	30,0	34,0	40,6
23	2016	0,0	0,0	28,4	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	9,6	0,0	24,6	23,8
24	2017	28,0	25,0	28,6	24,0	22,8	12,4	21,4	18,2	20	25,6	25,4	26,2

Fuente: SENAMHI

Tabla Nº 15: Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación:

Huánuco

N.º	Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	1994	S/D	8,7	10,9	24	15	0	0	0	20,5	19	7,2	20,6
2	1995	8	18,9	17,5	8,9	1,8	0,7	1,2	0,4	3	8,9	13,9	12,3
3	1996	13,5	9,1	15,9	17,1	10,4	0	0,1	3,5	1,4	9,3	15,1	8,1
4	1997	10,5	6,6	11,4	10,6	4,2	1,9	0	4,1	5,3	8,3	11,2	7,8
5	1998	17,9	16,5	27,5	1	2,7	1,8	0	1,5	3,2	13,4	26	7,2
6	1999	13,1	28	15,2	5,4	9,2	8,1	4,7	0,6	33	5,6	10,7	13,7
7	2000	10,8	14,2	16,3	7,7	5,3	7,3	2,4	12,1	4	2,8	20,3	19,3
8	2001	11,3	8,9	10,6	25,7	7,4	0,8	3,2	5	2	10	48,7	10,8
9	2002	13	19,4	14,9	27,2	9,7	2,1	5,2	1,3	2,8	22,9	7,8	5,2
10	2003	12,3	6,4	9,4	14,9	3,0	0,1	0,1	6,9	4,4	12,5	23,0	18,1
11	2004	7,6	8,1	11,9	10,5	11,7	1,4	2,1	4,6	11,3	6,4	13,0	17,6
12	2005	5,9	16,6	25,5	2,4	0,6	0,0	0,8	7,5	3,5	11,0	8,7	20,1
13	2006	28,0	11,3	18,9	8,3	1,9	3,6	1,6	2,0	7,2	18,9	21,7	18,2
14	2007	8,7	2,4	12,3	7,5	5,3	1,2	3,3	2,9	2,3	25,8	13,7	27,3
15	2008	7,9	12,5	16,6	15,8	2,7	1,8	0,1	0,7	14,2	11,7	33,1	30,6
16	2009	19,6	10,0	19,4	10,6	7,3	9,0	4,0	3,4	2,3	16,8	8,5	9,1
17	2010	4,9	17,4	22,6	6,8	2,4	1,2	3,8	5,0	9,6	12,0	21,8	19,9
18	2011	13,6	11,6	35,4	8,0	9,5	3,9	0,9	1,5	11,4	20,4	19,3	18,1
19	2012	16,3	12,3	11,6	16,3	5,7	1,9	4,7	2,5	2,6	16,2	29,6	30,7
20	2013	7,9	13,8	14,7	13,6	1,9	4,7	5,5	14,1	2,4	13,4	11,1	19,9
21	2014	15,4	21,9	20,6	24,8	18,2	3,2	1,3	0,3	11,7	23,2	9,3	14,1
22	2015	20,1	8,3	12,4	31,7	10,5	1,2	2,2	0,7	1,3	10,5	21,0	6,5



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



23	2016	11,2	13,0	18,0	2,8	0,1	0,5	0,2	0,6	1,0	12,9	13,0	14,2
24	2017	12,5	20,9	15,5	10,6	9,4	2,0	4,3	2,1	5,9	13,3	12,9	38,2

Fuente: SENAMHI

Tabla N° 16: Parámetro de Precipitación Total Diaria (mm). Estación: San Rafael

N.º	Año	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1	1994	23,2	38,5	20,1	12,8	5,4	0,8	0	2,1	11	15,8	9,4	31,2
2	1995	25,5	30	36,8	16	18,5	13	1,5	3,5	18	22	26,3	31,7
3	1996	18	17,4	22,8	22,2	8	6	0,9	3,7	21,1	3,5	19,5	16
4	1997	13	18,6	10,2	12,2	4,5	0	0	7	8,7	22,4	14,3	56,7
5	1998	29,4	27,5	22,5	7,2	4,4	7,8	0	5,1	6,2	19,8	19	24,6
6	1999	17,3	21	21,6	9	7,9	9,7	2,4	12,8	14,3	6,6	19,2	14,7
7	2000	15,9	19,8	20,7	12,8	2,9	14,5	3,5	12,3	12,2	9,4	5,9	25,1
8	2001	24,4	18,8	17,6	16	5,1	5,6	5,3	7,9	9,2	16,2	41,8	26,1
9	2002	10,2	16	20,2	9,6	11,4	2,7	17,6	0,7	7	29,9	12	25
10	2003	7,5	8,6	15,2	52,9	1,9	7,2	0,0	22,8	9,4	6,7	27,3	18,6
11	2004	29,6	16,3	20,2	10,8	15,0	8,0	3,0	4,3	27,4	22,8	24,1	41,9
12	2005	9,9	32,0	25,9	0,0	1,3	0,0	1,9	9,3	10,6	13,0	16,1	10,1
13	2006	13,9	13,7	12,7	9,0	0,6	5,3	5,6	5,8	16,3	16,5	28,8	15,7
14	2007	22,5	11,1	25,8	6,8	6,8	0,7	31,9	3,5	12,0	17,1	12,0	22,6
15	2008	17,0	28,2	8,6	6,1	6,3	6,1	1,2	1,8	42,1	15,3	24,5	17,6
16	2009	16,1	17,6	25,5	14,7	14,7	3,6	7,1	4,9	9,3	12,7	16,3	22,9
17	2010	25,1	19,8	20,9	20,8	17,5	4,4	7,7	5,4	3,9	11,8	9,0	23,0
18	2011	16,4	18,2	10,4	21,8	14,4	0,8	1,4	4,5	10,3	20,1	12,2	16,1
19	2012	13,2	19,5	15,3	24,3	5,0	6,1	1,7	6,4	1,9	14,8	21,3	33,5
20	2013	15,6	24,8	15,9	12,2	4,7	9,9	0,0	0,0	9,1	24,6	27,0	41,1
21	2014	18,5	16,9	25,7	12,4	8,9	2,7	0,0	3,4	21,3	3,5	9,2	11,2
22	2015	13,4	9,7	16,4	12,1	13,6	0,6	6,9	3,2	4,9	10,9	13,6	15,6
23	2016	0,0	0,0	12,5	21,3	9,1	1,0	1,9	1,2	4,7	14,3	10,7	28,2
24	2017	15,0	28,4	20,8	7,2	12,1	0,9	14,0	7,0	13,3	13,6	19,7	28,6

Fuente: SENAMHI



3.10.2. Preparación de la Información Hidrológica

Para poder ser procesados los datos de precipitación se preparó los datos, para lo cual se presenta la precipitación máxima en 24 horas para las estaciones:

Tabla Nº 17: Precipitación máxima en 24 horas. Estación Chaglla

AÑO	MÁXIMO
1994	25,5
1995	28,1
1996	20,4
1997	17,7
1998	20,4
1999	33,6
2000	41,5
2001	28,7
2002	24,6
2003	48,0
2004	45,0
2005	35,5
2006	41,5
2007	38,8
2008	32,8
2009	28,6
2010	49,2
2011	24,4
2012	40,8
2013	27,4
2014	35,0
2015	40,6
2016	28,4
2017	28,6

Fuente: Elaboración propia con información de SENAMHI



Tabla Nº 18: Precipitación máxima en 24 horas. Estación Huánuco

AÑO	MÁXIMO
1994	24,0
1995	18,9
1996	17,1
1997	11,4
1998	27,5
1999	33,0
2000	20,3
2001	48,7
2002	27,2
2003	23,0
2004	17,6
2005	25,5
2006	28,0
2007	27,3
2008	33,1
2009	19,6
2010	22,6
2011	35,4
2012	30,7
2013	19,9
2014	24,8
2015	31,7
2016	18,0
2017	38,2

Fuente: Elaboración propia con información de SENAMHI

Tabla Nº 19: Precipitación máxima en 24 horas. Estación San Rafael

AÑO	MÁXIMO
1994	38,5
1995	36,8
1996	22,8
1997	56,7
1998	29,4
1999	21,6
2000	25,1
2001	41,8
2002	29,9
2003	52,9



2004	41,9
2005	32,0
2006	28,8
2007	31,9
2008	42,1
2009	25,5
2010	25,1
2011	21,8
2012	33,5
2013	41,1
2014	25,7
2015	16,4
2016	28,2
2017	28,6

Fuente: Elaboración propia con información de SENAMHI

3.10.3. Prueba de Datos dudosos

La prueba de datos dudosos es un proceso importante en el procesamiento de datos hidrológicos ya que, según la teoría, los datos dudosos (Outliers) estos son puntos de la información que se alejan significativamente de la tendencia de la información restante y la retención o eliminación de estos datos dudosos puede afectar significativamente la magnitud de los parámetros estadísticos calculados para la información.

Para el procesamiento se calculo los datos dudosos altos mediante a siguiente ecuación.

$$Y_H = \bar{Y} + K_n s_y$$

Donde: Y_H es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas y K_n es tal como se da en la tabla N.º 03



Para detectar los datos dudosos bajos se usará la siguiente formula.

$$Y_L = \bar{Y} - K_{nS_y}$$

Donde Y_L es el umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.

3.10.4. Ajuste Estadístico para las Distribuciones de Probabilidades

El ajuste estadístico se realizó a través de las distribuciones Normal, Log Normal, Pearson tipo III, Log Pearson tipo III y la distribución Gumbel ya que según teoría estas distribuciones son las habitualmente utilizadas. Cabe mencionar que este procedimiento se llevó a cabo a través del software Microsoft Office 2016 (Excel)

3.10.5. Prueba de bondad de ajuste para las distribuciones de probabilidades.

La prueba de bondad de ajuste según la teoría descrita sirve comprobar gráfica y estadísticamente, si la frecuencia empírica de la serie analizada, se ajusta a una determinada función de probabilidades teórica seleccionada a priori, con los parámetros estimados con base en los valores muestrales, para nuestro caso usaremos la prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov y para un nivel de significancia de 0.05



3.10.6. Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas

Realizado el procesamiento de ajuste de distribución de probabilidades y la prueba de bondad de ajuste se tendrá las Precipitaciones máximas anuales para periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

La organización meteorológica mundial recomienda que estos valores obtenidos se corrijan mediante factores de corrección según el número de lecturas diarias que realice la entidad encargada de la recopilación de datos pluviométricos, en nuestro caso SENAMHI. Puesto que el recojo de datos se realiza dos veces al día, entonces se usara el factor de corrección de 1.04.

3.10.7. Estaciones Hidrométricas.

La cuenca no cuenta con estaciones Hidrométricas, por lo tanto, no existen datos de caudales históricos para el río.

3.10.8. Información Cartográfica

La información cartográfica recabada para la investigación fue la siguiente:

- Cartas Nacionales: Hojas 20k y 20l, las cuales se encuentran en formato digital.
- Modelo Digital del terreno: Descargados de; Alaska Satellite Facility (ALOS PALSAR)



Tabla N° 20: Cartas nacionales (código y zona) donde se encuentra ubicada la cuenca en estudio.

CARTAS NACIONALES		
LUGAR	CODIGO	ZONA
Huánuco	20 - k	18
Panao	20 - l	18

Fuente: Elaboración propia

3.10.9. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.

Para la obtención de los parámetros geomorfológicos de la cuenca se utilizó las imágenes satélites Alos Palsar, las cuales se pueden descargar de internet de forma gratuita, además se usó la cartografía del Instituto Geográfico Nacional según la tabla N° 17.

Se procesaron las imágenes satelitales y los datos de la cartografía en formato shp en el programa Arc gis 10.2.2, delimitándose la cuenca y calculándose posteriormente los parámetros geomorfológicos.

En las figura N.º 04 se observa la cuenca delimitada en formato shp, y en la figura N° 05 se observa el modelo de elevación digital de terreno (cuenca).

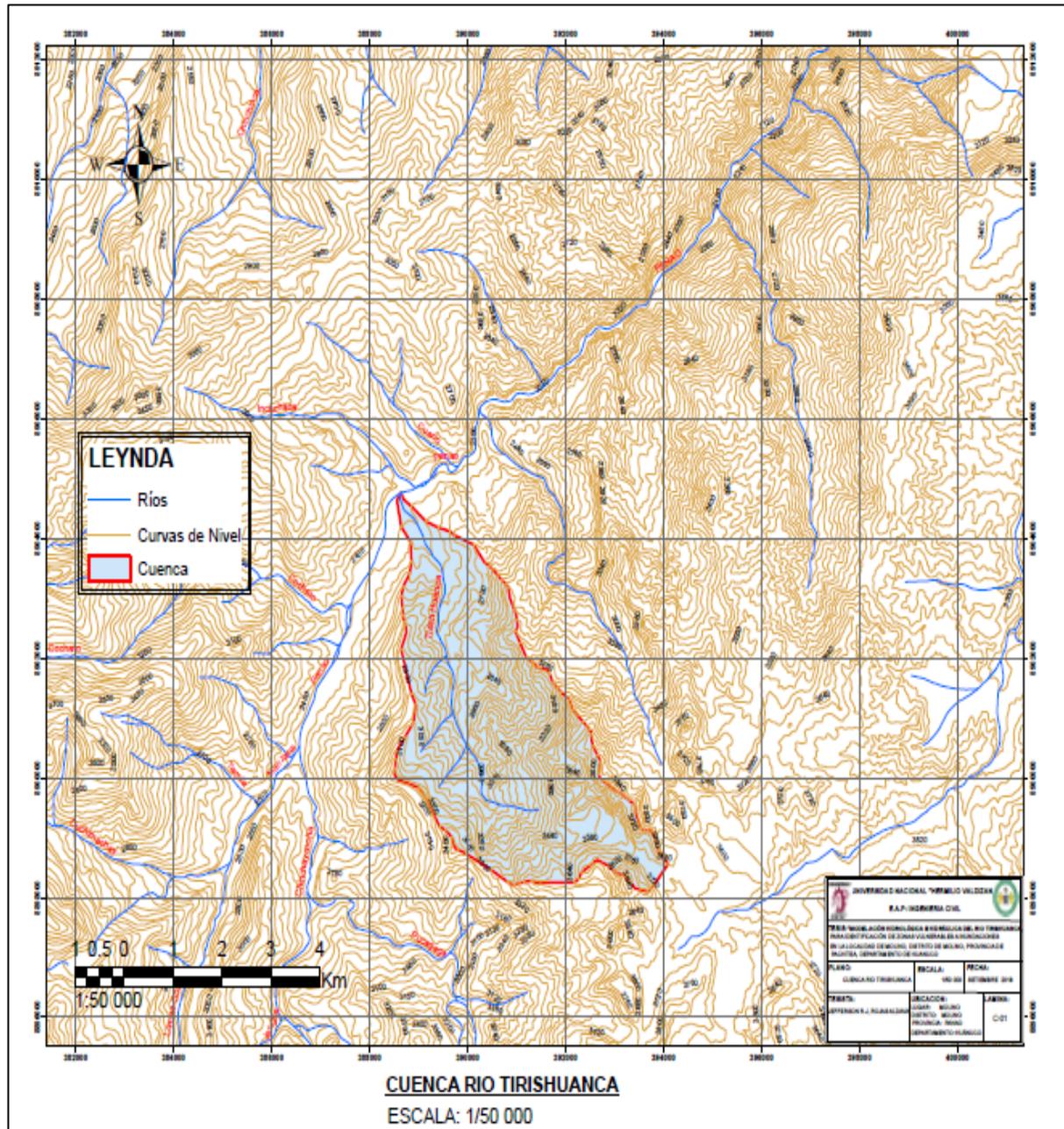


Figura N° 04: Delimitación de la cuenca en formato shp, con datos del IGN

Fuente: Elaboración Propia

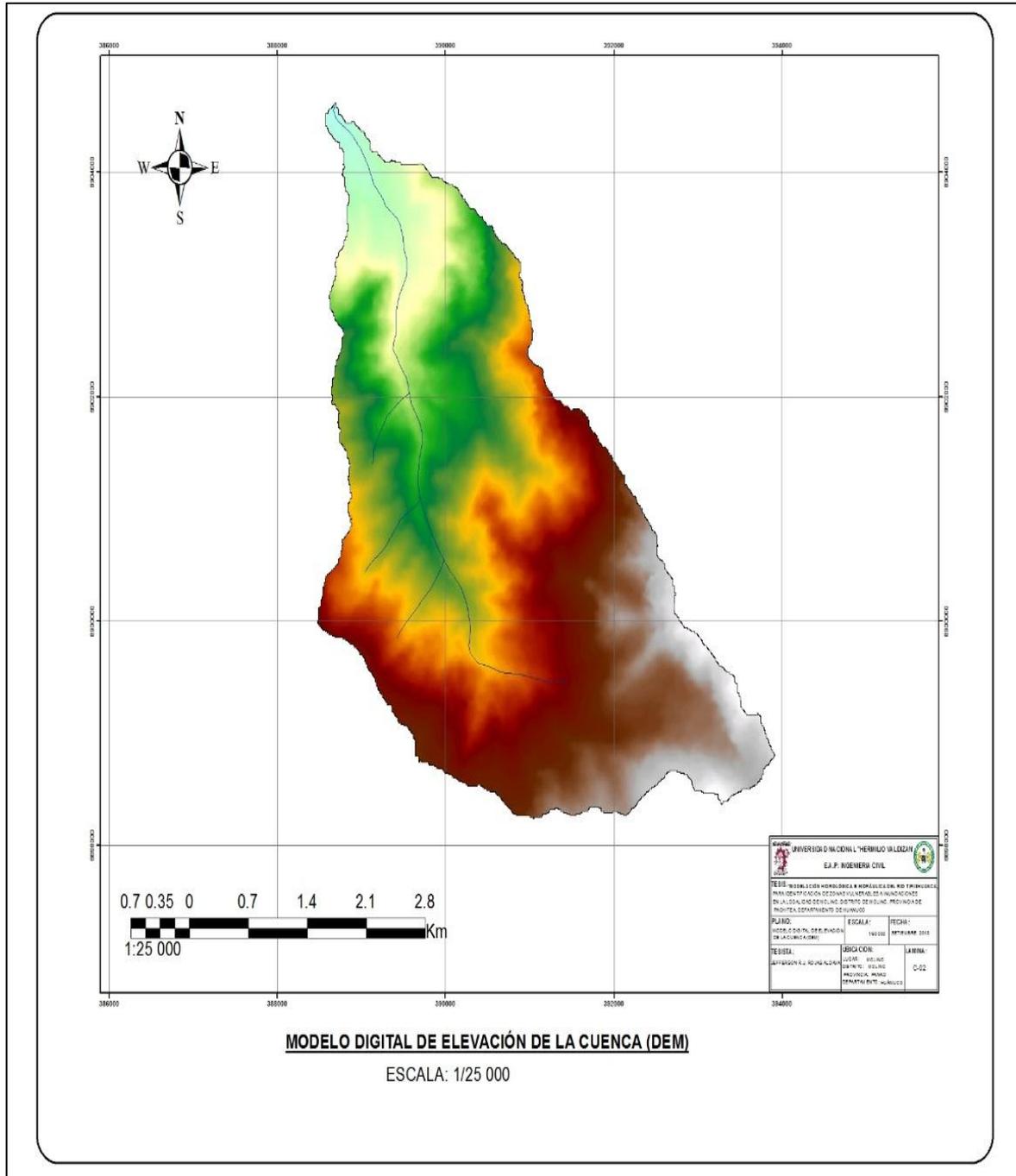


Figura N° 05: Modelo Digital de Elevación de la Cuenca

Fuente: Elaboración Propia



3.10.10. Precipitación Media de la Cuenca.

La precipitación media de la cuenca se hizo con el modelo de Isoyetas, ya que según las bibliografías revisadas este método es el más exacto, las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación.

Para este método se trabajó con 3 estaciones, las cuales son las más cercanas a la cuenca, los datos de las coordenadas de las estaciones fueron ingresadas al programa Arc gis 10.2.2, conjuntamente con las precipitaciones para periodos de retorno de 2,10,20,25,50,100,200 y 50 años respectivamente, el cálculo se realizó en el programa Arc gis 10.2.2 con el modelo de elevación digital y las estaciones pluviométricas con sus respectivas precipitaciones para los diferentes periodos de retorno.

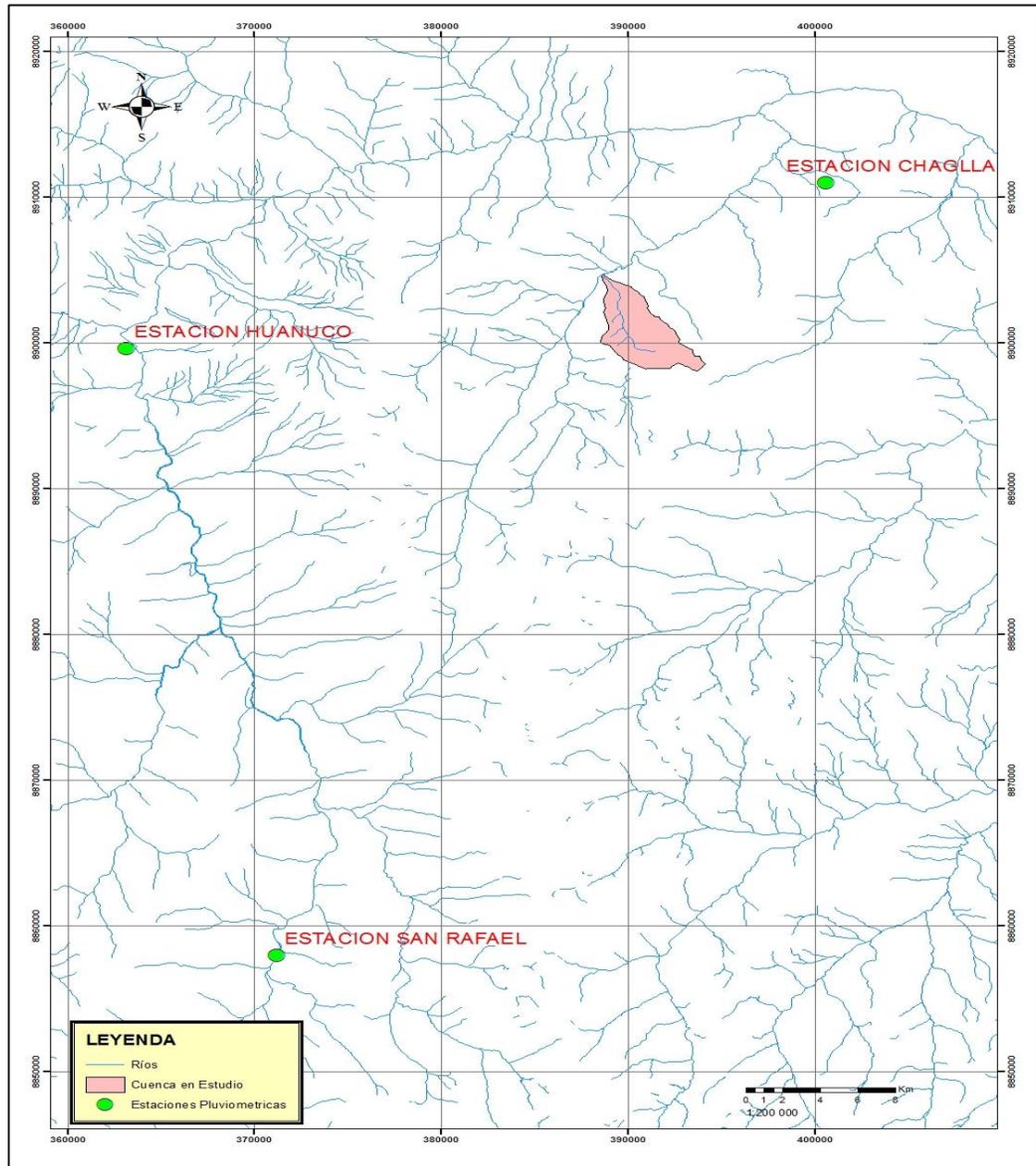


Figura N° 06: Ubicación de estaciones pluviométricas respecto a la cuenca.

Fuente: Elaboración Propia en base a la información topográfica del IGN



3.10.11. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).

Las curvas de Intensidad Duración y frecuencia fueron calculadas con el método de IILA SENAMHI, para los cuales el procedimiento es como sigue.

Teniendo la precipitación máxima en 24 horas, es posible graficar la curva Intensidad – Duración – Frecuencia, en función de la máxima precipitación diaria.

- Según el IILA SENAMHI La región Hidrológica de la zona de estudio es 123₃, que es la zona para la Región Huánuco
- Los Parámetros IILA SENAMHI de la Cuenca Tirishuanca son los siguientes:
 - a = Parámetro de intensidad (mm) = 11.71
 - K = Parámetro de frecuencia (adimensional) = 0.553
 - b = Parámetro de tiempo (horas) = 0.4 horas para la región sierra
 - n = Parámetro de duración (adimensional) = 0.405

3.10.12. Hietograma de Precipitación.

EL hietograma fue elaborado mediante el método del bloque alterno, en base a la teoría mencionado en el marco teórico se elaboró el hietograma de precipitación para los periodos de retorno de 2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años respectivamente en el software Microsoft office 2016 (Excel)



3.10.13. Determinación del Número de curva.

Para el cálculo del número de curva de la cuenca del río Tirishuanca fue elaborado por el método del servicio de conservación de recursos naturales (NRCS) antes el servicio de conservación de suelos (SCS).

Para lo cual se caracterizó la cuenca como son el relieve, uso de suelo de la cuenca, así como potencial de la cuenca.

Además, se consideró la condición $IS = 0.2 S$, ya que los autores de este método consideran que esta relación es bastante aceptable para situaciones promedio.

3.10.14. Modelo Hidrológico con HEC – HMS

Se uso el Software HEC-HMS para el modelamiento Hidrológico de la cuenca del rio Tirishuanca, para lo cual se realizó la delimitación de la cuenca limitada de acuerdo al tramo de interés.

En este modelo tendremos el escurrimiento superficial que se tendrá como resultado de los datos de precipitación procesados.

En el software HEC HMS, se realiza los siguientes pasos para obtener el modelamiento hidrológico:

- El primer paso es representar el modelo de la cuenca, para esto se importa al software HEC HMS el modelo de la cuenca en formato shp del Arc gis 10.2.2. Además, se conectan lo elementos



hidrológicos ingresando los datos de área de la cuenca, el número de curva, la abstracción inicial, y el tiempo de retraso. Para separar la lluvia efectiva o neta se utilizó el método SCS Curve Number y para transformar la precipitación neta a escorrentía se usó el método de SCS Unit Hydrograp.

- EN segundo lugar, ingresar En la Opción Time – series data (Datos de Precipitación), donde se ingresará los datos pluviograficos para nuestro caso serán los datos del hietograma de precipitación calculado.
- En tercer lugar, se ingresará el modelo meteorológico, se tendrá activado en precipitación el Specified Hyetograph y en la opción de cuenca tener activado la opción yes, ya que el modelo meteorológico sirve para aplicar los pluviógrafos correspondientes a la cuenca.
- En cuarto lugar, se ira a la opción de especificaciones de control para indicar al programa el periodo de tiempo que se usará en la simulación, en nuestro caso este periodo coincidirá con el tiempo que dura la tormenta, la cual se encuentra especificada en el hietograma de precipitación.
- Por último, se simula los datos ingresados y se obtienen los hidrogramas y caudales para los periodos de retorno ingresados



en la tormenta.

- **Calibración del modelo hidrológico**

- El río Tirishuanca no cuenta con estaciones hidrométricas, por lo que no se cuenta con datos de caudales históricos, por lo cual se calibró usando el correntómetro CM 200 para el cálculo de la velocidad del río, realizando el levantamiento batimétrico y se usó para el seccionamiento las huellas alcanzadas en un evento de máxima avenida, esta información de huellas fue proporcionada por los pobladores de la zona.
- Los resultados de la calibración se compararon con los resultados obtenidos en la modelación hidrológica con HEC – HMS para los diferentes periodos de retorno comparándose.



Figura N° 07: correntómetro CM 200.

Fuente: Elaboración Propia



3.10.15. Modelo hidráulico con HEC-RAS

Para realizar el modelamiento Hidráulico se realizó con el programa HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center River Analysis System), además para el modelamiento es necesario contar con los datos topográficos del río a modelar, por lo tanto se realizó el levantamiento topográfico del tramo de río en estudio, de esta manera se obtuvo las pendientes, y relieve del río así como las márgenes o bordes de éste.

- Estos datos fueron ingresados en el programa HEC-RAS en los datos de geométrica.
- Los datos de caudal ingresados fueron los datos calibrados obtenidos del HEC-HMS y del aforo realizado tomando las huellas de máximas avenidas.
- Los datos de coeficientes de Manning ingresados fueron según las condiciones observadas in situ durante los trabajos realizados en campo y tomando como referencia los valores dados por Chow et.al.
- **Estimación del coeficiente de rugosidad de Manning**

Para la estimación del coeficiente de rugosidad "n" de Manning se describe las principales características físicas del cauce según lo observado en campo, así como los materiales conformantes del mismo.



• **Topografía de la zona de estudio.**

Se realizó el levantamiento topográfico con Estación Total, lo cual es un dato que se requiere para la simulación en el software HEC-HMS.

En la siguiente figura se muestra la topografía del tramo de río en estudio.

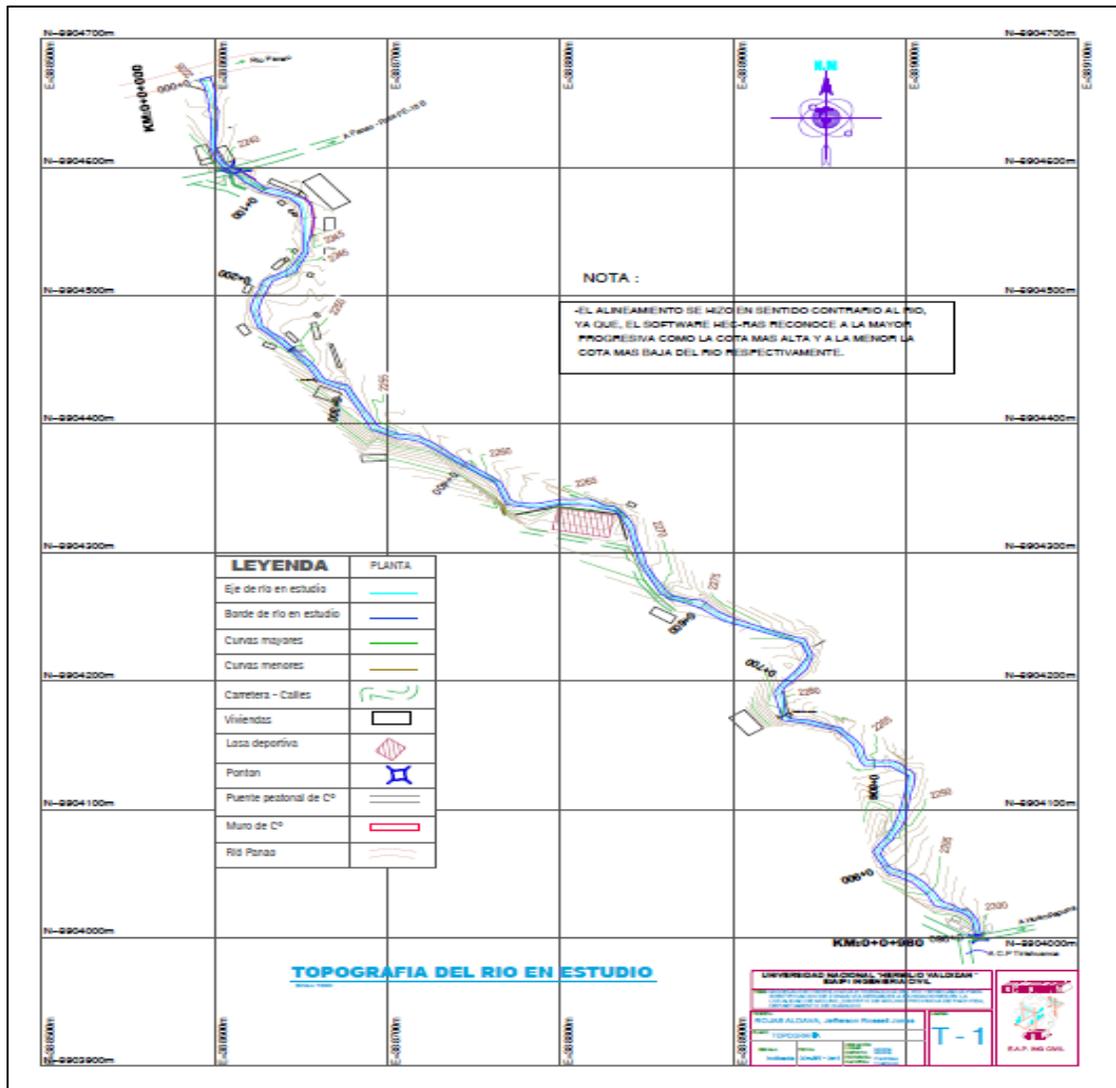


Figura Nº 08: Plano topográfico del río Tirishuanca en el tramo de estudio.

Fuente: Elaboración Propia con datos del levantamiento topográfico en campo



CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados del procesamiento de la Información Hidrológica

4.1.1. Resultados de la Prueba de datos dudosos.

La prueba de datos dudosos es un paso importante en el procesamiento de datos hidrológicos ya que nos servirán para detectar si hay datos que se alejan significativamente de la tendencia de la información que se tiene de SENAMHI.

- **Resultado de prueba de datos dudosos de la Estación Chaglla**

n=24 (Tamaño de muestra de precipitación)

kn=2.467 (De la tabla Nº 3, para n datos dudosos)

Promedio \bar{x} (P24)= 32.71

Desviación estándar s (P24)= 8.9028

Promedio \bar{x} log(P24)= 1,4987

Desviación estándar s log (P24)= 0,1219

X_H es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas

$$X_H = \bar{X} + K_{nS_y}$$

Entonces $X_H=1.80$

Precipitación máxima aceptada será. $P_H = 10^{X_H}$

Entonces $P_H=63$ mm

X_L es el umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.



$$X_L = \bar{X} - K_n S_y$$

Entonces $X_L = 1.20$

Precipitación mínima aceptada será. $P_H = 10^{X_H}$

Entonces $P_L = 15$ mm

Para estos datos resulta que la precipitación máxima aceptada es 63 mm, y la precipitación mínima aceptada es 15.8 mm, por lo que los valores de nuestra precipitación máxima se encuentran comprendidos dentro de esos valores, entonces no tenemos datos dudosos en la estación Chaglla.

- **Resultado de prueba de datos dudosos de la Estación Huánuco**

$n=24$ (Tamaño de muestra de precipitación)

$kn=2.467$ (De la tabla N° 3, para n datos dudosos)

Promedio \bar{x} (P24)= 26,0

Desviación estándar s (P24)= 8,1564

Promedio \bar{x} log(P24)= 1,3944

Desviación estándar s log (P24)= 0,1367

X_H es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas

$$X_H = \bar{X} + K_n S_y$$

Entonces $X_H = 1.73$

Precipitación máxima aceptada será. $P_H = 10^{X_H}$



Entonces $P_H=53.9$ mm

X_L es el umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.

$$X_L = \bar{X} - K_{nS_y}$$

Entonces $X_L=1.06$

Precipitación mínima aceptada será. $P_H = 10^{X_H}$

Entonces $P_L=11.4$ mm

Para estos datos resulta que la precipitación máxima aceptada es 53.9 mm, y la precipitación mínima aceptada es 11.4 mm, por lo que los valores de nuestra precipitación máxima se encuentran comprendidos dentro de esos valores, entonces no tenemos datos dudosos en la estación Huánuco.

- **Resultado de prueba de datos dudosos de la Estación San Rafael**

$n=24$ (Tamaño de muestra de precipitación)

$kn=2.467$ (De la tabla N° 3, para n datos dudosos)

Promedio \bar{x} (P24)= 32,4

Desviación estándar s (P24)= 9,8991

Promedio \bar{x} $\log(P24)= 1,4923$

Desviación estándar s $\log (P24)= 0,1290$

X_H es el umbral de dato dudoso alto en unidades logarítmicas

$$X_H = \bar{X} + K_{nS_y}$$



Entonces $X_H = 1.81$

Precipitación máxima aceptada será. $P_H = 10^{X_H}$

Entonces $P_H = 64.6$ mm

X_L es el umbral de datos dudosos bajos en unidades logarítmicas.

$$X_L = \bar{X} - K_{nS_y}$$

Entonces $X_L = 1.17$

Precipitación mínima aceptada será. $P_H = 10^{X_H}$

Entonces $P_L = 14.9$ mm

Para estos datos resulta que la precipitación máxima aceptada es 64.6 mm, y la precipitación mínima aceptada es 14.9 mm, por lo que los valores de nuestra precipitación máxima e encuentran comprendido dentro de esos valores, entonces no tenemos datos dudosos en la estación San Rafael.

4.1.2. Ajuste Estadístico para las Distribuciones de Probabilidades

El ajuste estadístico es un paso muy importante en el procesamiento de datos hidrológicos. A continuación, se muestra los cuadros de Distribución de probabilidades para las distribuciones Normal, Log Normal, Pearson tipo III, Log Pearson tipo III y la distribución Gumbel



Tabla N° 21: Resultados de número de datos, promedio, Desviación estándar y coeficiente de asimetría. (Estación Chaglla)

	P24	log(P24)
Numero de datos: n	24	
Promedio: x	32,71	1,50
Desviación estándar: s	8,90	0,12
Coficiente asimetría: Cs	0,23	-0,24
Cs/6: k	0,04	-0,04

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

ESTACIÓN CHAGLLA															
N	T	P(Xs×T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III		
			P24	log(P24)	K _T	ESPERADO									
1	25,00	4,00%	49,2	1,6920	1,7507	48,3	2,0438	50,9	1,7507	51,5	1,8271	49,0	1,6644	50,3	
2	12,50	8,00%	48,0	1,6812	1,4051	45,2	1,4870	46,0	1,4051	46,8	1,4395	45,5	1,3626	46,2	
3	8,33	12,00%	45,0	1,6532	1,1750	43,2	1,1538	43,0	1,1750	43,9	1,1869	43,3	1,1566	43,6	
4	6,25	16,00%	41,5	1,6180	0,9945	41,6	0,9118	40,8	0,9945	41,7	0,9916	41,5	0,9922	41,7	
5	5,00	20,00%	41,5	1,6180	0,8416	40,2	0,7195	39,1	0,8416	39,9	0,8283	40,1	0,8510	40,0	
6	4,17	24,00%	40,8	1,6107	0,7063	39,0	0,5581	37,7	0,7063	38,4	0,6853	38,8	0,7244	38,6	
7	3,57	28,00%	40,6	1,6085	0,5828	37,9	0,4179	36,4	0,5828	37,1	0,5560	37,7	0,6077	37,4	
8	3,13	32,00%	38,8	1,5888	0,4677	36,9	0,2928	35,3	0,4677	36,0	0,4365	36,6	0,4978	36,3	
9	2,78	36,00%	35,5	1,5502	0,3585	35,9	0,1790	34,3	0,3585	34,9	0,3241	35,6	0,3925	35,2	
10	2,50	40,00%	35,0	1,5441	0,2533	35,0	0,0737	33,4	0,2533	33,9	0,2169	34,6	0,2903	34,2	
11	2,27	44,00%	33,6	1,5263	0,1510	34,1	-0,0251	32,5	0,1510	32,9	0,1132	33,7	0,1900	33,3	
12	2,08	48,00%	32,8	1,5159	0,0502	33,2	-0,1189	31,7	0,0502	32,0	0,0119	32,8	0,0903	32,3	
13	1,92	52,00%	28,7	1,4579	-0,0502	32,3	-0,2089	30,9	-0,0502	31,1	-0,0881	31,9	-0,0097	31,4	
14	1,79	56,00%	28,6	1,4564	-0,1510	31,4	-0,2962	30,1	-0,1510	30,2	-0,1879	31,0	-0,1110	30,6	
15	1,67	60,00%	28,6	1,4564	-0,2533	30,5	-0,3819	29,3	-0,2533	29,4	-0,2884	30,1	-0,2147	29,7	
16	1,56	64,00%	28,4	1,4533	-0,3585	29,5	-0,4667	28,6	-0,3585	28,5	-0,3907	29,2	-0,3221	28,8	
17	1,47	68,00%	28,1	1,4487	-0,4677	28,5	-0,5518	27,8	-0,4677	27,7	-0,4962	28,3	-0,4346	27,9	
18	1,39	72,00%	27,4	1,4378	-0,5828	27,5	-0,6382	27,0	-0,5828	26,8	-0,6065	27,3	-0,5544	27,0	
19	1,32	76,00%	25,5	1,4065	-0,7063	26,4	-0,7273	26,2	-0,7063	25,9	-0,7236	26,3	-0,6839	26,0	
20	1,25	80,00%	24,6	1,3909	-0,8416	25,2	-0,8211	25,4	-0,8416	24,9	-0,8506	25,1	-0,8274	25,0	
21	1,19	84,00%	24,4	1,3874	-0,9945	23,9	-0,9223	24,5	-0,9945	23,8	-0,9925	23,9	-0,9913	23,9	
22	1,14	88,00%	20,4	1,3096	-1,1750	22,3	-1,0360	23,5	-1,1750	22,7	-1,1578	22,4	-1,1874	22,6	
23	1,09	92,00%	20,4	1,3096	-1,4051	20,2	-1,1725	22,3	-1,4051	21,3	-1,3651	20,6	-1,4414	21,0	
24	1,04	96,00%	17,7	1,2480	-1,7507	17,1	-1,3615	20,6	-1,7507	19,3	-1,6693	17,9	-1,8313	18,9	

Figura N° 09: Valores de distribución de probabilidad Estación Chaglla.

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA



Ingenieros

Tabla Nº 22: Resultados de número de datos, promedio, Desviación estándar y coeficiente de asimetría. (Estación Huánuco)

	P24	log(P24)
Numero de datos: n	24	
Promedio: x	25,98	1,39
Desviación estándar: s	8,16	0,14
Coeficiente asimetría: Cs	0,82	-0,21
Cs/6: k	0,14	-0,03

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

ESTACIÓN HUÁNUCO														
N	T	P(X≤xT)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III	
			P24	log(P24)	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO	K_T	ESPERADO
1	25,00	4,00%	48,7	1,6875	1,7507	40,3	2,0438	42,6	1,7507	43,0	1,9970	42,3	1,6772	42,0
2	12,50	8,00%	38,2	1,5821	1,4051	37,4	1,4870	38,1	1,4051	38,6	1,5012	38,2	1,3691	38,2
3	8,33	12,00%	35,4	1,5490	1,1750	35,6	1,1538	35,4	1,1750	35,9	1,1926	35,7	1,1597	35,7
4	6,25	16,00%	33,1	1,5198	0,9945	34,1	0,9118	33,4	0,9945	33,9	0,9621	33,8	0,9929	33,9
5	5,00	20,00%	33,0	1,5185	0,8416	32,8	0,7195	31,8	0,8416	32,3	0,7748	32,3	0,8499	32,4
6	4,17	24,00%	31,7	1,5011	0,7063	31,7	0,5581	30,5	0,7063	31,0	0,6148	31,0	0,7221	31,1
7	3,57	28,00%	30,7	1,4871	0,5828	30,7	0,4179	29,4	0,5828	29,8	0,4735	29,8	0,6044	30,0
8	3,13	32,00%	28,0	1,4472	0,4677	29,8	0,2928	28,4	0,4677	28,7	0,3458	28,8	0,4936	29,0
9	2,78	36,00%	27,5	1,4393	0,3585	28,9	0,1790	27,4	0,3585	27,8	0,2281	27,8	0,3878	28,0
10	2,50	40,00%	27,3	1,4362	0,2533	28,0	0,0737	26,6	0,2533	26,9	0,1181	26,9	0,2851	27,1
11	2,27	44,00%	27,2	1,4346	0,1510	27,2	-0,0251	25,8	0,1510	26,0	0,0139	26,1	0,1844	26,3
12	2,08	48,00%	25,5	1,4065	0,0502	26,4	-0,1189	25,0	0,0502	25,2	-0,0859	25,3	0,0845	25,5
13	1,92	52,00%	24,8	1,3945	-0,0502	25,6	-0,2089	24,3	-0,0502	24,4	-0,1825	24,5	-0,0155	24,7
14	1,79	56,00%	24,0	1,3802	-0,1510	24,7	-0,2962	23,6	-0,1510	23,6	-0,2769	23,7	-0,1168	23,9
15	1,67	60,00%	23,0	1,3617	-0,2533	23,9	-0,3819	22,9	-0,2533	22,9	-0,3699	23,0	-0,2204	23,1
16	1,56	64,00%	22,6	1,3541	-0,3585	23,1	-0,4667	22,2	-0,3585	22,2	-0,4627	22,2	-0,3275	22,4
17	1,47	68,00%	20,3	1,3075	-0,4677	22,2	-0,5518	21,5	-0,4677	21,4	-0,5560	21,4	-0,4396	21,6
18	1,39	72,00%	19,9	1,2989	-0,5828	21,2	-0,6382	20,8	-0,5828	20,6	-0,6512	20,7	-0,5587	20,8
19	1,32	76,00%	19,6	1,2923	-0,7063	20,2	-0,7273	20,0	-0,7063	19,9	-0,7496	19,9	-0,6874	20,0
20	1,25	80,00%	18,9	1,2765	-0,8416	19,1	-0,8211	19,3	-0,8416	19,0	-0,8532	19,0	-0,8298	19,1
21	1,19	84,00%	18,0	1,2553	-0,9945	17,9	-0,9223	18,5	-0,9945	18,1	-0,9650	18,1	-0,9921	18,1
22	1,14	88,00%	17,6	1,2455	-1,1750	16,4	-1,0360	17,5	-1,1750	17,1	-1,0901	17,1	-1,1860	17,1
23	1,09	92,00%	17,1	1,2330	-1,4051	14,5	-1,1725	16,4	-1,4051	15,9	-1,2390	15,9	-1,4365	15,8
24	1,04	96,00%	11,4	1,0569	-1,7507	11,7	-1,3615	14,9	-1,7507	14,3	-1,4412	14,2	-1,8200	14,0

Figura Nº 10: Valores de distribución de probabilidad Estación Huánuco



Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

Tabla Nº 23: Resultados de número de datos, promedio, Desviación estándar y coeficiente de asimetría. (Estación San Rafael)

	P24	log(P24)
Numero de datos: n	24	
Promedio: x	32,42	1,49
Desviación estándar: s	9,90	0,13
Coficiente asimetría: Cs	0,85	0,12
Cs/6: k	0,14	0,02

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

ESTACIÓN SAN RAFAEL															
N	T	P(Xs×T)	VALOR OBSERVADO		NORMAL		GUMBEL		LOGNORMAL		PEARSON III		LOGPEARSON III		
			P24	log(P24)	K _r	ESPERADO									
1	25,00	4,00%	56,7	1,7536	1,7507	49,8	2,0438	52,7	1,7507	52,3	2,0031	52,3	1,7921	52,9	
2	12,50	8,00%	52,9	1,7235	1,4051	46,3	1,4870	47,1	1,4051	47,2	1,5029	47,3	1,4242	47,4	
3	8,33	12,00%	42,1	1,6243	1,1750	44,1	1,1538	43,8	1,1750	44,0	1,1921	44,2	1,1820	44,1	
4	6,25	16,00%	41,9	1,6222	0,9945	42,3	0,9118	41,4	0,9945	41,7	0,9602	41,9	0,9935	41,7	
5	5,00	20,00%	41,8	1,6212	0,8416	40,8	0,7195	39,5	0,8416	39,9	0,7719	40,1	0,8351	39,8	
6	4,17	24,00%	41,1	1,6138	0,7063	39,4	0,5581	37,9	0,7063	38,3	0,6114	38,5	0,6955	38,2	
7	3,57	28,00%	38,5	1,5855	0,5828	38,2	0,4179	36,6	0,5828	36,9	0,4697	37,1	0,5689	36,8	
8	3,13	32,00%	36,8	1,5658	0,4677	37,1	0,2928	35,3	0,4677	35,7	0,3417	35,8	0,4514	35,5	
9	2,78	36,00%	33,5	1,5250	0,3585	36,0	0,1790	34,2	0,3585	34,6	0,2239	34,6	0,3404	34,4	
10	2,50	40,00%	32,0	1,5051	0,2533	34,9	0,0737	33,2	0,2533	33,5	0,1139	33,5	0,2341	33,3	
11	2,27	44,00%	31,9	1,5038	0,1510	33,9	-0,0251	32,2	0,1510	32,5	0,0097	32,5	0,1309	32,3	
12	2,08	48,00%	29,9	1,4757	0,0502	32,9	-0,1189	31,2	0,0502	31,5	-0,0899	31,5	0,0298	31,3	
13	1,92	52,00%	29,4	1,4683	-0,0502	31,9	-0,2089	30,4	-0,0502	30,6	-0,1863	30,6	-0,0705	30,4	
14	1,79	56,00%	28,8	1,4594	-0,1510	30,9	-0,2962	29,5	-0,1510	29,7	-0,2803	29,6	-0,1708	29,5	
15	1,67	60,00%	28,6	1,4564	-0,2533	29,9	-0,3819	28,6	-0,2533	28,8	-0,3730	28,7	-0,2722	28,7	
16	1,56	64,00%	28,2	1,4502	-0,3585	28,9	-0,4667	27,8	-0,3585	27,9	-0,4653	27,8	-0,3759	27,8	
17	1,47	68,00%	25,7	1,4099	-0,4677	27,8	-0,5518	27,0	-0,4677	27,0	-0,5581	26,9	-0,4833	26,9	
18	1,39	72,00%	25,5	1,4065	-0,5828	26,7	-0,6382	26,1	-0,5828	26,1	-0,6525	26,0	-0,5958	26,0	
19	1,32	76,00%	25,1	1,3997	-0,7063	25,4	-0,7273	25,2	-0,7063	25,2	-0,7501	25,0	-0,7160	25,1	
20	1,25	80,00%	25,1	1,3997	-0,8416	24,1	-0,8211	24,3	-0,8416	24,2	-0,8527	24,0	-0,8470	24,2	
21	1,19	84,00%	22,8	1,3579	-0,9945	22,6	-0,9223	23,3	-0,9945	23,1	-0,9632	22,9	-0,9940	23,1	
22	1,14	88,00%	21,8	1,3385	-1,1750	20,8	-1,0360	22,2	-1,1750	21,9	-1,0866	21,7	-1,1665	22,0	
23	1,09	92,00%	21,6	1,3345	-1,4051	18,5	-1,1725	20,8	-1,4051	20,5	-1,2331	20,2	-1,3844	20,6	
24	1,04	96,00%	16,4	1,2148	-1,7507	15,1	-1,3615	18,9	-1,7507	18,5	-1,4312	18,3	-1,7079	18,7	

Figura Nº 11: Valores de distribución de probabilidad Estación San Rafael

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros



4.1.3. Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov

La prueba de bondad de ajuste se hizo por el método de Kolmogorov – Smirnov, los resultados se muestran a continuación:

Tabla Nº 24: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov

(Estación Chagalla)

m	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$ Normal	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Normal	$F(y_m)$ Log Normal	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Normal	$F(y_m)$ Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Pearson III	$F(y_m)$ Log Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Pearson III	$F(x_m)$ GEV I	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ GEV I
1	49,20	0,954545	0,964718738	0,01017	0,936428	0,01812	0,960928	0,00638	0,948507	0,00604	0,9463	0,00827
2	48,00	0,909091	0,953410607	0,04432	0,925529	0,01644	0,949696	0,04060	0,937008	0,02792	0,9369	0,02780
3	45,00	0,863636	0,912341109	0,04870	0,890364	0,02673	0,909592	0,04596	0,898273	0,03464	0,9060	0,04236
4	41,50	0,818182	0,835922952	0,01774	0,831212	0,01303	0,836231	0,01805	0,831363	0,01318	0,8520	0,03379
5	41,50	0,772727	0,835922952	0,06320	0,831212	0,05849	0,608574	0,16415	0,831363	0,05864	0,8520	0,07925
6	40,80	0,727273	0,816562873	0,08929	0,816564	0,08929	0,615426	0,11185	0,616496	0,11078	0,8382	0,11094
7	40,60	0,681818	0,810779881	0,12896	0,812189	0,13037	0,617396	0,06442	0,618255	0,06356	0,8341	0,15225
8	38,80	0,636364	0,753846485	0,11748	0,768847	0,13248	0,635874	0,00049	0,634843	0,00152	0,7924	0,15600
9	35,50	0,590909	0,629579394	0,03867	0,669741	0,07883	0,673403	0,08249	0,668941	0,07803	0,6926	0,10165
10	35,00	0,545455	0,60903878	0,06358	0,652466	0,10701	0,679515	0,13406	0,674519	0,12906	0,6746	0,12912
11	33,60	0,500000	0,550064709	0,05006	0,601068	0,10107	0,697167	0,19717	0,690951	0,19095	0,6202	0,12015
12	32,80	0,454545	0,515772041	0,06123	0,569816	0,11527	1,000000	0,54545	0,700884	0,24634	0,5864	0,13188
13	28,70	0,409091	0,343606733	0,06548	0,394141	0,01495	1,000000	0,59091	0,756756	0,34766	0,3902	0,01886
14	28,60	0,363636	0,339647829	0,02399	0,389678	0,02604	1,000000	0,63636	0,758233	0,39460	0,3851	0,02151
15	28,60	0,318182	0,339647829	0,02147	0,389678	0,07150	1,000000	0,68182	1,000000	0,68182	0,3851	0,06697
16	28,40	0,272727	0,331783235	0,05906	0,380748	0,10802	1,000000	0,72727	1,000000	0,72727	0,3750	0,10225
17	28,10	0,227273	0,320124963	0,09285	0,367356	0,14008	1,000000	0,77273	1,000000	0,77273	0,3597	0,13244
18	27,40	0,181818	0,293618508	0,11180	0,336210	0,15439	0,297436	0,11562	1,000000	0,81818	0,3242	0,14238
19	25,50	0,136364	0,227302762	0,09094	0,253978	0,11761	0,227151	0,09079	1,000000	0,86364	0,2311	0,09472
20	24,60	0,090909	0,199104586	0,10820	0,217219	0,12631	0,196794	0,10589	1,000000	0,90909	0,1903	0,09938
21	17,70	0,045455	0,05603156	0,01058	0,030240	0,01521	0,041572	0,00388	1,000000	0,95455	0,0134	0,03201
22	20,40	0,000000	0,097179186	0,09718	0,080049	0,08005	0,086208	0,08621	0,078347	0,07835	0,0515	0,05150
23	20,40	-0,045455	0,097179186	0,14263	0,080049	0,12550	0,086208	0,13166	0,078347	0,12380	0,0515	0,09695
24	17,70	-0,090909	0,05603156	0,14694	0,030240	0,12115	0,041572	0,13248	0,028413	0,11932	0,0134	0,10435
n	24		Dmáx	0,14694		0,15439		0,77273		0,95455		0,15600
a	0,05		Dcritico > Dmax	Si se ajusta		Si se ajusta		No se ajusta		No se ajusta		Si se ajusta
Dcritico	0,26931		Mejor Ajuste	1		2		4		5		3

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros



Tabla Nº 25: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov

(Estación Huánuco)

M	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$ Normal	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Normal	$F(y_m)$ Log Normal	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Normal	$F(y_m)$ Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Pearson III	$F(y_m)$ Log Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Pearson III	$F(x_m)$ GEV I	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ GEV I
1	48,70	0,954545	0,996458611	0,04191	0,977211	0,02267	0,988403	0,03386	0,990732	0,03619	0,9824	0,02785
2	38,20	0,909091	0,928310701	0,01922	0,903153	0,00594	0,917414	0,00832	0,916384	0,00729	0,9176	0,00855
3	35,40	0,863636	0,871902515	0,00827	0,860027	0,00361	0,870075	0,00644	0,866241	0,00260	0,8773	0,01368
4	33,10	0,818182	0,806779334	0,01140	0,812439	0,00574	0,816600	0,00158	0,809993	0,00819	0,8312	0,01302
5	33,00	0,772727	0,80355236	0,03083	0,810083	0,03736	0,616775	0,15595	0,807158	0,03443	0,8289	0,05615
6	31,70	0,727273	0,758704709	0,03143	0,777097	0,04982	0,629617	0,09766	0,632326	0,09495	0,7960	0,06873
7	30,70	0,681818	0,720738598	0,03892	0,748599	0,06678	0,640165	0,04165	0,642896	0,03892	0,7671	0,08529
8	28,00	0,636364	0,605978811	0,03038	0,657223	0,02086	0,671690	0,03533	0,674610	0,03825	0,6719	0,03549
9	27,50	0,590909	0,583283645	0,00763	0,637952	0,04704	0,678087	0,08718	0,681024	0,09012	0,6513	0,06042
10	27,30	0,545455	0,574122663	0,02867	0,630041	0,08459	0,680672	0,13522	0,683545	0,13809	0,6429	0,09742
11	27,20	0,500000	0,569526798	0,06953	0,626043	0,12604	0,681949	0,18195	0,684880	0,18488	0,6386	0,13859
12	25,50	0,454545	0,490462623	0,03592	0,553882	0,09934	1,000000	0,54545	0,708053	0,25351	0,5605	0,10594
13	24,80	0,409091	0,457837815	0,04875	0,522047	0,11296	1,000000	0,59091	0,718061	0,30897	0,5256	0,11655
14	24,00	0,363636	0,420909841	0,05727	0,484379	0,12074	1,000000	0,63636	0,730035	0,36640	0,4842	0,12057
15	23,00	0,318182	0,375746464	0,05756	0,435745	0,11756	1,000000	0,68182	1,000000	0,68182	0,4305	0,11233
16	22,60	0,272727	0,358110691	0,08538	0,415934	0,14321	1,000000	0,72727	1,000000	0,72727	0,4086	0,13590
17	20,30	0,227273	0,263414193	0,03614	0,301013	0,07374	1,000000	0,77273	1,000000	0,77273	0,2825	0,05518
18	19,90	0,181818	0,248348192	0,06653	0,281356	0,09954	0,262215	0,08040	1,000000	0,81818	0,2612	0,07937
19	19,60	0,136364	0,237357535	0,10099	0,266781	0,13042	0,248381	0,11202	1,000000	0,86364	0,2455	0,10915
20	18,90	0,090909	0,21278304	0,12187	0,233508	0,14260	0,217487	0,12658	1,000000	0,90909	0,2101	0,11921
21	11,40	0,045455	0,046958346	0,00150	0,014493	0,03096	0,011958	0,03350	1,000000	0,95455	0,0081	0,03733
22	17,60	0,000000	0,171300537	0,17130	0,175506	0,17551	0,164223	0,16422	0,166305	0,16631	0,1501	0,15010
23	17,10	-0,045455	0,156825446	0,20228	0,154898	0,20035	0,145385	0,19084	0,147977	0,19343	0,1295	0,17492
24	11,40	-0,090909	0,046958346	0,13787	0,014493	0,10540	0,011958	0,10287	0,013484	0,10439	0,0081	0,09904
N	24		Dmáx	0,20228		0,14321		0,77273		0,95455		0,13859
A	0,05		Dcrítico > Dmax	Si se ajusta		Si se ajusta		No se ajusta		No se ajusta		Si se ajusta
Dcrítico	0,26931		Mejor Ajuste	3		2		4		5		1

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros



Tabla Nº 26: Prueba de Bondad de Ajuste Kolmogorov – Smirnov

(Estación San Rafael)

M	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$ Normal	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ Normal	$F(y_m)$ Log Normal	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Normal	$F(y_m)$ Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Pearson III	$F(y_m)$ Log Pearson III	$ F_o(y_m)-F(y_m) $ Log Pearson III	$F(x_m)$ GEV I	$ F_o(x_m)-F(x_m) $ GEV I
1	56,70	0,954545	0,99168559	0,03714	0,973216	0,01867	0,979453	0,02491	0,975999	0,02145	0,9743	0,01976
2	52,90	0,909091	0,978518352	0,06943	0,956616	0,04753	0,963263	0,05417	0,959550	0,05046	0,9590	0,04990
3	42,10	0,863636	0,834067692	0,02957	0,840459	0,02318	0,839862	0,02377	0,840375	0,02326	0,8507	0,01298
4	41,90	0,818182	0,829160231	0,01098	0,836804	0,01862	0,836163	0,01798	0,836653	0,01847	0,8472	0,02900
5	41,80	0,772727	0,826672027	0,05394	0,834950	0,06222	0,609390	0,16334	0,834728	0,06200	0,8454	0,07268
6	41,10	0,727273	0,808613942	0,08134	0,821458	0,09418	0,614818	0,11245	0,614369	0,11290	0,8325	0,10524
7	38,50	0,681818	0,732084984	0,05027	0,762983	0,08116	0,636135	0,04568	0,634937	0,04688	0,7759	0,09404
8	36,80	0,636364	0,674823048	0,03846	0,7171105	0,08074	0,651565	0,01520	0,650073	0,01371	0,7306	0,09420
9	33,50	0,590909	0,552233453	0,03868	0,610082	0,01917	0,685338	0,09443	0,683367	0,09246	0,6222	0,03132
10	32,00	0,545455	0,493999629	0,05145	0,554022	0,00857	0,702565	0,15711	0,700535	0,15508	0,5642	0,01871
11	31,90	0,500000	0,490108137	0,00989	0,550138	0,05014	0,703758	0,20376	0,701730	0,20173	0,5601	0,06012
12	29,90	0,454545	0,412963729	0,04158	0,469271	0,01473	1,000000	0,54545	0,726949	0,27240	0,4750	0,02046
13	29,40	0,409091	0,394076354	0,01501	0,448281	0,03919	1,000000	0,59091	0,733662	0,32457	0,4527	0,04362
14	28,80	0,363636	0,371739715	0,00810	0,422819	0,05918	1,000000	0,63636	0,741827	0,37819	0,4256	0,06195
15	28,60	0,318182	0,364385	0,04620	0,414280	0,09610	1,000000	0,68182	1,000000	0,68182	0,4165	0,09829
16	28,20	0,272727	0,349826784	0,07710	0,397150	0,12442	1,000000	0,72727	1,000000	0,72727	0,3982	0,12543
17	25,70	0,227273	0,264444525	0,03717	0,290494	0,06322	1,000000	0,77273	1,000000	0,77273	0,2839	0,05663
18	25,50	0,181818	0,258100168	0,07628	0,282155	0,10034	0,276126	0,09431	1,000000	0,81818	0,2750	0,09317
19	25,10	0,136364	0,245650965	0,10929	0,265641	0,12928	0,260385	0,12402	1,000000	0,86364	0,2574	0,12099
20	25,10	0,090909	0,245650965	0,15474	0,265641	0,17473	0,260639	0,16973	1,000000	0,90909	0,2574	0,16644
21	16,40	0,045455	0,062139943	0,01669	0,024933	0,02052	0,022273	0,02318	1,000000	0,95455	0,0177	0,02771
22	21,80	0,000000	0,156198788	0,15620	0,142707	0,14271	0,142918	0,14292	0,137430	0,13743	0,1286	0,12858
23	21,60	-0,045455	0,151571444	0,19703	0,136288	0,18174	0,136456	0,18191	0,130752	0,17621	0,1221	0,16752
24	16,40	-0,090909	0,062139943	0,15305	0,024933	0,11584	0,022273	0,11318	0,016472	0,10738	0,0177	0,10866
n	24		Dmáx	0,19703		0,17473		0,77273		0,95455		0,16644
a	0,05		Dcrítico > Dmax	Si se ajusta		Si se ajusta		No se ajusta		No se ajusta		Si se ajusta
Dcrítico	0,26931		Mejor Ajuste	3		2		4		5		1

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

4.1.4. Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas

Para el cálculo de Precipitaciones máximas se usará el factor de corrección de 1.04, ya que las lecturas que SENAMHI hace son 02



veces por día, esto es recomendación de la organización mundial de meteorología.

Tabla Nº 27: Precipitaciones máximas para periodos de retorno 2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años. Estación Chaglla

T (años)	P($X \leq x_T$)	DISTRIB. NORMAL		P _{MAX} mm	P _{MAX} mm (corregida)
		K _T	x _T		
2	0,500	0,0000	32,7	32,7	34,0
5	0,800	0,8416	40,2	40,2	41,8
10	0,900	1,2816	44,1	44,1	45,9
20	0,950	1,6449	47,4	47,4	49,3
25	0,960	1,7507	48,3	48,3	50,2
50	0,980	2,0537	51,0	51,0	53,0
100	0,990	2,3263	53,4	53,4	55,6
200	0,995	2,5758	55,6	55,6	57,9
500	0,998	2,8782	58,3	58,3	60,7

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 28: Precipitaciones máximas para periodos de retorno 2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años. Estación Huánuco

T (años)	P($X \leq x_T$)	DISTRIB. GUMBELL		P _{MAX} mm	P _{MAX} mm (corregida)
		K _T	x _T		
2	0,500	-0,1643	24,6	24,6	25,6
5	0,800	0,7195	31,8	31,8	33,1
10	0,900	1,3046	36,6	36,6	38,1
20	0,950	1,8658	41,2	41,2	42,8
25	0,960	2,0438	42,6	42,6	44,4
50	0,980	2,5923	47,1	47,1	49,0



100	0,990	3,1367	51,6	51,6	53,6
200	0,995	3,6791	56,0	56,0	58,2
500	0,998	4,3947	61,8	61,8	64,3

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 29: Precipitaciones máximas para periodos de retorno 2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años. Estación San Rafael

T (años)	$P(X \leq x_T)$	DISTRIB. GUMBELL		P_{MAX} mm	P_{MAX} mm (corregida)
		K_T	x_T		
2	0,500	-0,1643	30,8	30,8	32,0
5	0,800	0,7195	39,5	39,5	41,1
10	0,900	1,3046	45,3	45,3	47,1
20	0,950	1,8658	50,9	50,9	52,9
25	0,960	2,0438	52,7	52,7	54,8
50	0,980	2,5923	58,1	58,1	60,4
100	0,990	3,1367	63,5	63,5	66,0
200	0,995	3,6791	68,8	68,8	71,6
500	0,998	4,3947	75,9	75,9	79,0

Fuente: Elaboración propia

4.1.5. Parámetros Geomorfológicos de la Cuenca.

Para los cálculos de parámetros geomorfológicos se utilizó las imágenes Alos Palsar y la cartografía del Instituto Geográfico Nacional, Para luego ser procesado en el programa Arc gis 10.2.2, delimitándose la cuenca y calculándose posteriormente los parámetros geomorfológicos en donde los resultados fueron los siguientes



- Área de la cuenca: 17.89 km²
- Cota Máxima: 3840 msnm
- Cota mínima: 2381 msnm.
- Perímetro de la cuenca: 25.825 km
- Pendiente de la cuenca: 0.454687 m/m
- Longitud del cauce: 10.62 km
- Factor de forma: 0.5937
- Índice de Gravelius: 1.789

4.1.6. Precipitación Media de la Cuenca.

Realizado el procesamiento para el cálculo de de la precipitación media de la cuenca por el método de isoyetas en el programa Arc Gis 10.2.2 los resultados obtenidos se muestran en la tabla N° 27.

Tabla N° 30: Precipitación media de la cuenca en estudio

T (años)	PRECIPITACION MEDIA MAXIMA mm
2	32.54
5	40.51
10	45.02
20	48.97
25	50.16
50	53.69
100	57.02
200	60.16
500	64,.15

Fuente: Elaboración propia



4.1.7. Curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF).

Las curvas de Intensidad Duración y frecuencia fueron calculadas con el método de IILA SENAMHI, los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Tabla N° 31. Intensidades de Diseño para duraciones menores a 24 horas

CUENCA RIO TIRISHUANCA										
DURACIÓN		PERÍODO DE RETORNO (años)								
Hr	min	2	5	10	20	25	50	100	200	500
0.17	10.00	12.60	15.68	17.43	18.95	19.42	20.78	22.07	23.29	24.83
0.33	20.00	10.80	13.45	14.95	16.26	16.65	17.83	18.93	19.97	21.30
0.50	30.00	9.56	11.91	13.23	14.39	14.74	15.78	16.76	17.68	18.86
0.67	40.00	8.64	10.76	11.96	13.01	13.33	14.26	15.15	15.98	17.04
0.83	50.00	7.93	9.87	10.97	11.93	12.22	13.08	13.89	14.66	15.63
1.00	60.00	7.35	9.15	10.17	11.07	11.34	12.13	12.89	13.59	14.50
1.50	90.00	6.13	7.63	8.48	9.23	9.45	10.12	10.74	11.34	12.09
2.00	120.00	5.34	6.64	7.38	8.03	8.23	8.80	9.35	9.86	10.52
4.00	240.00	3.94	4.90	5.45	5.93	6.07	6.50	6.90	7.28	7.76
6.00	360.00	3.09	3.85	4.28	4.66	4.77	5.10	5.42	5.72	6.10
7.00	420.00	2.82	3.51	3.90	4.25	4.35	4.66	4.95	5.22	5.56
8.00	480.00	2.61	3.25	3.61	3.92	4.02	4.30	4.57	4.82	5.14
10.00	600.00	2.28	2.84	3.16	3.44	3.52	3.77	4.00	4.22	4.50
11.00	660.00	2.16	2.69	2.98	3.25	3.32	3.56	3.78	3.99	4.25
12.00	720.00	2.05	2.55	2.83	3.08	3.16	3.38	3.59	3.79	4.04
24.00	1440.00	1.36	1.69	1.88	2.04	2.09	2.24	2.38	2.51	2.67

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

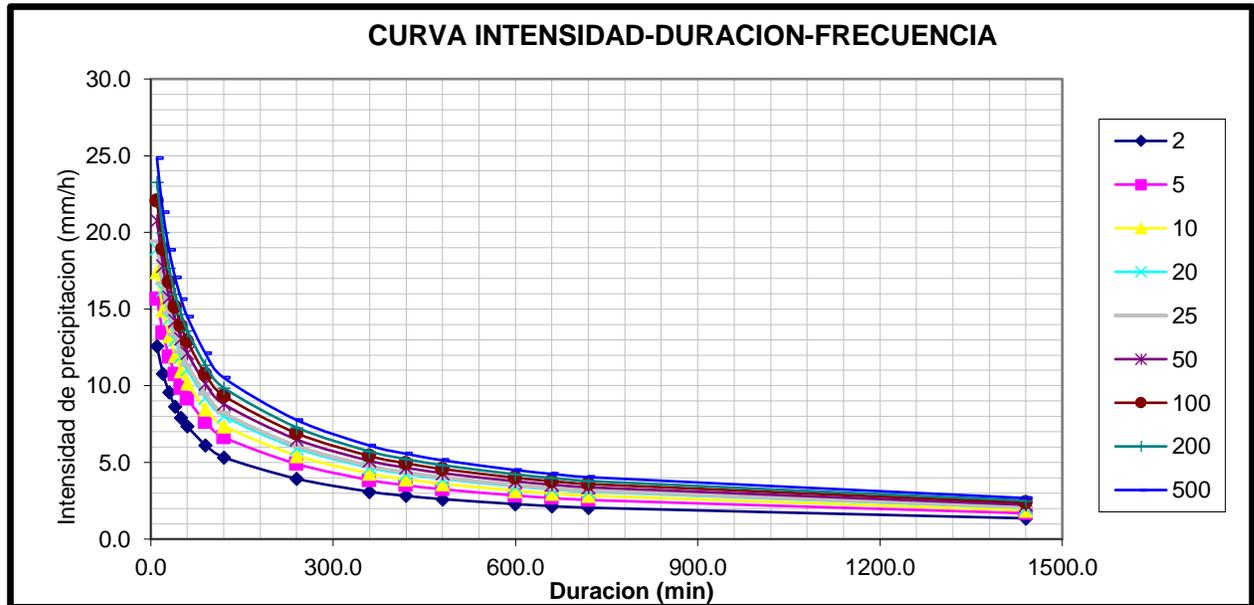


Figura N° 12: Curva IDF de la cuenca del Río Tirishuanca

Fuente: Elaboración propia en base a la Hoja de cálculo CIDHMA Ingenieros

Luego del análisis de regresión múltiple la fórmula para calcular la intensidad quedara en nuestro caso dado por:

$$I = \frac{10^{1.6662 * T^{0.1158}}}{t^{0.46}}$$

Donde:

I = Intensidad Máxima (mm/h)

T= Periodo de retorno en años

t = Duración de la precipitación en min



4.1.8. Hietograma de Precipitación.

Los hietogramas fueron calculados por el método del bloque alterno para periodos de retorno de 2,5,10,20,25,50,100,200,500 años, las cuales se presentan a continuación:

Tabla Nº 32. Hietograma de precipitación para $Tr = 02$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA Mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	10.380	5.190	5.190	0-15	0.64
60	7.527	7.527	2.337	30-60	0.67
90	6.237	9.356	1.829	60-90	0.70
120	5.458	10.917	1.561	90-120	0.74
150	4.922	12.305	1.388	120-150	0.78
180	4.523	13.569	1.264	150-180	0.83
210	4.211	14.739	1.170	180-210	0.90
240	3.958	15.833	1.094	210-240	0.98
270	3.748	16.866	1.033	240-270	1.09
300	3.569	17.846	0.981	270-300	1.26
330	3.415	18.782	0.936	300-330	1.56
360	3.280	19.680	0.897	330-360	2.34
390	3.160	20.543	0.863	360-390	5.19
420	3.054	21.376	0.833	390-420	1.83
450	2.958	22.182	0.806	420-450	1.39
480	2.870	22.963	0.781	450-480	1.17
510	2.791	23.722	0.759	480-510	1.03
540	2.718	24.461	0.739	510-540	0.94
570	2.651	25.181	0.720	540-570	0.86
600	2.588	25.883	0.702	570-600	0.81
630	2.530	26.569	0.686	600-630	0.76
660	2.476	27.241	0.671	630-660	0.72
690	2.426	27.898	0.657	660-690	0.69
720	2.379	28.542	0.644	690-720	0.66

Fuente: Elaboración propia



Tabla Nº 33. Hietograma de precipitación para $T_r = 05$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA Mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	11.541	5.771	5.771	0-15	0.72
60	8.369	8.369	2.599	30-60	0.75
90	6.935	10.403	2.033	60-90	0.78
120	6.069	12.139	1.736	90-120	0.82
150	5.473	13.682	1.543	120-150	0.87
180	5.029	15.088	1.406	150-180	0.93
210	4.682	16.388	1.301	180-210	1.00
240	4.401	17.605	1.217	210-240	1.09
270	4.167	18.753	1.148	240-270	1.22
300	3.969	19.843	1.090	270-300	1.41
330	3.797	20.884	1.041	300-330	1.74
360	3.647	21.882	0.998	330-360	2.60
390	3.514	22.842	0.960	360-390	5.77
420	3.395	23.768	0.926	390-420	2.03
450	3.289	24.664	0.896	420-450	1.54
480	3.192	25.533	0.869	450-480	1.30
510	3.103	26.377	0.844	480-510	1.15
540	3.022	27.198	0.821	510-540	1.04
570	2.947	27.998	0.800	540-570	0.96
600	2.878	28.779	0.781	570-600	0.90
630	2.814	29.542	0.763	600-630	0.84
660	2.754	30.289	0.746	630-660	0.80
690	2.697	31.020	0.731	660-690	0.76
720	2.645	31.736	0.716	690-720	0.73

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 34. Hietograma de precipitación para $T_r = 10$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	12.506	6.253	6.253	0-15	0.78
60	9.069	9.069	2.816	30-60	0.81
90	7.515	11.272	2.203	60-90	0.85
120	6.576	13.153	1.881	90-120	0.89
150	5.930	14.825	1.672	120-150	0.94
180	5.449	16.348	1.523	150-180	1.00
210	5.073	17.757	1.409	180-210	1.08
240	4.769	19.076	1.318	210-240	1.18
270	4.516	20.320	1.244	240-270	1.32



300	4.300	21.501	1.181	270-300	1.52
330	4.114	22.629	1.128	300-330	1.88
360	3.952	23.710	1.081	330-360	2.82
390	3.808	24.750	1.040	360-390	6.25
420	3.679	25.754	1.004	390-420	2.20
450	3.563	26.725	0.971	420-450	1.67
480	3.458	27.666	0.941	450-480	1.41
510	3.362	28.581	0.914	480-510	1.24
540	3.274	29.470	0.890	510-540	1.13
570	3.193	30.338	0.867	540-570	1.04
600	3.118	31.184	0.846	570-600	0.97
630	3.049	32.011	0.827	600-630	0.91
660	2.984	32.820	0.809	630-660	0.87
690	2.923	33.611	0.792	660-690	0.83
720	2.866	34.388	0.776	690-720	0.79

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 35. Hietograma de precipitación para Tr = 20 años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	13.551	6.775	6.775	0-15	0.84
60	9.826	9.826	3.051	30-60	0.88
90	8.142	12.214	2.387	60-90	0.92
120	7.126	14.252	2.038	90-120	0.96
150	6.425	16.064	1.812	120-150	1.02
180	5.905	17.714	1.650	150-180	1.09
210	5.497	19.241	1.527	180-210	1.17
240	5.167	20.669	1.429	210-240	1.28
270	4.893	22.017	1.348	240-270	1.43
300	4.660	23.298	1.280	270-300	1.65
330	4.458	24.520	1.222	300-330	2.04
360	4.282	25.691	1.171	330-360	3.05
390	4.126	26.818	1.127	360-390	6.78
420	3.987	27.906	1.087	390-420	2.39
450	3.861	28.958	1.052	420-450	1.81
480	3.747	29.978	1.020	450-480	1.53
510	3.643	30.968	0.991	480-510	1.35
540	3.548	31.933	0.964	510-540	1.22
570	3.460	32.872	0.940	540-570	1.13
600	3.379	33.789	0.917	570-600	1.05
630	3.303	34.685	0.896	600-630	0.99
660	3.233	35.562	0.876	630-660	0.94
690	3.167	36.420	0.858	660-690	0.90
720	3.105	37.261	0.841	690-720	0.86

Fuente: Elaboración propia



Tabla Nº 36. Hietograma de precipitación para $T_r = 25$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	13.905	6.953	6.953	0-15	0.86
60	10.084	10.084	3.131	30-60	0.90
90	8.356	12.533	2.450	60-90	0.94
120	7.312	14.624	2.091	90-120	0.99
150	6.594	16.484	1.859	120-150	1.05
180	6.059	18.177	1.693	150-180	1.12
210	5.641	19.744	1.567	180-210	1.20
240	5.303	21.210	1.466	210-240	1.31
270	5.021	22.594	1.383	240-270	1.47
300	4.781	23.907	1.314	270-300	1.69
330	4.575	25.161	1.254	300-330	2.09
360	4.394	26.363	1.202	330-360	3.13
390	4.234	27.520	1.157	360-390	6.95
420	4.091	28.636	1.116	390-420	2.45
450	3.962	29.715	1.080	420-450	1.86
480	3.845	30.762	1.047	450-480	1.57
510	3.739	31.779	1.017	480-510	1.38
540	3.641	32.768	0.989	510-540	1.25
570	3.551	33.732	0.964	540-570	1.16
600	3.467	34.673	0.941	570-600	1.08
630	3.390	35.593	0.919	600-630	1.02
660	3.317	36.492	0.899	630-660	0.96
690	3.250	37.373	0.881	660-690	0.92
720	3.186	38.236	0.863	690-720	0.88

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 37. Hietograma de precipitación para $T_r = 50$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	15.067	7.533	7.533	0-15	0.94
60	10.926	10.926	3.393	30-60	0.97
90	9.054	13.580	2.654	60-90	1.02
120	7.923	15.846	2.266	90-120	1.07
150	7.144	17.861	2.015	120-150	1.13
180	6.565	19.696	1.835	150-180	1.21
210	6.113	21.394	1.698	180-210	1.30
240	5.746	22.982	1.589	210-240	1.42
270	5.440	24.481	1.499	240-270	1.59
300	5.181	25.905	1.423	270-300	1.83
330	4.957	27.263	1.359	300-330	2.27



360	4.761	28.566	1.303	330-360	3.39
390	4.588	29.819	1.253	360-390	7.53
420	4.433	31.028	1.209	390-420	2.65
450	4.293	32.198	1.170	420-450	2.01
480	4.167	33.332	1.134	450-480	1.70
510	4.051	34.434	1.102	480-510	1.50
540	3.945	35.506	1.072	510-540	1.36
570	3.847	36.551	1.045	540-570	1.25
600	3.757	37.570	1.020	570-600	1.17
630	3.673	38.567	0.996	600-630	1.10
660	3.595	39.541	0.974	630-660	1.04
690	3.521	40.495	0.954	660-690	1.00
720	3.453	41.430	0.935	690-720	0.95

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 38. Hietograma de precipitación para Tr = 100 años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	16.326	8.163	8.163	0-15	1.01
60	11.839	11.839	3.676	30-60	1.06
90	9.810	14.715	2.876	60-90	1.10
120	8.585	17.170	2.455	90-120	1.16
150	7.741	19.353	2.183	120-150	1.23
180	7.114	21.342	1.988	150-180	1.31
210	6.623	23.181	1.840	180-210	1.41
240	6.226	24.903	1.721	210-240	1.54
270	5.895	26.527	1.624	240-270	1.72
300	5.614	28.069	1.542	270-300	1.99
330	5.371	29.541	1.472	300-330	2.46
360	5.159	30.953	1.411	330-360	3.68
390	4.971	32.310	1.358	360-390	8.16
420	4.803	33.621	1.310	390-420	2.88
450	4.652	34.888	1.267	420-450	2.18
480	4.515	36.117	1.229	450-480	1.84
510	4.390	37.311	1.194	480-510	1.62
540	4.275	38.472	1.162	510-540	1.47
570	4.169	39.605	1.132	540-570	1.36
600	4.071	40.709	1.105	570-600	1.27
630	3.980	41.789	1.079	600-630	1.19
660	3.895	42.845	1.056	630-660	1.13
690	3.816	43.878	1.034	660-690	1.08
720	3.741	44.892	1.013	690-720	1.03

Fuente: Elaboración propia



Tabla Nº 39. Hietograma de precipitación para $T_r = 200$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	17.690	8.845	8.845	0-15	1.10
60	12.828	12.828	3.983	30-60	1.14
90	10.630	15.944	3.117	60-90	1.20
120	9.302	18.605	2.660	90-120	1.26
150	8.388	20.970	2.366	120-150	1.33
180	7.708	23.125	2.154	150-180	1.42
210	7.177	25.118	1.993	180-210	1.53
240	6.746	26.983	1.865	210-240	1.67
270	6.387	28.743	1.760	240-270	1.87
300	6.083	30.414	1.671	270-300	2.15
330	5.820	32.009	1.595	300-330	2.66
360	5.590	33.539	1.529	330-360	3.98
390	5.386	35.010	1.471	360-390	8.84
420	5.204	36.430	1.420	390-420	3.12
450	5.040	37.803	1.373	420-450	2.37
480	4.892	39.135	1.332	450-480	1.99
510	4.756	40.428	1.293	480-510	1.76
540	4.632	41.687	1.259	510-540	1.60
570	4.517	42.913	1.227	540-570	1.47
600	4.411	44.110	1.197	570-600	1.37
630	4.312	45.280	1.170	600-630	1.29
660	4.220	46.424	1.144	630-660	1.23
690	4.134	47.544	1.120	660-690	1.17
720	4.054	48.642	1.098	690-720	1.12

Fuente: Elaboración propia

Tabla Nº 40. Hietograma de precipitación para $T_r = 500$ años

DURACION min	INTENSIDAD mm/hr	PROFUNDIDA ACUMULADA mm	PROFUNDIDAD INCREMENTAL mm	TIEMPO min	PRECIPITACION mm
30	19.669	9.835	9.835	0-15	1.22
60	14.263	14.263	4.429	30-60	1.27
90	11.819	17.729	3.465	60-90	1.33
120	10.343	20.687	2.958	90-120	1.40
150	9.327	23.317	2.630	120-150	1.48
180	8.571	25.713	2.395	150-180	1.58
210	7.980	27.929	2.216	180-210	1.70
240	7.501	30.003	2.074	210-240	1.86
270	7.102	31.959	1.957	240-270	2.07
300	6.763	33.817	1.858	270-300	2.40
330	6.471	35.591	1.774	300-330	2.96



360	6.215	37.292	1.700	330-360	4.43
390	5.989	38.928	1.636	360-390	9.83
420	5.787	40.506	1.579	390-420	3.47
450	5.604	42.033	1.527	420-450	2.63
480	5.439	43.514	1.481	450-480	2.22
510	5.288	44.952	1.438	480-510	1.96
540	5.150	46.352	1.400	510-540	1.77
570	5.023	47.716	1.364	540-570	1.64
600	4.905	49.047	1.331	570-600	1.53
630	4.795	50.347	1.301	600-630	1.44
660	4.693	51.619	1.272	630-660	1.36
690	4.597	52.865	1.246	660-690	1.30
720	4.507	54.085	1.221	690-720	1.25

Fuente: Elaboración propia

4.1.9. Número de Curva CN

Se uso la metodología sugerida líneas arriba para el cálculo del número de curva CN, Para lo cual se caracterizó la cuenca teniendo presente que el área total de la cuenca es 17.890469 Km² donde se obtuvo:

Zona de pastoreo: 4.10 Km²

Zona de Vegetación: 1.78 Km²

Zona de Cultivo: 11.90 Km²

Ciudad de Molino: 0.11 Km²

Donde la condición Hidrológica es pobre ya que la cobertura vegetal es < 50%; para la condición de humedad antecedente CHA II y para IS = 0.2 S se tiene que el suelo mayormente es tierra de cultivo con curvas de nivel y grupo Hidrológico C, ya que según la teoría descritas son suelos que tienen bajas tasas de infiltración cuando están completamente mojados y están constituidos



mayormente por suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo, o suelos con una textura que va de moderadamente fina a fina; el sistema de laboreo con curvas de nivel ya que por la topografía del terreno y el almacenaje depende de los surcos de los cultivos realizados. Por lo tanto, hallando el promedio ponderado con las áreas y datos del cuadro de número de curva se obtiene el valor de CN de 82.6

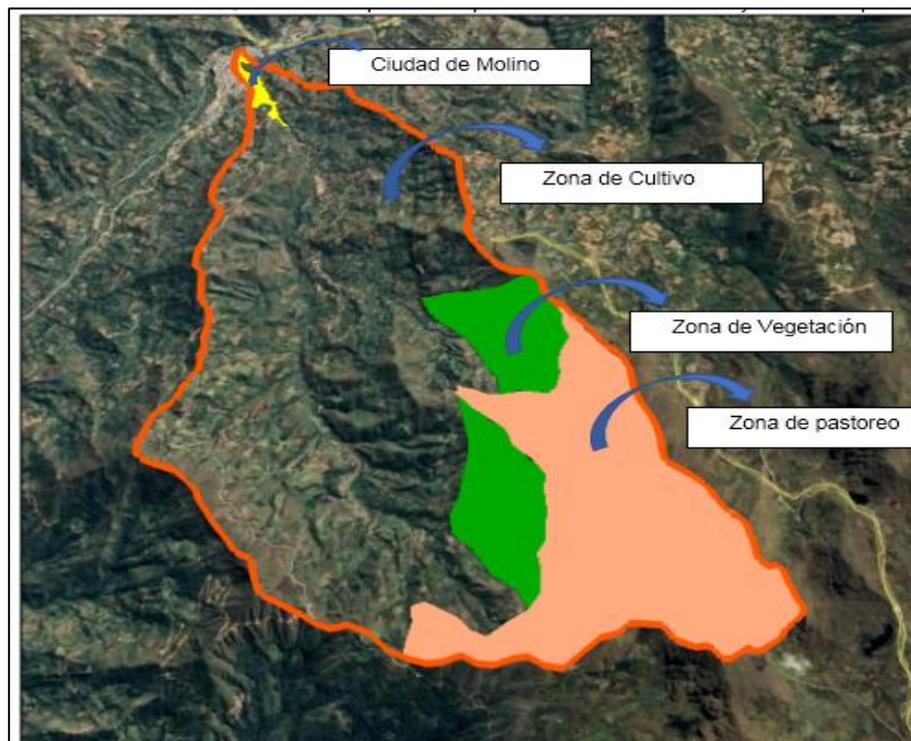


Figura N° 13: caracterización de la cuenca para determinar el número de curva.

Fuente: Elaboración Propia con imágenes de Google earth



4.2. Resultados del Modelamiento Hidrológico con HEC-HMS

- Conocida los parámetros de entrada del modelo hidrológico, anteriormente calculado, se tiene los caudales de máximas avenidas para los períodos de retomo de 10,20,25,50,100,200 y 500 años.

Tabla Nº 41: Caudales máximos resultado del modelamiento hidrológico en HEC-HMS

Período de Retorno en años	Caudal Máximo (m ³ /s)
10	8.9
20	11.2
25	12.0
50	14.7
100	17.8
200	21.3
500	26.6

Fuente: Elaboración propia

- A continuación, se muestra el esquema de la cuenca con el programa HEC-HMS

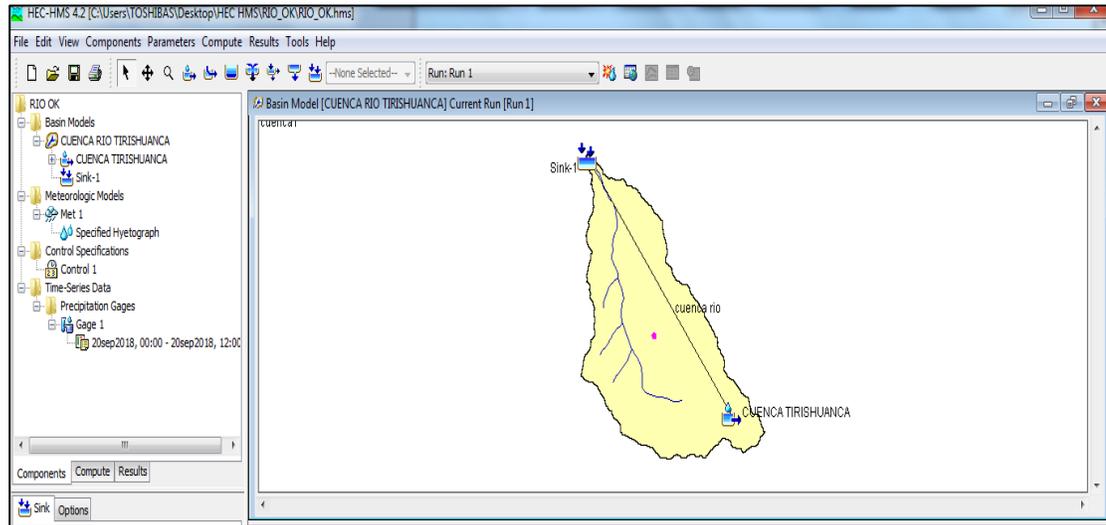


Figura N° 14: esquema de la cuenca con el programa HEC-HMS

Fuente: Elaboración Propia

- A continuación, se presentan los resultados del modelamiento Hidrológico en HEC-HMS para los diferentes periodos de retorno.

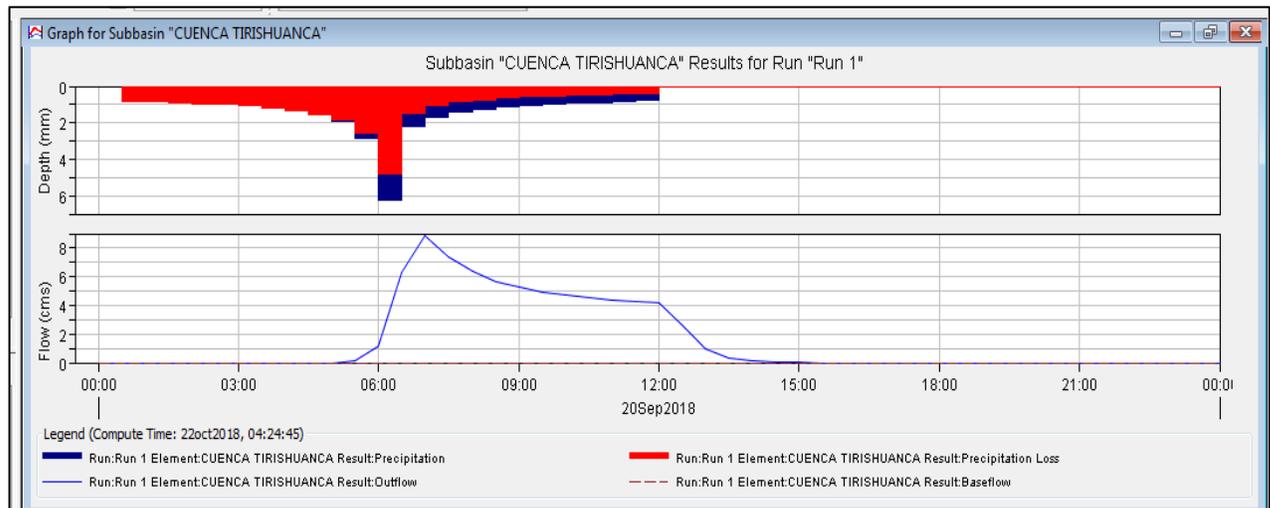


Figura N° 15: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 10 años

Fuente: Elaboración Propia

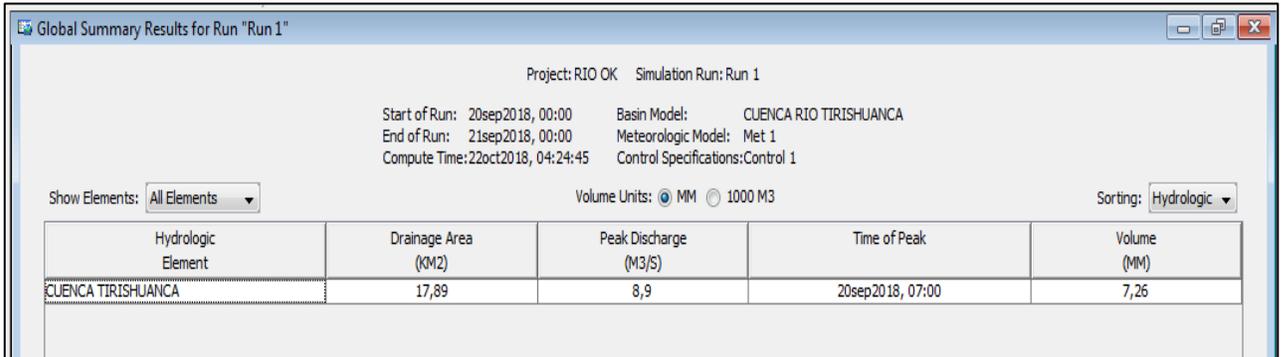


Figura N° 16: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 10 años

Fuente: Elaboración Propia

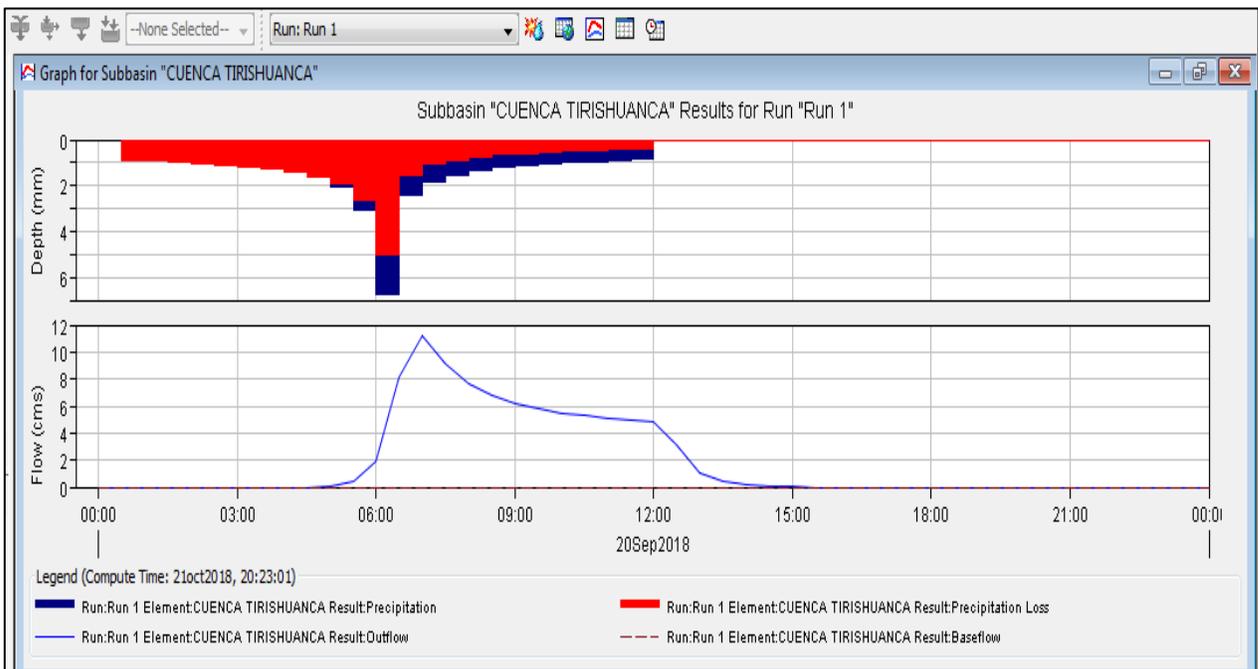


Figura N° 17: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 20 años

Fuente: Elaboración Propia

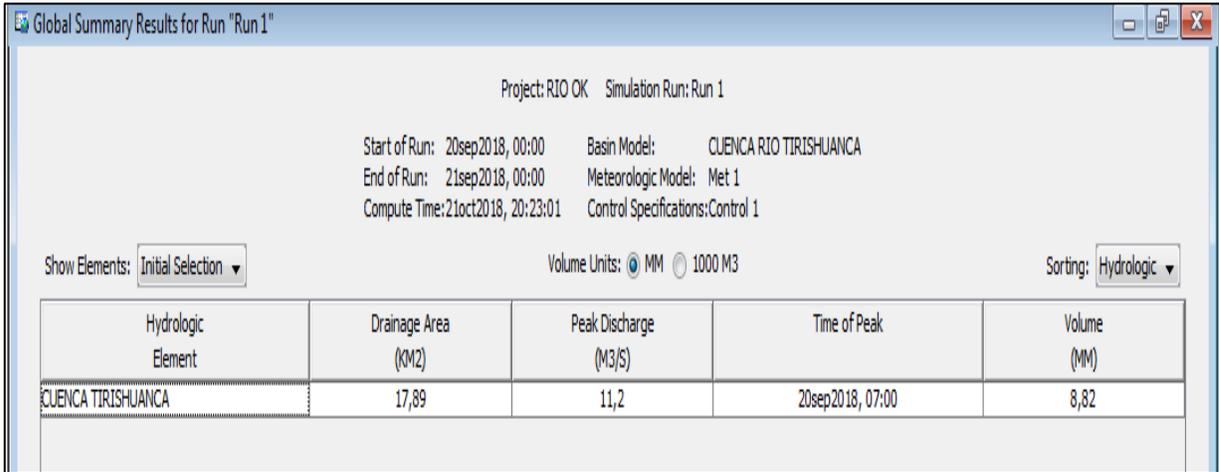


Figura N° 18: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 20 años

Fuente: Elaboración Propia

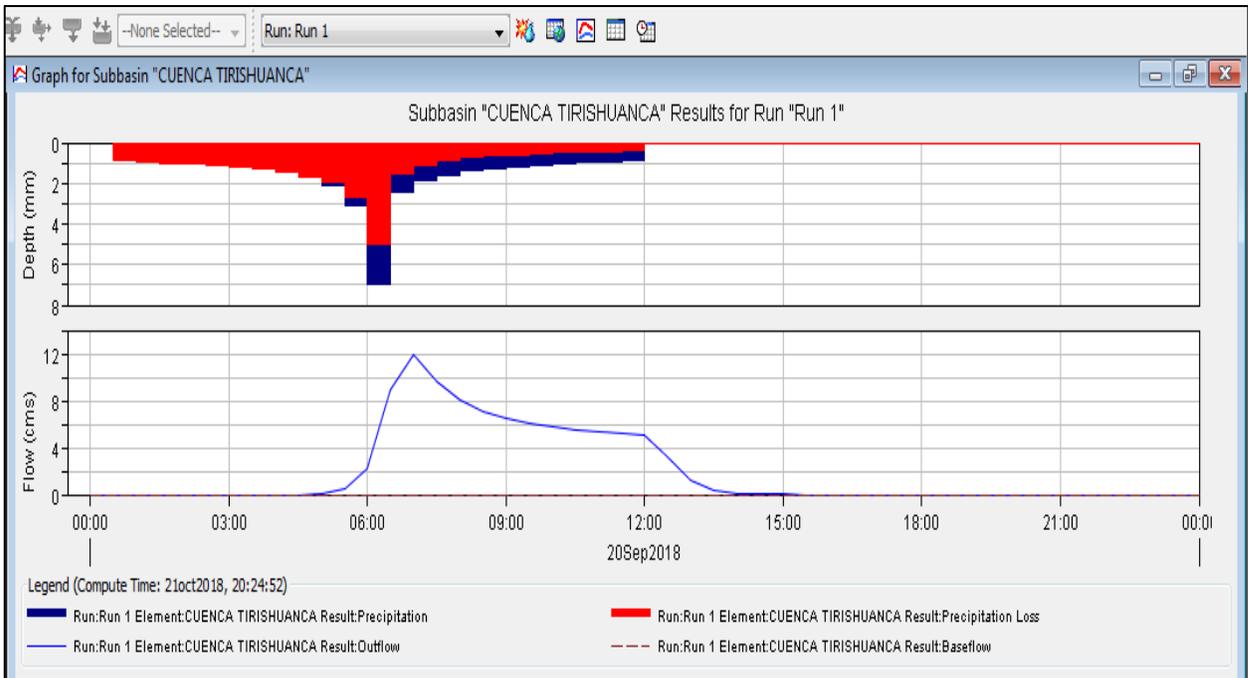


Figura N° 19: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 25 años

Fuente: Elaboración Propia

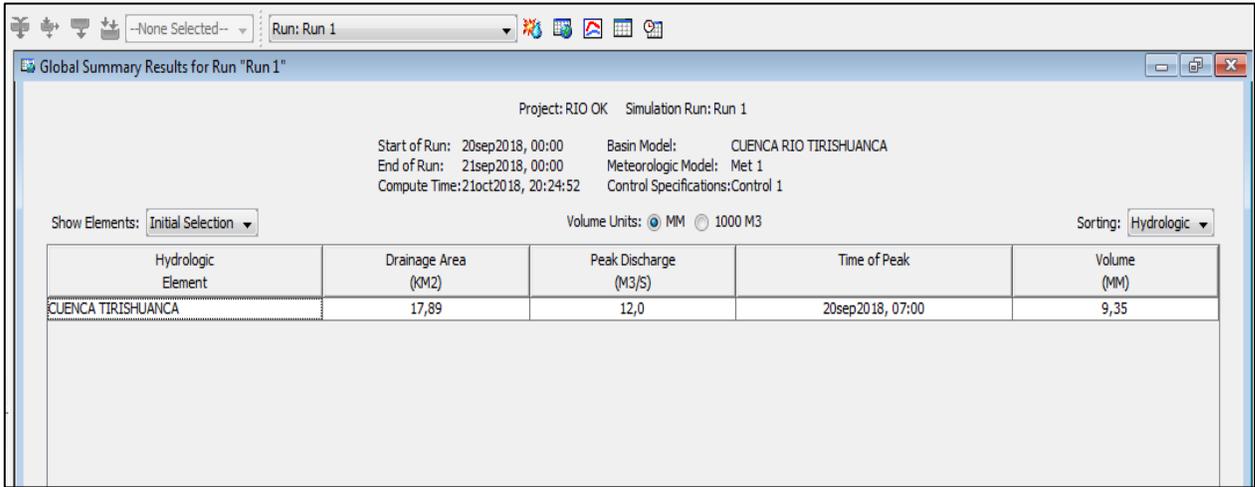


Figura N° 20: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 25 años

Fuente: Elaboración Propia

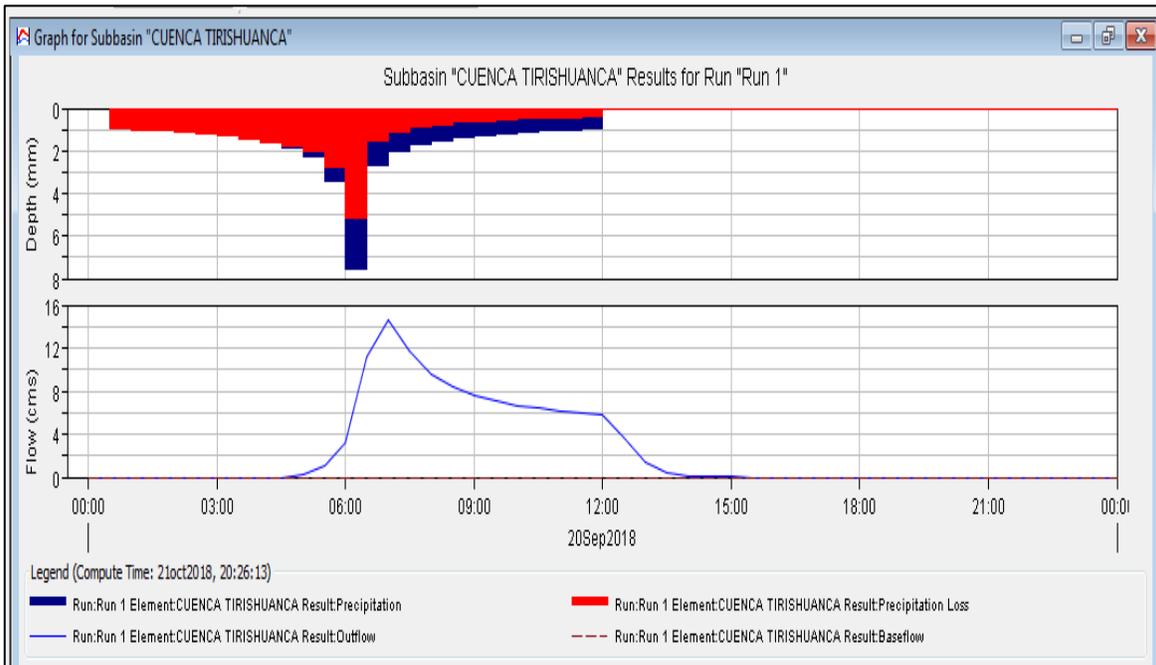


Figura N° 21: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 50 años

Fuente: Elaboración Propia

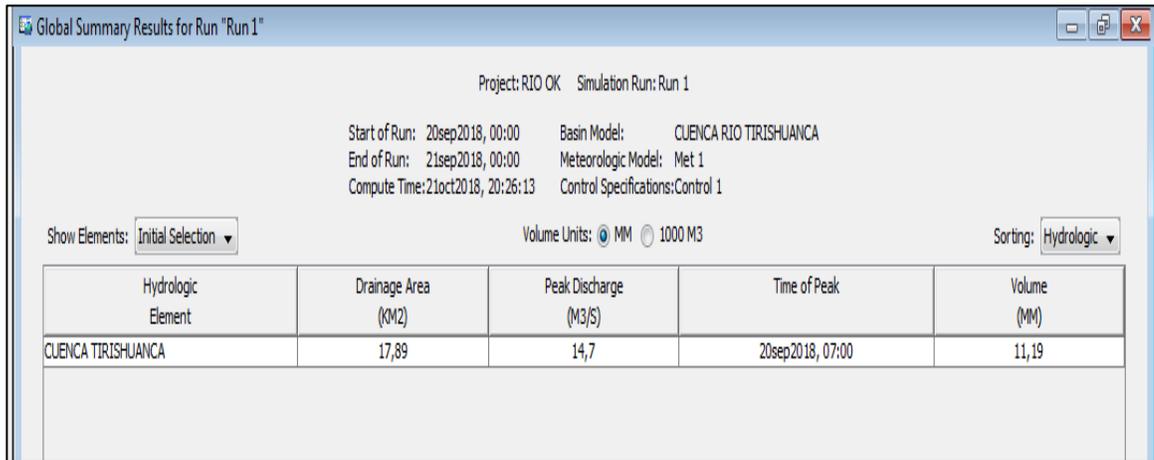


Figura N° 22: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 50 años

Fuente: Elaboración Propia

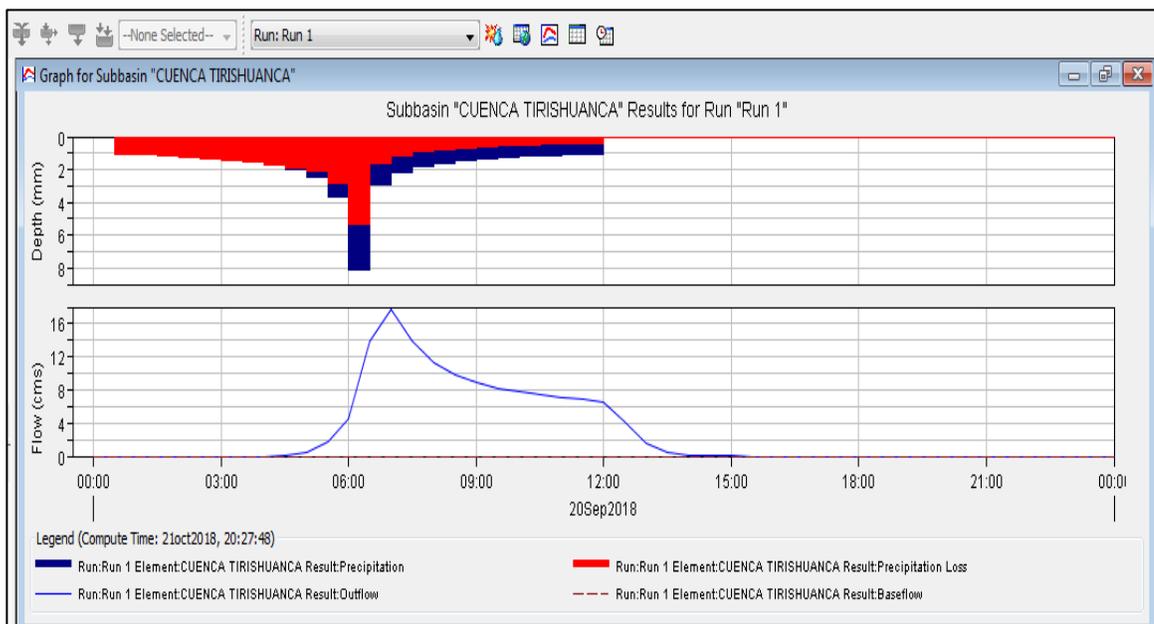


Figura N° 23: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 100 años

Fuente: Elaboración Propia

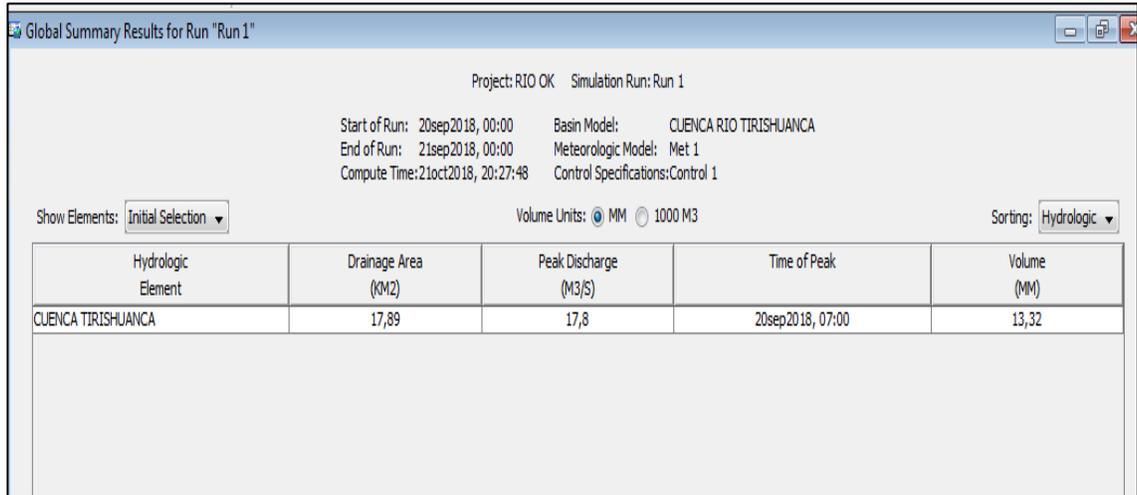


Figura N° 24: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 100 años

Fuente: Elaboración Propia

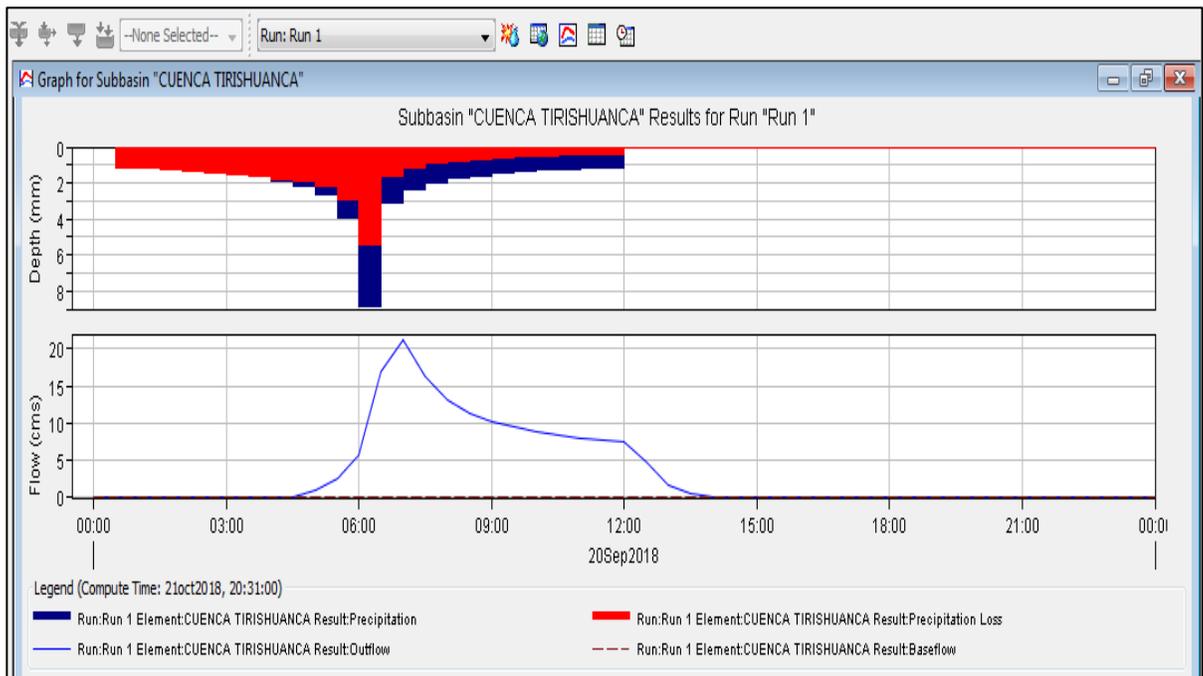


Figura N° 25: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 200 años

Fuente: Elaboración Propia

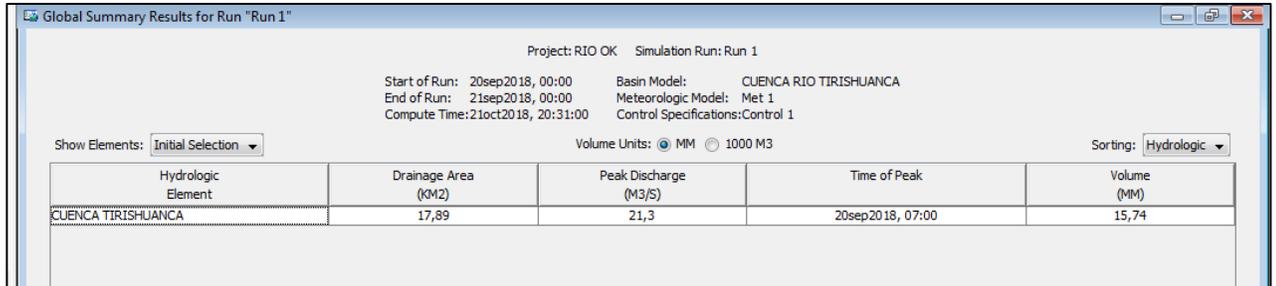


Figura N° 26: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 200 años

Fuente: Elaboración Propia

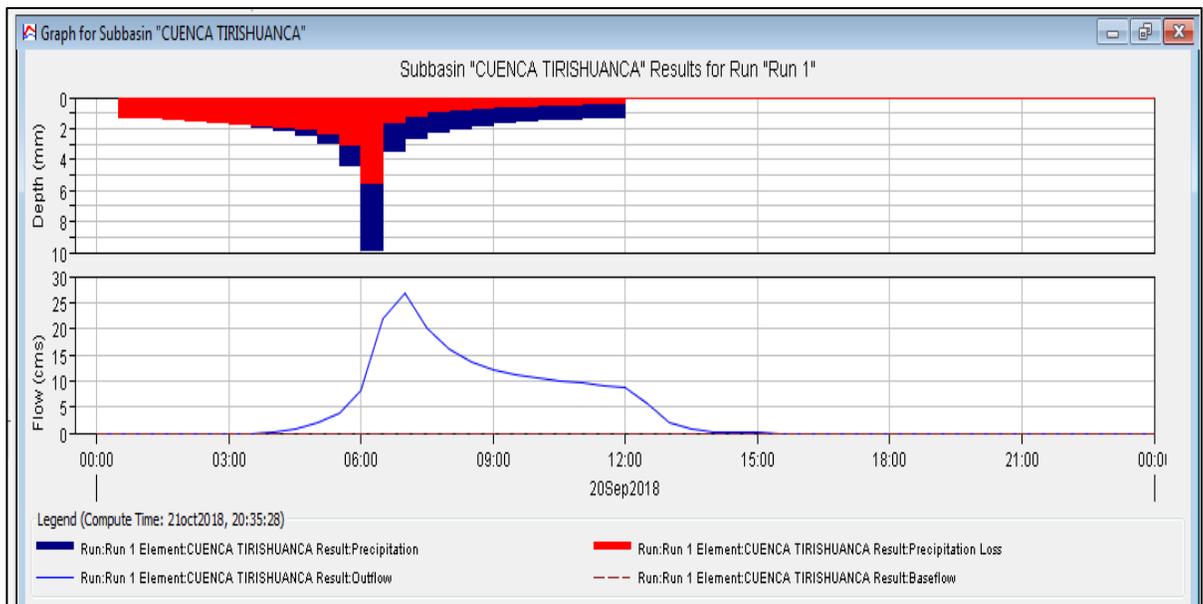


Figura N° 27: Hidrograma de avenida para un periodo de retorno de 500 años

Fuente: Elaboración Propia



Project: RIO OK Simulation Run: Run 1

Start of Run: 20sep2018, 00:00 Basin Model: CUENCA RIO TIRISHUANCA
End of Run: 21sep2018, 00:00 Meteorologic Model: Met 1
Compute Time: 21oct2018, 20:34:24 Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: MM 1000 M3 Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
CUENCA TIRISHUANCA	17,89	26,6	20sep2018, 07:00	19,44

Figura N° 28: Caudal Máximo para un periodo de retorno de 500 años

Fuente: Elaboración Propia

- **Calibración del Modelo**

Al no contarse con datos de estaciones hidrométricas la única forma para poder calibrar el modelo fue por medio del método de velocidad y área, para el cálculo de la velocidad se usó el correntómetro CM 200 y el área se calculó a través del levantamiento batimétrico y teniendo como referencia las huellas dejadas por el río en su máxima avenida.

Teniendo los resultados del modelamiento hidrológico con HEC-HMS, se realizó la calibración, obteniendo los siguientes resultados.

Los datos obtenidos fueron los siguientes:

$$V = 1.15 \text{ m/s}$$

$$A = 9.95 \text{ m}^2$$



$$Q=11.44 \text{ m}^3/\text{s}$$

Lo cual se encuentra dentro de los parámetros obtenidos de caudales máximos para un periodo de retorno de 20 y 25 años de acuerdo al modelamiento hidrológico realizado con el software HEC-HMS.

Por lo tanto, se consideró en base a esto que el modelo se encuentra calibrado.

4.3. Resultados Del Modelamiento Hidráulico Con HEC-RAS

- **Coeficiente de rugosidad n de Manning.**

De la inspección visual en campo nos permitió constatar in situ los materiales por los cuales está conformado mayormente el río los cuales son cauces con canto rodado, grava y algunas rocas por lo tanto según la tabla N° 12 de Manning se obtienen los valores de n. Para los bordes es mínimo por lo tanto tomaremos el valor de 0.03 y para el cauce central el valor de 0.04.



Figura N° 29: Se observa la presencia de rocas, canto rodado y gravas en el río y bordes. Fuente: Elaboración Propia

Fuente: Imagen propia.

- **Tiempo de concentración y tiempo de retardo**

El tiempo de concentración según la fórmula del California Culvert (que es usado para cuencas pequeñas) fue de 52.733min y Siendo el tiempo de retardo $T_{lag}=0.60 T_c$, entonces el Tiempo lag usado fue de 31.64 min

- **Características Hidráulicas del Perfil Resultante**

Se realizó la simulación hidráulica con el programa HEC-RAS, con los datos obtenidos de la modelación hidrológica y los valores del coeficiente de Manning obtenidos.

Se simuló para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años



Para los cuales los resultados de las características se muestran a continuación:

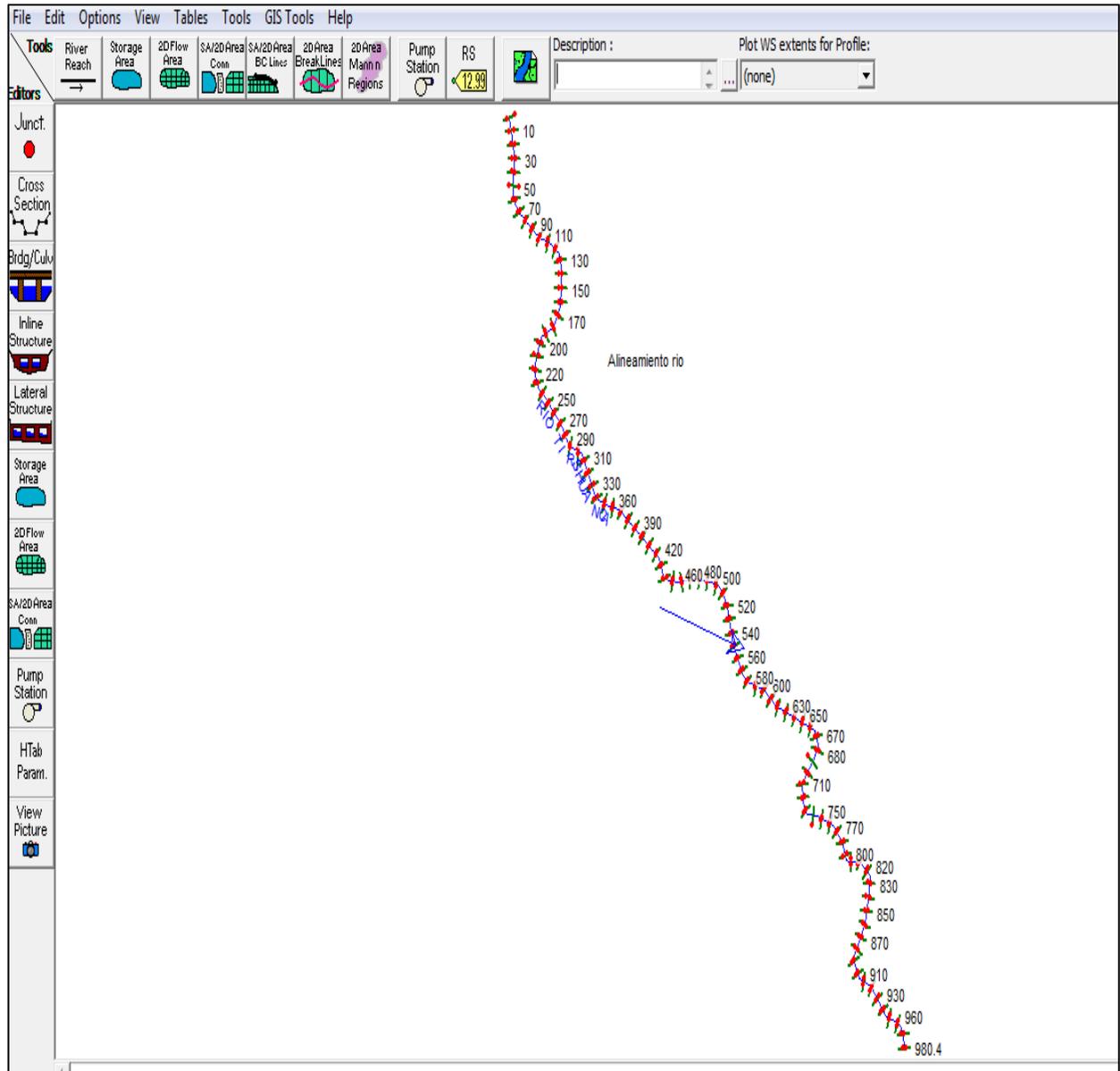


Figura N° 30: Se observa los datos geométricos de secciones y alineamiento del río Tirishuanca en HEC-RAS.

Fuente: Elaboración Propia

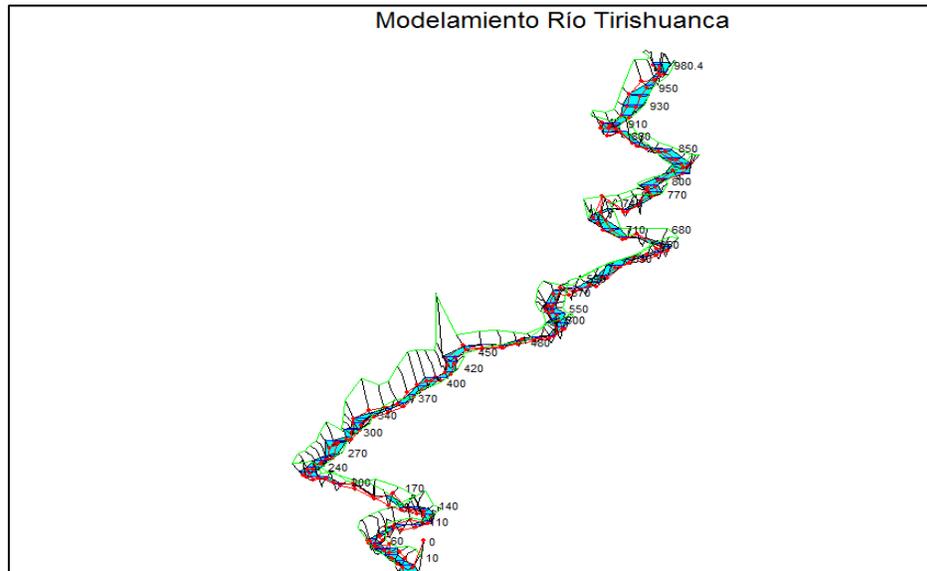


Figura N° 31: Modelo de simulación para periodo de retorno de 10 años

Fuente: Elaboración Propia

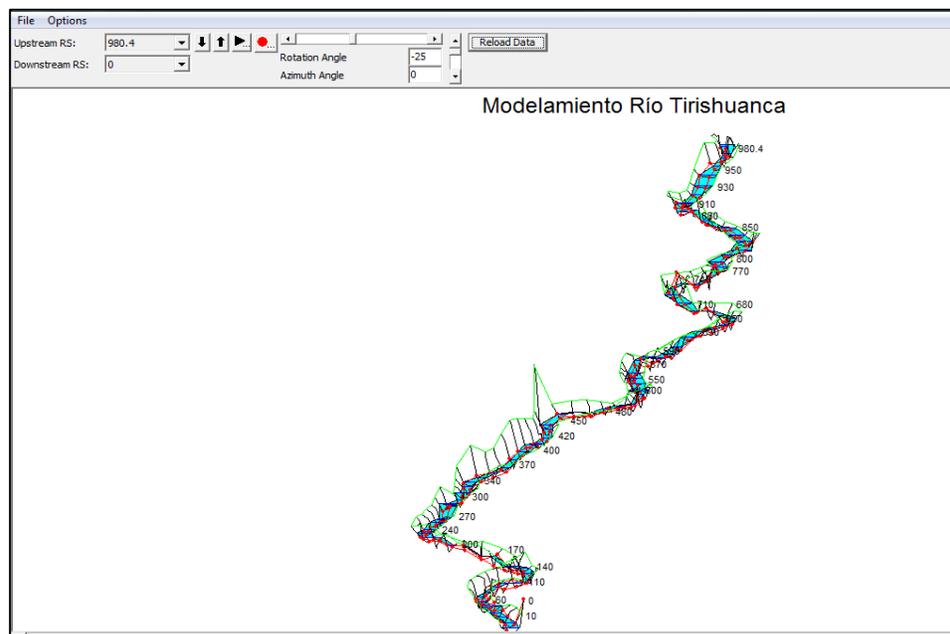


Figura N° 32: Modelo de simulación para periodo de retorno de 25 años

Fuente: Elaboración Propia

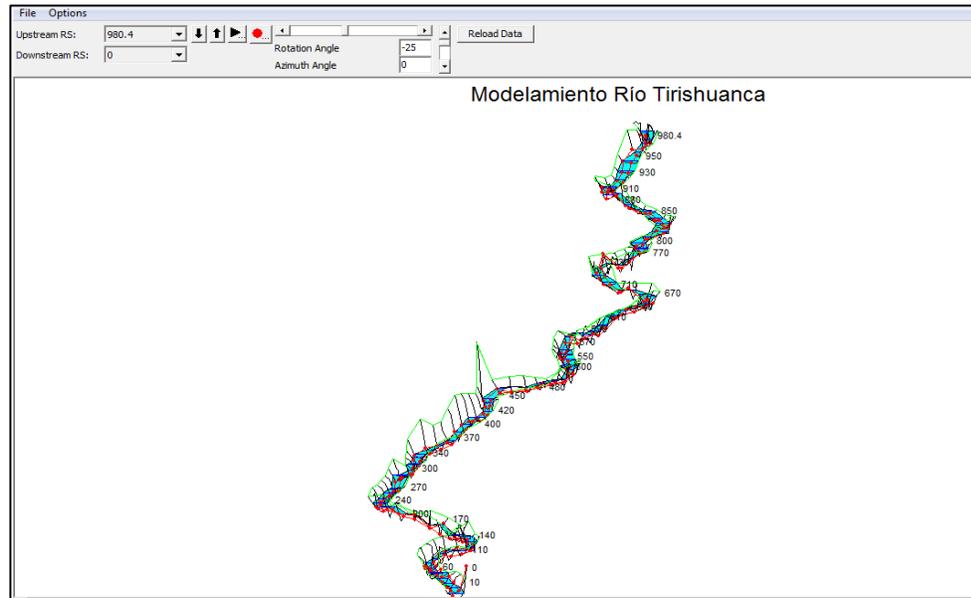


Figura N° 33: Modelo de simulación para periodo de retorno de 50 años

Fuente: Elaboración Propia

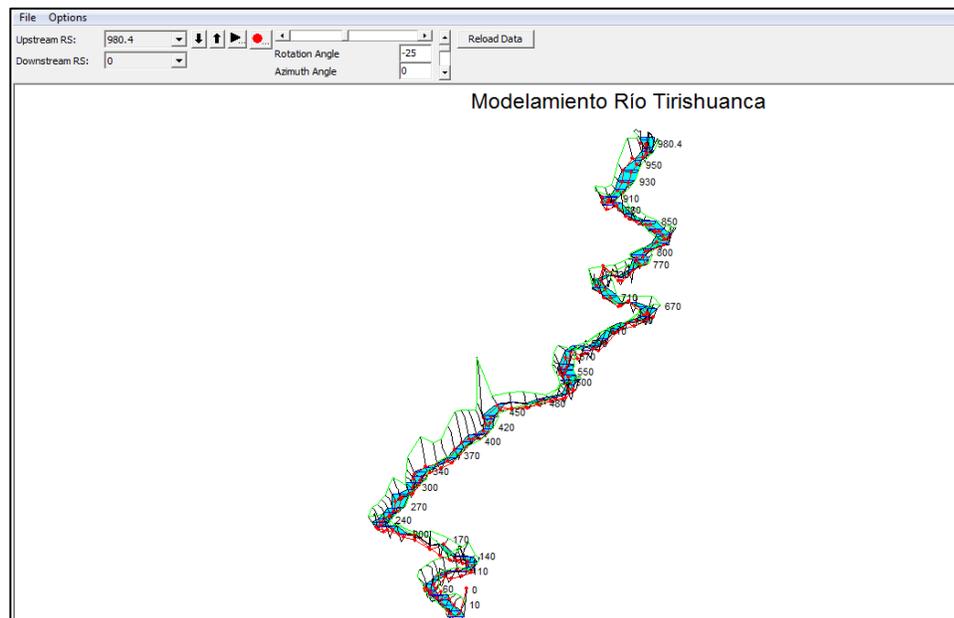


Figura N° 34: Modelo de simulación para periodo de retorno de 100 años

Fuente: Elaboración Propia

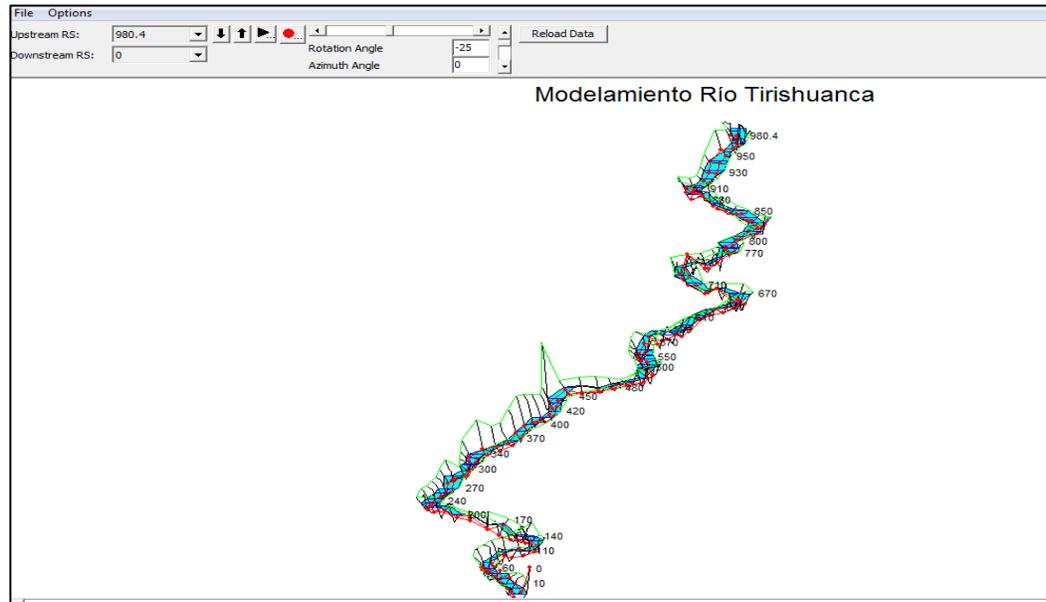


Figura N° 35: Modelo de simulación para periodo de retorno de 200 años

Fuente: Elaboración Propia

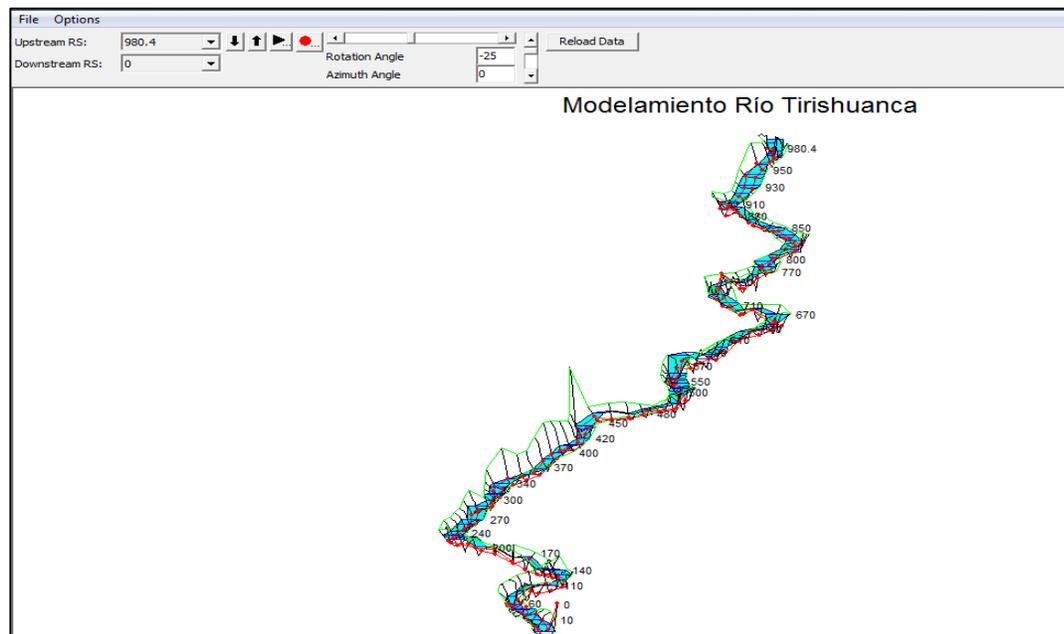


Figura N° 36: Modelo de simulación para periodo de retorno de 500 años

Fuente: Elaboración Propia



Tabla N°42: Características Hidráulicas del tramo (Tr=10 años)

Sección	Período de retorno	Caudal Total	Elevación de Cota mas profunda de la sección	Elevación del espejo de agua en la sección	Elevación de flujo critico	Pendiente	Velocidad promedio de flujo	Área Hidráulica	Espejo de agua	Número de froude	Perímetro mojado	Tirante Hidráulico en la sección
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)	(m)
979.56	Q1(Tr=10)	8.9	2299.01	2300.12	2300.12	0.017852	2.76	3.37	4.8	0.94	6.12	0.7
960	Q1(Tr=10)	8.9	2297.3	2298.23	2298.65	0.117156	5.36	1.7	3.58	2.25	4.17	0.48
940	Q1(Tr=10)	8.9	2295.89	2296.21	2296.41	0.136511	3.49	2.39	10.75	2.31	10.79	0.22
920	Q1(Tr=10)	8.9	2293.02	2293.5	2293.72	0.129867	3.98	2.29	8.84	2.34	8.92	0.26
900	Q1(Tr=10)	8.9	2291.64	2292.3	2292.44	0.044661	3.08	2.88	7.85	1.44	8.11	0.37
880	Q1(Tr=10)	8.9	2291.36	2291.46	2291.69	0.029744	0.62	2.64	7.66	0.85	8.38	0.34
860	Q1(Tr=10)	8.9	2288.88	2289.42	2289.71	0.225379	4.75	1.79	7.51	3	7.66	0.24
840	Q1(Tr=10)	8.9	2287.89	2288.23	2288.33	0.050531	2.67	3.35	12.51	1.49	12.77	0.27
820	Q1(Tr=10)	8.9	2286.54	2287.09	2287.24	0.053355	2.69	2.97	10.02	1.51	10.24	0.3
800	Q1(Tr=10)	8.9	2285.21	2285.5	2285.67	0.097884	2.87	2.63	12.82	1.94	13.19	0.21
780	Q1(Tr=10)	8.9	2283.29	2283.76	2283.96	0.073615	3.72	2.48	7.26	1.86	7.43	0.34
760	Q1(Tr=10)	8.9	2280.87	2282.21	2282.49	0.060891	4.11	2.17	3.16	1.53	4.23	0.69
740	Q1(Tr=10)	8.9	2280.31	2281.22	2281.43	0.050665	3.71	2.4	3.91	1.51	4.48	0.61
720	Q1(Tr=10)	8.9	2279.54	2280.09	2280.27	0.06903	3.55	2.62	8.25	1.78	8.35	0.32
700	Q1(Tr=10)	8.9	2277.47	2277.86	2278.08	0.135533	4.31	2.2	9.16	2.43	9.22	0.24
680	Q1(Tr=10)	8.9	2276	2276.89	2277.11	0.034495	3.29	2.85	6.03	1.31	6.39	0.47
660	Q1(Tr=10)	8.9	2275.05	2275.99	2276.18	0.04888	3.5	2.63	5.83	1.51	6.24	0.45
640	Q1(Tr=10)	8.9	2274.33	2274.97	2275.13	0.057346	3.44	2.74	8.21	1.64	8.38	0.33
620	Q1(Tr=10)	8.9	2272.46	2272.98	2273.23	0.121982	4.22	2.17	7.47	2.3	7.65	0.29



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



600	Q1(Tr=10)	8.9	2270.55	2271.39	2271.62	0.062985	3.81	2.43	6.13	1.71	6.43	0.4
580	Q1(Tr=10)	8.9	2269.15	2270.67	2270.76	0.03039	3.32	2.76	3.43	1.1	4.76	0.8
560	Q1(Tr=10)	8.9	2268.43	2269.27	2269.59	0.091831	4.26	2.1	4.97	2.03	5.26	0.42
540	Q1(Tr=10)	8.9	2267.25	2268.12	2268.31	0.050374	3.74	2.65	8.67	1.57	8.99	0.31
520	Q1(Tr=10)	8.9	2265.64	2266.14	2266.4	0.14173	3.99	2.02	7.43	2.42	7.52	0.27
500	Q1(Tr=10)	8.9	2264.35	2265.4	2265.52	0.029506	3.3	2.81	4.67	1.22	5.19	0.6
480	Q1(Tr=10)	8.9	2263.9	2264.6	2264.76	0.054653	3.27	2.76	7.64	1.6	8.11	0.36
460	Q1(Tr=10)	8.9	2263.37	2264.01	2264.08	0.02672	2.61	3.63	9.5	1.16	10.12	0.38
440	Q1(Tr=10)	8.9	2262	2262.38	2262.61	0.130379	4.23	2.17	7.82	2.37	7.96	0.28
420	Q1(Tr=10)	8.9	2259.76	2260.73	2261	0.06054	4.25	2.29	5.53	1.69	5.94	0.41
400	Q1(Tr=10)	8.9	2258.81	2259.78	2259.94	0.054614	3.4	2.74	7.07	1.56	8.11	0.39
380	Q1(Tr=10)	8.9	2256.68	2257.75	2258.08	0.101837	4.58	1.94	3.88	2.06	4.47	0.5
360	Q1(Tr=10)	8.9	2255.41	2255.96	2256.22	0.090582	4.2	2.16	5.58	2.06	5.76	0.39
340	Q1(Tr=10)	8.9	2254.14	2254.83	2255.02	0.050407	3.47	2.57	5.95	1.55	6.19	0.43
320	Q1(Tr=10)	8.9	2252.58	2253.31	2253.58	0.076636	4.31	2.18	5.7	1.94	5.89	0.38
300	Q1(Tr=10)	8.9	2251.51	2252.35	2252.55	0.04397	3.67	2.58	5.61	1.5	5.89	0.46
280	Q1(Tr=10)	8.9	2250.97	2251.72	2251.86	0.033026	2.76	3.23	10.35	1.27	10.69	0.31
260	Q1(Tr=10)	8.9	2248.5	2249.4	2249.83	0.134115	5.4	1.65	3.31	2.4	3.79	0.5
240	Q1(Tr=10)	8.9	2247.68	2248.46	2248.64	0.052137	3.55	2.74	8.07	1.59	8.29	0.34
220	Q1(Tr=10)	8.9	2246.72	2247.25	2247.44	0.068871	3.54	2.56	7.55	1.78	7.65	0.34
200	Q1(Tr=10)	8.9	2245.4	2246.34	2246.51	0.037824	3.17	2.9	6.37	1.35	6.69	0.46
180	Q1(Tr=10)	8.9	2244.22	2244.82	2245.08	0.091331	4.12	2.17	5.92	2.06	6.13	0.37
160	Q1(Tr=10)	8.9	2242.65	2243.32	2243.59	0.063749	4.18	2.2	4.71	1.79	5	0.47
140	Q1(Tr=10)	8.9	2242.36	2243.15	2243.17	0.018958	2.42	3.8	7.81	1	8.16	0.49
120	Q1(Tr=10)	8.9	2241.21	2241.58	2241.86	0.100012	3.92	2.04	5.72	2.12	6.19	0.36
100	Q1(Tr=10)	8.9	2239.92	2240.95	2241.07	0.030362	3.16	2.91	5.21	1.23	5.65	0.56
80	Q1(Tr=10)	8.9	2238.74	2239.86	2240.1	0.044823	4.08	2.26	3.22	1.47	4.1	0.7



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



60	Q1(Tr=10)	8.9	2237.87	2238.63	2238.9	0.078787	4.37	2.18	5.82	1.9	6.14	0.37
40	Q1(Tr=10)	8.9	2237.14	2237.94	2238.07	0.035623	3.1	3.35	12.4	1.32	12.83	0.27
20	Q1(Tr=10)	8.9	2235.69	2236.52	2236.76	0.076531	4.1	2.32	6.46	1.86	6.8	0.36
0	Q1(Tr=10)	8.9	2234.71	2235.1	2235.28	0.08178	3.39	2.69	9.42	1.89	9.48	0.29

Fuente: Elaboración propia en el software HEC-RAS

Tabla Nº43: Características Hidráulicas del tramo (Tr=25 años)

Sección	Período de retorno	Caudal Total	Elevación de Cota mas profunda de la sección	Elevación del espejo de agua en la sección	Elevación de flujo critico	Pendiente	Velocidad promedio de flujo	Área Hidráulica	Espejo de agua	Número de froude	Perímetro mojado	Tirante Hidráulico en la sección
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m)	(m)
979.56	Q2(Tr=25)	12	2299.01	2300.3	2300.3	0.016352	3	4.29	5.25	0.92	7.07	0.82
960	Q2(Tr=25)	12	2297.3	2298.36	2298.84	0.110113	5.72	2.21	4.48	2.22	5.24	0.49
940	Q2(Tr=25)	12	2295.89	2296.25	2296.5	0.151523	4.07	2.8	11.14	2.5	11.2	0.25
920	Q2(Tr=25)	12	2293.02	2293.56	2293.83	0.122263	4.37	2.84	9.55	2.34	9.63	0.3
900	Q2(Tr=25)	12	2291.64	2292.37	2292.56	0.046299	3.31	3.46	8.06	1.49	8.42	0.43
880	Q2(Tr=25)	12	2291.36	2291.57	2291.79	0.030033	0.95	3.55	10.16	0.95	11.04	0.35
860	Q2(Tr=25)	12	2288.88	2289.48	2289.82	0.199855	5.16	2.27	7.99	2.93	8.16	0.28
840	Q2(Tr=25)	12	2287.89	2288.27	2288.41	0.055525	3.05	3.92	12.74	1.6	13.05	0.31
820	Q2(Tr=25)	12	2286.54	2287.16	2287.33	0.049227	2.83	3.69	10.29	1.48	10.59	0.36
800	Q2(Tr=25)	12	2285.21	2285.54	2285.75	0.103494	3.3	3.18	13.46	2.05	13.88	0.24
780	Q2(Tr=25)	12	2283.29	2283.84	2284.08	0.069049	4.06	3.08	7.71	1.86	7.91	0.4
760	Q2(Tr=25)	12	2280.87	2282.39	2282.69	0.056242	4.41	2.76	3.55	1.51	4.75	0.78
740	Q2(Tr=25)	12	2280.31	2281.34	2281.61	0.055866	4.16	2.88	4.23	1.61	4.88	0.68
720	Q2(Tr=25)	12	2279.54	2280.16	2280.37	0.070919	3.88	3.16	8.53	1.84	8.7	0.37



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



700	Q2(Tr=25)	12	2277.47	2277.92	2278.17	0.129097	4.69	2.75	10.12	2.44	10.22	0.27
680	Q2(Tr=25)	12	2276	2276.99	2277.2	0.034879	3.65	3.55	7.99	1.35	8.47	0.44
660	Q2(Tr=25)	12	2275.05	2276.09	2276.32	0.047616	3.81	3.29	6.57	1.53	7.01	0.5
640	Q2(Tr=25)	12	2274.33	2275.03	2275.23	0.061036	3.8	3.28	8.51	1.71	8.74	0.39
620	Q2(Tr=25)	12	2272.46	2273.06	2273.34	0.110448	4.56	2.73	7.93	2.26	8.14	0.34
600	Q2(Tr=25)	12	2270.55	2271.48	2271.76	0.066072	4.23	2.99	6.88	1.79	7.21	0.43
580	Q2(Tr=25)	12	2269.15	2270.91	2270.98	0.025936	3.39	3.65	3.98	1.04	5.49	0.92
560	Q2(Tr=25)	12	2268.43	2269.36	2269.75	0.094579	4.78	2.54	5.47	2.12	5.79	0.47
540	Q2(Tr=25)	12	2267.25	2268.19	2268.42	0.054978	4.2	3.24	9.06	1.67	9.42	0.36
520	Q2(Tr=25)	12	2265.64	2266.21	2266.51	0.125667	4.34	2.56	7.9	2.36	8.01	0.32
500	Q2(Tr=25)	12	2264.35	2265.53	2265.71	0.028919	3.65	3.47	5.17	1.24	5.76	0.67
480	Q2(Tr=25)	12	2263.9	2264.66	2264.88	0.060491	3.65	3.3	8.15	1.7	8.74	0.4
460	Q2(Tr=25)	12	2263.37	2264.09	2264.18	0.027099	2.88	4.37	9.69	1.2	10.4	0.45
440	Q2(Tr=25)	12	2262	2262.45	2262.72	0.11536	4.47	2.74	7.98	2.29	8.21	0.34
420	Q2(Tr=25)	12	2259.76	2260.82	2261.16	0.062546	4.71	2.81	6.14	1.76	6.59	0.46
400	Q2(Tr=25)	12	2258.81	2259.86	2260.07	0.056804	3.77	3.36	7.82	1.62	8.99	0.43
380	Q2(Tr=25)	12	2256.68	2257.89	2258.28	0.09333	4.76	2.52	4.46	2.02	5.12	0.57
360	Q2(Tr=25)	12	2255.41	2256.04	2256.36	0.095943	4.68	2.61	6	2.16	6.21	0.43
340	Q2(Tr=25)	12	2254.14	2254.93	2255.16	0.051318	3.79	3.17	6.53	1.6	6.8	0.49
320	Q2(Tr=25)	12	2252.58	2253.4	2253.71	0.07234	4.69	2.74	6.27	1.94	6.49	0.44
300	Q2(Tr=25)	12	2251.51	2252.45	2252.7	0.045507	4.11	3.13	6.08	1.57	6.41	0.52
280	Q2(Tr=25)	12	2250.97	2251.78	2251.95	0.037341	3.17	3.87	10.71	1.38	11.07	0.36
260	Q2(Tr=25)	12	2248.5	2249.56	2250.11	0.104696	5.46	2.22	3.78	2.19	4.36	0.59
240	Q2(Tr=25)	12	2247.68	2248.51	2248.74	0.061237	4.12	3.2	8.6	1.75	8.83	0.37
220	Q2(Tr=25)	12	2246.72	2247.33	2247.55	0.065071	3.74	3.24	8.38	1.77	8.51	0.39
200	Q2(Tr=25)	12	2245.4	2246.44	2246.61	0.037948	3.47	3.66	7.95	1.39	8.31	0.46
180	Q2(Tr=25)	12	2244.22	2244.91	2245.21	0.082287	4.48	2.73	6.28	2.03	6.55	0.43



160	Q2(Tr=25)	12	2242.65	2243.42	2243.75	0.063971	4.67	2.68	5.05	1.84	5.39	0.53
140	Q2(Tr=25)	12	2242.36	2243.24	2243.25	0.019956	2.73	4.54	8.58	1.06	9.03	0.53
120	Q2(Tr=25)	12	2241.21	2241.68	2242	0.081493	4.2	2.63	5.8	1.99	6.42	0.45
100	Q2(Tr=25)	12	2239.92	2241.06	2241.23	0.032638	3.51	3.53	5.71	1.3	6.19	0.62
80	Q2(Tr=25)	12	2238.74	2240.07	2240.32	0.03638	4.29	2.96	3.59	1.37	4.68	0.82
60	Q2(Tr=25)	12	2237.87	2238.7	2239.03	0.088887	5	2.56	6.17	2.06	6.52	0.41
40	Q2(Tr=25)	12	2237.14	2237.99	2238.15	0.040411	3.51	4.01	12.75	1.43	13.23	0.31
20	Q2(Tr=25)	12	2235.69	2236.63	2236.86	0.067657	4.21	3.04	7.53	1.79	7.9	0.4
0	Q2(Tr=25)	12	2234.71	2235.15	2235.37	0.089552	3.82	3.21	10.09	2.01	10.16	0.32

Fuente: Elaboración propia en el software HEC-RAS

Tabla N°44: Características Hidráulicas del tramo (Tr=50 años)

Sección	Período de retorno	Caudal Total	Elevación de Cota mas profunda de la sección	Elevación del espejo de agua en la sección	Elevación de flujo crítico	Pendiente	Velocidad promedio de flujo	Área Hidráulica	Espejo de agua	Número de froude	Perímetro mojado	Tirante Hidráulico en la sección
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m)	(m)
979.56	Q3(Tr=50)	14.7	2299.01	2300.44	2300.44	0.015764	3.18	5.02	5.58	0.93	7.78	0.9
960	Q3(Tr=50)	14.7	2297.3	2298.44	2298.92	0.106857	5.97	2.63	5.12	2.22	6.01	0.51
940	Q3(Tr=50)	14.7	2295.89	2296.28	2296.57	0.157756	4.46	3.15	11.29	2.59	11.37	0.28
920	Q3(Tr=50)	14.7	2293.02	2293.61	2293.9	0.120023	4.68	3.27	10.07	2.36	10.16	0.32
900	Q3(Tr=50)	14.7	2291.64	2292.43	2292.65	0.047007	3.44	3.95	8.32	1.51	8.74	0.47
880	Q3(Tr=50)	14.7	2291.36	2291.63	2291.88	0.031118	1.24	4.21	10.94	1.02	11.91	0.38
860	Q3(Tr=50)	14.7	2288.88	2289.53	2289.9	0.180183	5.41	2.68	8.38	2.85	8.57	0.32
840	Q3(Tr=50)	14.7	2287.89	2288.31	2288.48	0.059315	3.35	4.37	12.91	1.67	13.26	0.34
820	Q3(Tr=50)	14.7	2286.54	2287.22	2287.41	0.047005	2.94	4.26	10.5	1.47	10.86	0.41



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



800	Q3(Tr=50)	14.7	2285.21	2285.57	2285.81	0.106337	3.61	3.6	13.59	2.12	14.05	0.26
780	Q3(Tr=50)	14.7	2283.29	2283.9	2284.16	0.066629	4.32	3.56	8.04	1.86	8.27	0.44
760	Q3(Tr=50)	14.7	2280.87	2282.52	2282.86	0.053343	4.61	3.25	3.78	1.49	5.11	0.86
740	Q3(Tr=50)	14.7	2280.31	2281.43	2281.76	0.059249	4.48	3.28	4.48	1.67	5.19	0.73
720	Q3(Tr=50)	14.7	2279.54	2280.21	2280.46	0.07248	4.13	3.58	8.66	1.88	8.88	0.41
700	Q3(Tr=50)	14.7	2277.47	2277.96	2278.24	0.126201	4.98	3.19	10.53	2.45	10.68	0.3
680	Q3(Tr=50)	14.7	2276	2277.08	2277.28	0.035101	3.95	4.35	9.77	1.39	10.38	0.45
660	Q3(Tr=50)	14.7	2275.05	2276.17	2276.43	0.045566	4.04	3.83	7.13	1.53	7.59	0.54
640	Q3(Tr=50)	14.7	2274.33	2275.08	2275.31	0.063463	4.06	3.7	8.62	1.77	8.9	0.43
620	Q3(Tr=50)	14.7	2272.46	2273.11	2273.43	0.105045	4.83	3.17	8.28	2.25	8.51	0.38
600	Q3(Tr=50)	14.7	2270.55	2271.54	2271.84	0.068039	4.53	3.44	7.44	1.84	7.78	0.46
580	Q3(Tr=50)	14.7	2269.15	2271.09	2271.14	0.02316	3.43	4.42	4.4	1	6.04	1
560	Q3(Tr=50)	14.7	2268.43	2269.42	2269.81	0.09402	5.16	2.91	5.85	2.15	6.2	0.5
540	Q3(Tr=50)	14.7	2267.25	2268.23	2268.5	0.059524	4.57	3.65	9.14	1.76	9.56	0.4
520	Q3(Tr=50)	14.7	2265.64	2266.26	2266.6	0.116247	4.6	3	8.22	2.32	8.36	0.37
500	Q3(Tr=50)	14.7	2264.35	2265.63	2265.84	0.028518	3.9	4.03	5.65	1.26	6.3	0.71
480	Q3(Tr=50)	14.7	2263.9	2264.72	2264.97	0.063288	3.97	3.72	8.53	1.77	9.2	0.44
460	Q3(Tr=50)	14.7	2263.37	2264.14	2264.26	0.028001	3.11	4.92	9.83	1.24	10.61	0.5
440	Q3(Tr=50)	14.7	2262	2262.51	2262.81	0.104343	4.61	3.23	8.11	2.22	8.42	0.4
420	Q3(Tr=50)	14.7	2259.76	2260.89	2261.25	0.06335	5.03	3.24	6.6	1.8	7.07	0.49
400	Q3(Tr=50)	14.7	2258.81	2259.92	2260.15	0.058713	4.04	3.85	8.36	1.67	9.63	0.46
380	Q3(Tr=50)	14.7	2256.68	2257.99	2258.43	0.085105	4.95	2.98	4.87	1.97	5.58	0.61
360	Q3(Tr=50)	14.7	2255.41	2256.09	2256.46	0.101858	5.07	2.95	6.3	2.25	6.52	0.47
340	Q3(Tr=50)	14.7	2254.14	2255	2255.26	0.052206	4.03	3.64	6.95	1.63	7.26	0.52
320	Q3(Tr=50)	14.7	2252.58	2253.47	2253.82	0.069692	4.96	3.2	6.72	1.94	6.96	0.48
300	Q3(Tr=50)	14.7	2251.51	2252.52	2252.81	0.046319	4.43	3.59	6.44	1.61	6.8	0.56
280	Q3(Tr=50)	14.7	2250.97	2251.82	2252.02	0.040771	3.49	4.33	10.91	1.46	11.3	0.4



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



260	Q3(Tr=50)	14.7	2248.5	2249.69	2250.24	0.090593	5.53	2.71	4.13	2.08	4.79	0.65
240	Q3(Tr=50)	14.7	2247.68	2248.55	2248.81	0.067959	4.54	3.56	8.99	1.87	9.24	0.4
220	Q3(Tr=50)	14.7	2246.72	2247.39	2247.63	0.062347	3.97	3.76	8.97	1.77	9.11	0.42
200	Q3(Tr=50)	14.7	2245.4	2246.51	2246.73	0.038958	3.7	4.22	8.31	1.42	8.7	0.51
180	Q3(Tr=50)	14.7	2244.22	2244.99	2245.32	0.074992	4.69	3.22	6.58	1.98	6.89	0.49
160	Q3(Tr=50)	14.7	2242.65	2243.49	2243.87	0.063451	5.01	3.09	5.31	1.87	5.7	0.58
140	Q3(Tr=50)	14.7	2242.36	2243.31	2243.42	0.022881	3.1	5.13	9.78	1.15	10.29	0.52
120	Q3(Tr=50)	14.7	2241.21	2241.77	2242.11	0.069194	4.36	3.15	5.88	1.89	6.62	0.54
100	Q3(Tr=50)	14.7	2239.92	2241.13	2241.34	0.034421	3.84	3.97	6.03	1.35	6.55	0.66
80	Q3(Tr=50)	14.7	2238.74	2240.22	2240.49	0.032443	4.46	3.54	3.88	1.33	5.11	0.91
60	Q3(Tr=50)	14.7	2237.87	2238.75	2239.13	0.093279	5.42	2.89	6.46	2.13	6.83	0.45
40	Q3(Tr=50)	14.7	2237.14	2238.03	2238.22	0.044527	3.83	4.49	13	1.52	13.52	0.35
20	Q3(Tr=50)	14.7	2235.69	2236.7	2236.95	0.063302	4.31	3.64	8.3	1.75	8.69	0.44
0	Q3(Tr=50)	14.7	2234.71	2235.2	2235.43	0.093537	4.12	3.65	10.62	2.09	10.7	0.34

Fuente: Elaboración propia en el software HEC-RAS

Tabla N°45: Características Hidráulicas del tramo (Tr=100 años)

Sección	Período de retorno	Caudal Total	Elevación de Cota mas profunda de la sección	Elevación del espejo de agua en la sección	Elevación de flujo crítico	Pendiente	Velocidad promedio de flujo	Área Hidráulica	Espejo de agua	Número de froude	Perímetro mojado	Tirante Hidráulico en la sección
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m)	(m)
979.56	Q4(Tr=100)	17.8	2299.01	2300.58	2300.58	0.015064	3.36	5.86	5.94	0.92	8.54	0.99
960	Q4(Tr=100)	17.8	2297.3	2298.53	2299.01	0.105719	6.24	3.08	5.73	2.23	6.73	0.54
940	Q4(Tr=100)	17.8	2295.89	2296.32	2296.64	0.159908	4.82	3.53	11.4	2.66	11.52	0.31
920	Q4(Tr=100)	17.8	2293.02	2293.65	2293.97	0.120205	5.01	3.72	10.58	2.41	10.68	0.35



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



900	Q4(Tr=100)	17.8	2291.64	2292.49	2292.75	0.047375	3.56	4.48	8.6	1.53	9.09	0.52
880	Q4(Tr=100)	17.8	2291.36	2291.68	2291.95	0.032787	1.58	4.84	11.01	1.11	12.06	0.44
860	Q4(Tr=100)	17.8	2288.88	2289.59	2289.98	0.16258	5.64	3.15	8.81	2.77	9.01	0.36
840	Q4(Tr=100)	17.8	2287.89	2288.34	2288.55	0.063306	3.66	4.83	13.09	1.75	13.48	0.37
820	Q4(Tr=100)	17.8	2286.54	2287.27	2287.49	0.045497	3.14	4.84	10.71	1.48	11.14	0.45
800	Q4(Tr=100)	17.8	2285.21	2285.61	2285.88	0.107739	3.9	4.06	13.74	2.17	14.23	0.3
780	Q4(Tr=100)	17.8	2283.29	2283.96	2284.28	0.064947	4.58	4.08	8.39	1.87	8.65	0.49
760	Q4(Tr=100)	17.8	2280.87	2282.66	2283.1	0.049333	4.83	3.78	4.02	1.46	5.48	0.94
740	Q4(Tr=100)	17.8	2280.31	2281.52	2281.89	0.063348	4.83	3.69	4.73	1.74	5.49	0.78
720	Q4(Tr=100)	17.8	2279.54	2280.26	2280.55	0.073391	4.37	4.04	8.79	1.92	9.07	0.46
700	Q4(Tr=100)	17.8	2277.47	2278	2278.32	0.123999	5.25	3.63	10.67	2.47	10.87	0.34
680	Q4(Tr=100)	17.8	2276	2277.14	2277.36	0.036469	4.21	4.91	9.87	1.43	10.55	0.5
660	Q4(Tr=100)	17.8	2275.05	2276.26	2276.53	0.042792	4.22	4.48	7.73	1.51	8.23	0.58
640	Q4(Tr=100)	17.8	2274.33	2275.13	2275.43	0.064137	4.27	4.18	8.73	1.8	9.09	0.48
620	Q4(Tr=100)	17.8	2272.46	2273.17	2273.52	0.101766	5.12	3.64	8.63	2.25	8.89	0.42
600	Q4(Tr=100)	17.8	2270.55	2271.61	2271.92	0.069717	4.81	3.93	8	1.88	8.37	0.49
580	Q4(Tr=100)	17.8	2269.15	2271.27	2271.3	0.020372	3.53	5.23	4.84	0.96	6.62	1.08
560	Q4(Tr=100)	17.8	2268.43	2269.49	2269.93	0.093447	5.53	3.33	6.52	2.18	6.89	0.51
540	Q4(Tr=100)	17.8	2267.25	2268.28	2268.59	0.064021	4.95	4.06	9.22	1.84	9.69	0.44
520	Q4(Tr=100)	17.8	2265.64	2266.32	2266.69	0.109385	4.87	3.48	8.56	2.3	8.72	0.41
500	Q4(Tr=100)	17.8	2264.35	2265.74	2265.98	0.028232	4.15	4.64	6.13	1.27	6.84	0.76
480	Q4(Tr=100)	17.8	2263.9	2264.77	2265.04	0.064624	4.29	4.19	8.93	1.82	9.7	0.47
460	Q4(Tr=100)	17.8	2263.37	2264.2	2264.34	0.029159	3.36	5.48	9.97	1.28	10.82	0.55
440	Q4(Tr=100)	17.8	2262	2262.57	2262.9	0.095201	4.75	3.76	8.26	2.16	8.64	0.46
420	Q4(Tr=100)	17.8	2259.76	2260.96	2261.34	0.064145	5.34	3.71	7.06	1.83	7.56	0.53
400	Q4(Tr=100)	17.8	2258.81	2259.98	2260.24	0.060698	4.31	4.38	8.91	1.72	10.28	0.49
380	Q4(Tr=100)	17.8	2256.68	2258.09	2258.54	0.078462	5.13	3.5	5.3	1.93	6.06	0.66



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



360	Q4(Tr=100)	17.8	2255.41	2256.16	2256.58	0.104553	5.4	3.35	6.63	2.31	6.88	0.51
340	Q4(Tr=100)	17.8	2254.14	2255.07	2255.36	0.053598	4.28	4.14	7.38	1.67	7.71	0.56
320	Q4(Tr=100)	17.8	2252.58	2253.54	2253.92	0.067558	5.23	3.7	7.17	1.94	7.43	0.52
300	Q4(Tr=100)	17.8	2251.51	2252.59	2252.89	0.046888	4.74	4.09	6.81	1.64	7.21	0.6
280	Q4(Tr=100)	17.8	2250.97	2251.87	2252.08	0.044137	3.81	4.81	10.97	1.54	11.42	0.44
260	Q4(Tr=100)	17.8	2248.5	2249.81	2250.33	0.077445	5.65	3.24	4.63	1.97	5.36	0.7
240	Q4(Tr=100)	17.8	2247.68	2248.59	2248.9	0.077023	5.03	3.89	9.34	2.01	9.6	0.42
220	Q4(Tr=100)	17.8	2246.72	2247.45	2247.71	0.060531	4.21	4.32	9.48	1.77	9.64	0.46
200	Q4(Tr=100)	17.8	2245.4	2246.58	2246.81	0.040103	3.93	4.81	8.68	1.46	9.09	0.55
180	Q4(Tr=100)	17.8	2244.22	2245.07	2245.43	0.068881	4.91	3.76	6.9	1.94	7.25	0.54
160	Q4(Tr=100)	17.8	2242.65	2243.58	2243.99	0.062356	5.33	3.54	5.6	1.88	6.03	0.63
140	Q4(Tr=100)	17.8	2242.36	2243.35	2243.51	0.026717	3.48	5.55	10.1	1.25	10.62	0.55
120	Q4(Tr=100)	17.8	2241.21	2241.88	2242.23	0.058792	4.51	3.75	5.96	1.8	6.84	0.63
100	Q4(Tr=100)	17.8	2239.92	2241.21	2241.47	0.036034	4.17	4.45	6.37	1.4	6.92	0.7
80	Q4(Tr=100)	17.8	2238.74	2240.38	2240.65	0.029632	4.65	4.18	4.17	1.3	5.56	1
60	Q4(Tr=100)	17.8	2237.87	2238.81	2239.23	0.095575	5.79	3.27	6.78	2.19	7.17	0.48
40	Q4(Tr=100)	17.8	2237.14	2238.07	2238.28	0.049084	4.17	4.97	13.24	1.61	13.8	0.38
20	Q4(Tr=100)	17.8	2235.69	2236.77	2237.04	0.059491	4.39	4.24	8.51	1.72	8.98	0.5
0	Q4(Tr=100)	17.8	2234.71	2235.24	2235.51	0.096412	4.4	4.13	11.18	2.14	11.27	0.37

Fuente: Elaboración propia en el software HEC-RAS



Tabla N°46: Características Hidráulicas del tramo (Tr=200 años)

Sección	Período de retorno	Caudal Total	Elevación de Cota mas profunda de la sección	Elevación del espejo de agua en la sección	Elevación de flujo crítico	Pendiente	Velocidad promedio de flujo	Área Hidráulica	Espejo de agua	Número de froude	Perímetro mojado	Tirante Hidráulico en la sección
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m)	(m)
979.56	Q5 (Tr=200)	21.3	2299.01	2300.73	2300.73	0.014485	3.53	6.78	6.31	0.92	9.31	1.07
960	Q5 (Tr=200)	21.3	2297.3	2298.61	2299.09	0.105133	6.5	3.57	6.32	2.24	7.43	0.57
940	Q5 (Tr=200)	21.3	2295.89	2296.35	2296.72	0.160035	5.16	3.95	11.51	2.71	11.67	0.34
920	Q5 (Tr=200)	21.3	2293.02	2293.69	2294.05	0.121348	5.36	4.18	11.09	2.46	11.2	0.38
900	Q5 (Tr=200)	21.3	2291.64	2292.56	2292.88	0.047604	3.68	5.06	8.88	1.55	9.44	0.57
880	Q5 (Tr=200)	21.3	2291.36	2291.74	2292.04	0.0346	1.91	5.47	11.08	1.19	12.21	0.49
860	Q5 (Tr=200)	21.3	2288.88	2289.64	2290.07	0.148391	5.86	3.67	9.25	2.7	9.47	0.4
840	Q5 (Tr=200)	21.3	2287.89	2288.38	2288.63	0.067106	3.97	5.31	13.27	1.83	13.7	0.4
820	Q5 (Tr=200)	21.3	2286.54	2287.33	2287.58	0.044259	3.35	5.47	10.93	1.49	11.42	0.5
800	Q5 (Tr=200)	21.3	2285.21	2285.64	2285.94	0.108485	4.19	4.55	13.9	2.22	14.43	0.33
780	Q5 (Tr=200)	21.3	2283.29	2284.02	2284.39	0.06361	4.85	4.63	8.75	1.88	9.03	0.53
760	Q5 (Tr=200)	21.3	2280.87	2282.8	2283.34	0.045722	5.04	4.37	4.27	1.44	5.85	1.02
740	Q5 (Tr=200)	21.3	2280.31	2281.61	2282.04	0.065877	5.13	4.16	4.99	1.79	5.82	0.83
720	Q5 (Tr=200)	21.3	2279.54	2280.31	2280.65	0.075124	4.65	4.5	8.92	1.96	9.26	0.5
700	Q5 (Tr=200)	21.3	2277.47	2278.05	2278.41	0.1219	5.53	4.09	10.81	2.48	11.06	0.38
680	Q5 (Tr=200)	21.3	2276	2277.19	2277.44	0.037842	4.47	5.48	9.97	1.47	10.72	0.55
660	Q5 (Tr=200)	21.3	2275.05	2276.34	2276.64	0.04121	4.43	5.15	8.32	1.5	8.84	0.62
640	Q5 (Tr=200)	21.3	2274.33	2275.2	2275.53	0.063541	4.46	4.71	8.86	1.81	9.29	0.53
620	Q5 (Tr=200)	21.3	2272.46	2273.22	2273.62	0.0998	5.42	4.13	8.98	2.27	9.26	0.46



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



600	Q5 (Tr=200)	21.3	2270.55	2271.67	2272.01	0.071344	5.09	4.46	8.56	1.93	8.95	0.52
580	Q5 (Tr=200)	21.3	2269.15	2271.45	2271.5	0.017918	3.6	6.23	5.85	0.92	7.72	1.06
560	Q5 (Tr=200)	21.3	2268.43	2269.56	2269.99	0.092856	5.9	3.83	7.99	2.21	8.38	0.48
540	Q5 (Tr=200)	21.3	2267.25	2268.33	2268.69	0.067622	5.3	4.51	9.31	1.91	9.84	0.48
520	Q5 (Tr=200)	21.3	2265.64	2266.38	2266.77	0.104907	5.16	3.97	8.9	2.3	9.09	0.45
500	Q5 (Tr=200)	21.3	2264.35	2265.84	2266.11	0.028167	4.4	5.29	6.61	1.29	7.38	0.8
480	Q5 (Tr=200)	21.3	2263.9	2264.83	2265.16	0.065182	4.6	4.72	9.37	1.86	10.23	0.5
460	Q5 (Tr=200)	21.3	2263.37	2264.26	2264.43	0.030317	3.61	6.07	10.12	1.32	11.03	0.6
440	Q5 (Tr=200)	21.3	2262	2262.64	2263	0.087948	4.9	4.34	8.41	2.11	8.88	0.52
420	Q5 (Tr=200)	21.3	2259.76	2261.03	2261.43	0.064674	5.65	4.21	7.52	1.86	8.05	0.56
400	Q5 (Tr=200)	21.3	2258.81	2260.04	2260.33	0.062099	4.61	4.91	9.07	1.76	10.51	0.54
380	Q5 (Tr=200)	21.3	2256.68	2258.19	2258.63	0.074139	5.33	4.08	6.15	1.91	6.95	0.66
360	Q5 (Tr=200)	21.3	2255.41	2256.22	2256.69	0.104101	5.74	3.78	6.97	2.34	7.24	0.54
340	Q5 (Tr=200)	21.3	2254.14	2255.13	2255.46	0.055958	4.55	4.65	7.78	1.72	8.13	0.6
320	Q5 (Tr=200)	21.3	2252.58	2253.61	2254.01	0.065722	5.49	4.24	7.63	1.94	7.92	0.56
300	Q5 (Tr=200)	21.3	2251.51	2252.67	2253.06	0.047242	5.04	4.62	7.19	1.67	7.63	0.64
280	Q5 (Tr=200)	21.3	2250.97	2251.91	2252.17	0.047501	4.14	5.31	11.06	1.62	11.56	0.48
260	Q5 (Tr=200)	21.3	2248.5	2249.93	2250.42	0.068238	5.79	3.85	5.7	1.89	6.47	0.68
240	Q5 (Tr=200)	21.3	2247.68	2248.63	2248.99	0.084887	5.49	4.26	9.55	2.13	9.83	0.45
220	Q5 (Tr=200)	21.3	2246.72	2247.51	2247.8	0.060286	4.48	4.89	9.89	1.8	10.07	0.49
200	Q5 (Tr=200)	21.3	2245.4	2246.66	2246.89	0.040673	4.14	5.47	9.3	1.48	9.74	0.59
180	Q5 (Tr=200)	21.3	2244.22	2245.15	2245.55	0.064045	5.12	4.34	7.22	1.91	7.62	0.6
160	Q5 (Tr=200)	21.3	2242.65	2243.66	2244.13	0.060932	5.63	4.03	5.89	1.89	6.37	0.68
140	Q5 (Tr=200)	21.3	2242.36	2243.39	2243.61	0.030543	3.86	6.01	10.43	1.35	10.96	0.58
120	Q5 (Tr=200)	21.3	2241.21	2241.98	2242.35	0.051598	4.68	4.39	6.04	1.73	7.08	0.73
100	Q5 (Tr=200)	21.3	2239.92	2241.29	2241.59	0.03776	4.5	4.95	6.7	1.46	7.29	0.74
80	Q5 (Tr=200)	21.3	2238.74	2240.54	2240.81	0.027793	4.85	4.84	4.38	1.28	5.94	1.11



60	Q5 (Tr=200)	21.3	2237.87	2238.87	2239.32	0.09623	6.14	3.69	7.12	2.23	7.54	0.52
40	Q5 (Tr=200)	21.3	2237.14	2238.1	2238.34	0.053701	4.52	5.46	13.49	1.7	14.09	0.4
20	Q5 (Tr=200)	21.3	2235.69	2236.84	2237.14	0.056141	4.49	4.86	8.67	1.69	9.23	0.56
0	Q5 (Tr=200)	21.3	2234.71	2235.29	2235.59	0.099035	4.68	4.64	11.68	2.2	11.77	0.4

Fuente: Elaboración propia en el software HEC-RAS

Tabla N°47: Características Hidráulicas del tramo (Tr=500 años)

Sección	Período de retorno	Caudal Total	Elevación de Cota mas profunda de la sección	Elevación del espejo de agua en la sección	Elevación de flujo crítico	Pendiente	Velocidad promedio de flujo	Área Hidráulica	Espejo de agua	Número de froude	Perímetro mojado	Tirante Hidráulico en la sección
		(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m)	(m)
979.56	Q6 (Tr=500)	26.6	2299.01	2300.95	2300.95	0.01355	3.73	8.18	6.84	0.91	10.42	1.2
960	Q6 (Tr=500)	26.6	2297.3	2298.73	2299.21	0.103711	6.84	4.39	8.85	2.26	10.13	0.5
940	Q6 (Tr=500)	26.6	2295.89	2296.4	2296.84	0.160597	5.63	4.53	11.67	2.77	11.89	0.39
920	Q6 (Tr=500)	26.6	2293.02	2293.75	2294.16	0.123535	5.83	4.84	11.77	2.53	11.89	0.41
900	Q6 (Tr=500)	26.6	2291.64	2292.65	2293	0.047922	3.86	5.88	9.27	1.57	9.93	0.63
880	Q6 (Tr=500)	26.6	2291.36	2291.82	2292.16	0.037015	2.34	6.32	11.18	1.28	12.41	0.57
860	Q6 (Tr=500)	26.6	2288.88	2289.72	2290.19	0.13369	6.15	4.41	9.86	2.63	10.09	0.45
840	Q6 (Tr=500)	26.6	2287.89	2288.43	2288.73	0.071474	4.38	5.99	13.52	1.92	14	0.44
820	Q6 (Tr=500)	26.6	2286.54	2287.41	2287.7	0.043024	3.63	6.35	11.23	1.5	11.81	0.57
800	Q6 (Tr=500)	26.6	2285.21	2285.69	2286.05	0.106482	4.54	5.27	14	2.25	14.61	0.38
780	Q6 (Tr=500)	26.6	2283.29	2284.11	2284.52	0.063002	5.22	5.4	9.22	1.91	9.54	0.59
760	Q6 (Tr=500)	26.6	2280.87	2282.99	2283.52	0.042314	5.31	5.32	5.93	1.41	7.77	0.9
740	Q6 (Tr=500)	26.6	2280.31	2281.75	2282.24	0.067221	5.46	4.87	5.37	1.83	6.29	0.91
720	Q6 (Tr=500)	26.6	2279.54	2280.38	2280.78	0.076472	5.07	5.13	9.09	2.02	9.52	0.56



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



700	Q6 (Tr=500)	26.6	2277.47	2278.1	2278.52	0.12083	5.92	4.73	11.01	2.52	11.32	0.43
680	Q6 (Tr=500)	26.6	2276	2277.27	2277.56	0.039898	4.84	6.24	10.1	1.53	10.95	0.62
660	Q6 (Tr=500)	26.6	2275.05	2276.45	2276.8	0.040236	4.73	6.09	9.08	1.51	9.63	0.67
640	Q6 (Tr=500)	26.6	2274.33	2275.28	2275.69	0.061482	4.67	5.5	9.05	1.8	9.59	0.61
620	Q6 (Tr=500)	26.6	2272.46	2273.3	2273.73	0.098041	5.82	4.83	9.46	2.29	9.77	0.51
600	Q6 (Tr=500)	26.6	2270.55	2271.75	2272.15	0.073689	5.46	5.2	9.29	1.98	9.71	0.56
580	Q6 (Tr=500)	26.6	2269.15	2271.71	2271.72	0.015462	3.7	7.92	7.76	0.88	9.72	1.02
560	Q6 (Tr=500)	26.6	2268.43	2269.65	2270.15	0.092697	6.35	4.6	9.81	2.25	10.22	0.47
540	Q6 (Tr=500)	26.6	2267.25	2268.4	2268.8	0.070038	5.71	5.18	9.79	1.97	10.44	0.53
520	Q6 (Tr=500)	26.6	2265.64	2266.45	2266.9	0.101069	5.55	4.66	9.35	2.31	9.57	0.5
500	Q6 (Tr=500)	26.6	2264.35	2265.97	2266.37	0.028342	4.74	6.2	7.23	1.32	8.07	0.86
480	Q6 (Tr=500)	26.6	2263.9	2264.91	2265.28	0.065246	4.99	5.5	9.97	1.89	10.97	0.55
460	Q6 (Tr=500)	26.6	2263.37	2264.34	2264.56	0.031632	3.95	6.91	10.32	1.37	11.33	0.67
440	Q6 (Tr=500)	26.6	2262	2262.74	2263.14	0.080795	5.12	5.16	8.63	2.06	9.21	0.6
420	Q6 (Tr=500)	26.6	2259.76	2261.12	2261.54	0.064954	6.04	5.03	9.32	1.9	9.89	0.54
400	Q6 (Tr=500)	26.6	2258.81	2260.12	2260.46	0.063483	5	5.61	9.16	1.82	10.71	0.61
380	Q6 (Tr=500)	26.6	2256.68	2258.31	2258.76	0.072068	5.64	4.91	7.52	1.91	8.36	0.65
360	Q6 (Tr=500)	26.6	2255.41	2256.31	2256.85	0.099391	6.15	4.43	7.45	2.34	7.76	0.59
340	Q6 (Tr=500)	26.6	2254.14	2255.22	2255.59	0.059846	4.94	5.33	8.29	1.8	8.68	0.64
320	Q6 (Tr=500)	26.6	2252.58	2253.71	2254.22	0.064417	5.86	5.01	8.24	1.96	8.55	0.61
300	Q6 (Tr=500)	26.6	2251.51	2252.77	2253.25	0.047508	5.43	5.39	7.6	1.71	8.09	0.71
280	Q6 (Tr=500)	26.6	2250.97	2251.97	2252.27	0.051676	4.59	6.01	11.26	1.71	11.83	0.53
260	Q6 (Tr=500)	26.6	2248.5	2250.07	2250.54	0.061944	6.04	4.81	8.53	1.84	9.37	0.56
240	Q6 (Tr=500)	26.6	2247.68	2248.69	2249.12	0.089716	5.97	4.83	9.65	2.22	10.01	0.5
220	Q6 (Tr=500)	26.6	2246.72	2247.58	2247.92	0.061713	4.87	5.62	10.29	1.85	10.52	0.55
200	Q6 (Tr=500)	26.6	2245.4	2246.75	2247.02	0.04189	4.42	6.34	9.64	1.52	10.18	0.66
180	Q6 (Tr=500)	26.6	2244.22	2245.27	2245.7	0.058506	5.4	5.2	7.68	1.87	8.14	0.68



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



160	Q6 (Tr=500)	26.6	2242.65	2243.78	2244.3	0.058747	6.01	4.76	6.3	1.9	6.84	0.76
140	Q6 (Tr=500)	26.6	2242.36	2243.46	2243.72	0.035362	4.36	6.68	10.88	1.47	11.44	0.61
120	Q6 (Tr=500)	26.6	2241.21	2242.13	2242.52	0.045053	4.93	5.3	6.17	1.66	7.41	0.86
100	Q6 (Tr=500)	26.6	2239.92	2241.39	2241.77	0.039935	4.95	5.66	7.15	1.52	7.79	0.79
80	Q6 (Tr=500)	26.6	2238.74	2240.75	2241.05	0.025708	5.11	5.81	4.56	1.26	6.41	1.27
60	Q6 (Tr=500)	26.6	2237.87	2238.95	2239.48	0.096514	6.58	4.3	7.58	2.27	8.04	0.57
40	Q6 (Tr=500)	26.6	2237.14	2238.15	2238.44	0.059718	4.98	6.13	13.82	1.81	14.47	0.44
20	Q6 (Tr=500)	26.6	2235.69	2236.94	2237.28	0.051958	4.71	5.72	8.9	1.66	9.58	0.64
0	Q6 (Tr=500)	26.6	2234.71	2235.34	2235.69	0.102237	5.07	5.31	11.94	2.27	12.07	0.44

Fuente: Elaboración propia en el software HEC-RA



- **Zonas y Áreas de Inundaciones.**

Identificar las Zonas de Inundaciones es el fin de la presente tesis, mediante la Modelación Hidráulica se pudo identificar las zonas de inundaciones del tramo en estudio del río Tirishuanca en el sector comprendido entre el Malecón Molino y el barrio los Ulcumanos en la Localidad de Molino, con la Modelación Hidráulica también se determinó las áreas de inundaciones.

Asimismo, cabe recalcar que la Modelación Hidráulica para obtener los tramos y áreas inundables se realizó para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200, 500 años respectivamente, se esta manera se puede observar que casi todo el tramo de rio sufrirán desbordes por lo tanto inundaciones

A través del programa lamina se exportan los resultados de la modelación Hidráulica de HEC-RAS a AutoCAD civil 3D en formato DXF.

En las siguientes figuras se muestran las zonas de inundación para diferentes periodos de retorno:

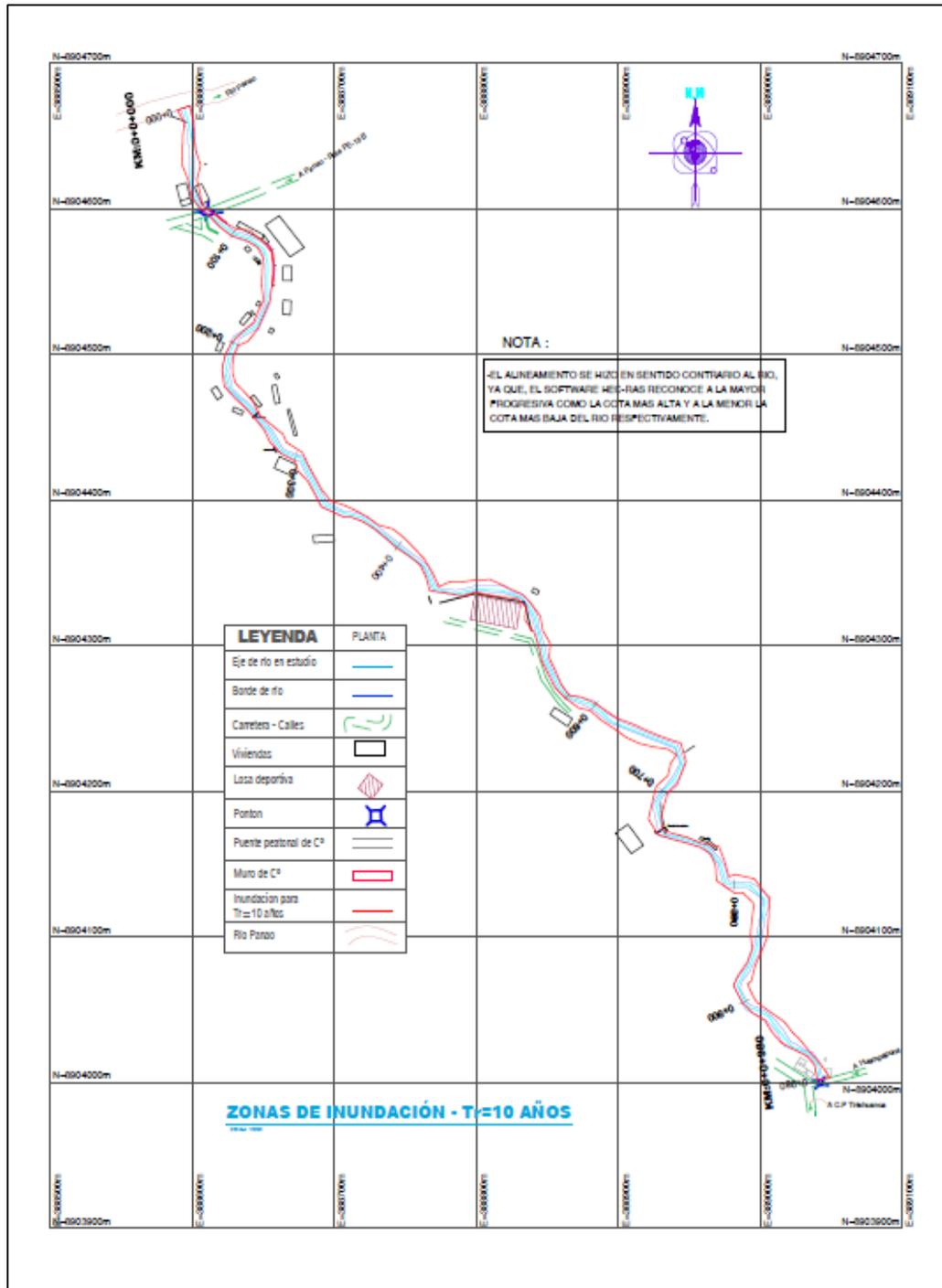


Figura N° 37: Zonas y áreas de Inundación para tr= 10 años

Fuente: Elaboración Propia

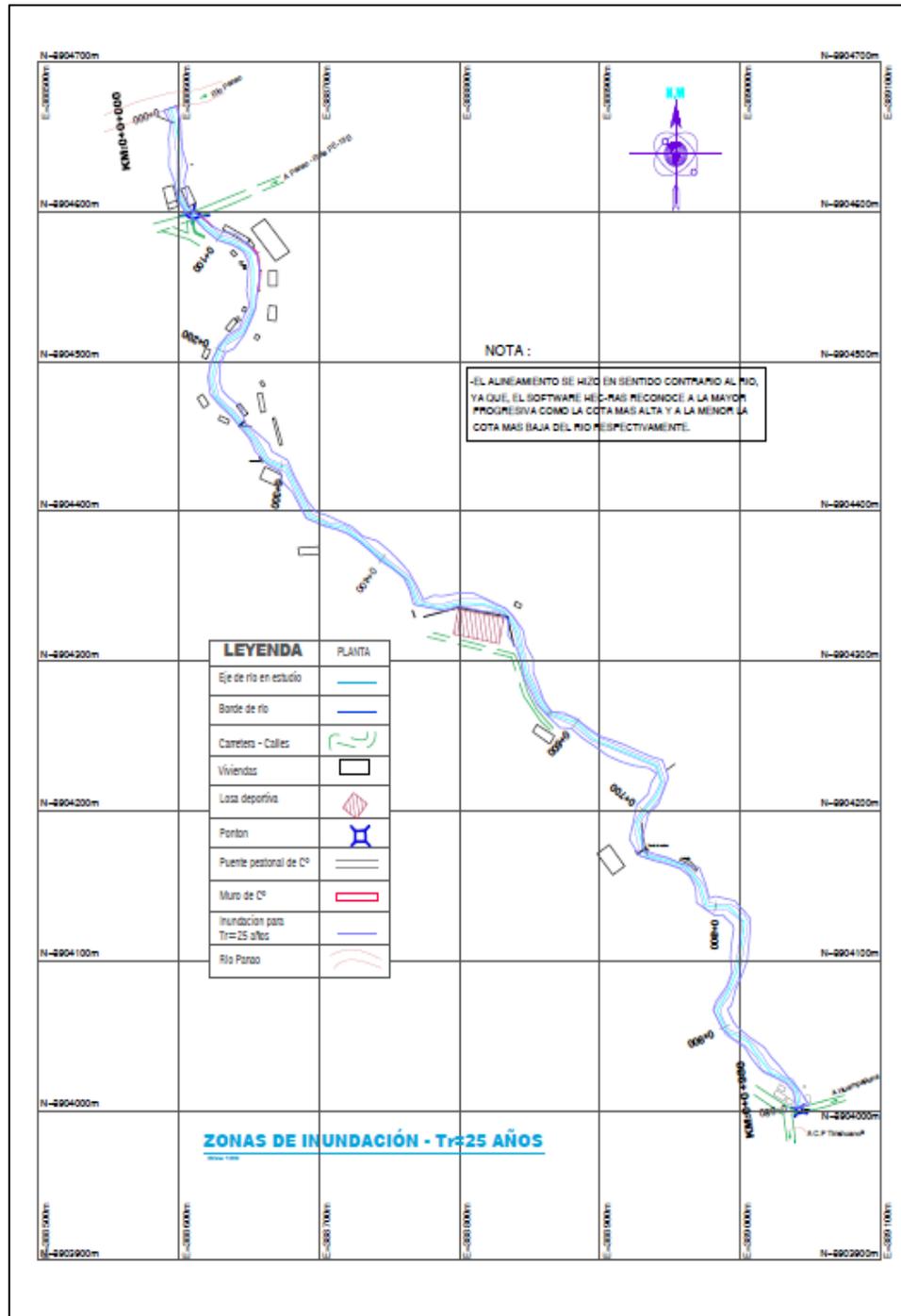


Figura N° 38: Zonas y áreas de Inundación para tr= 25 años

Fuente: Elaboración Propia

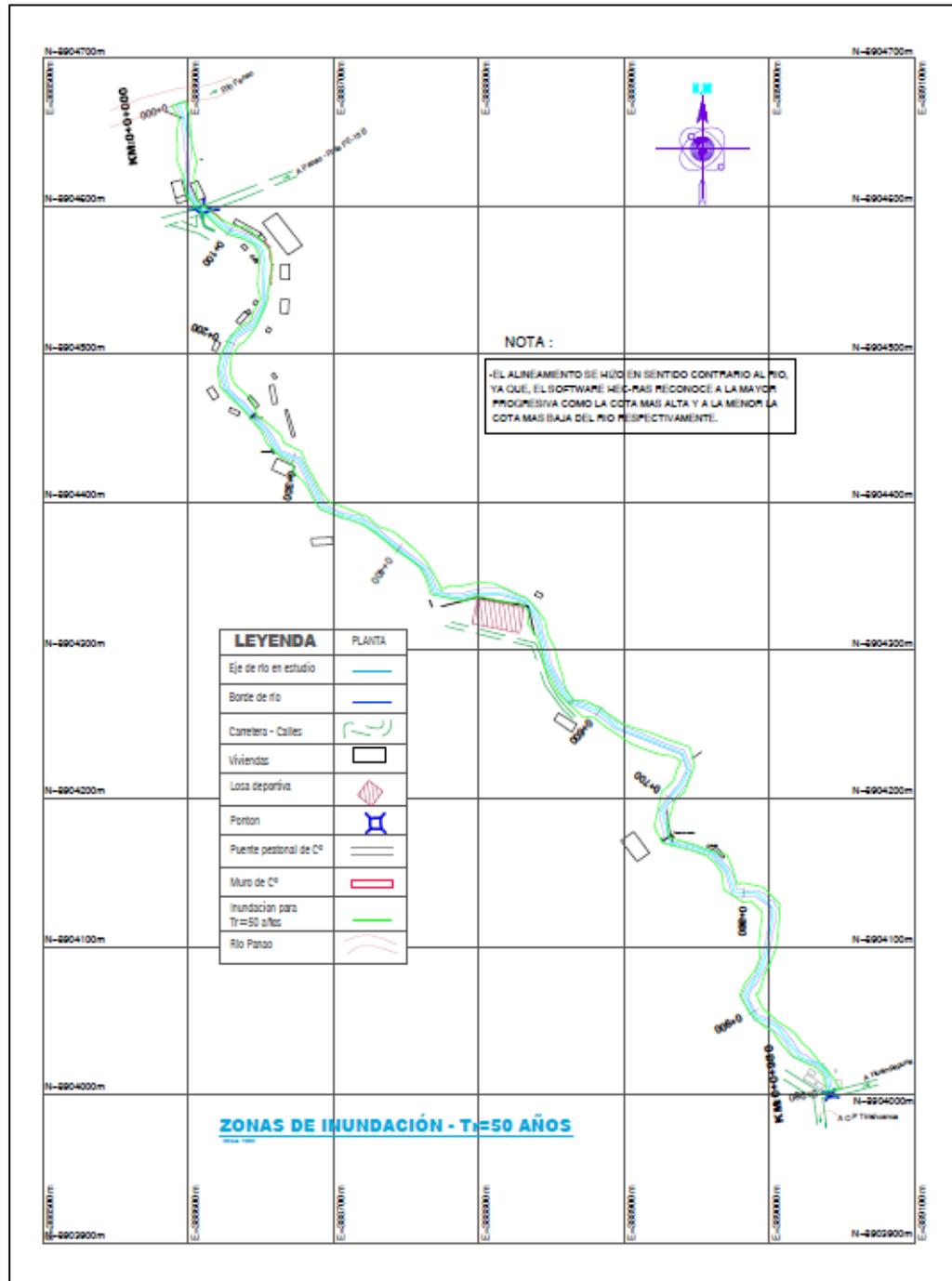


Figura N° 39: Zonas y áreas de Inundación para $t_r=50$ años

Fuente: Elaboración Propia

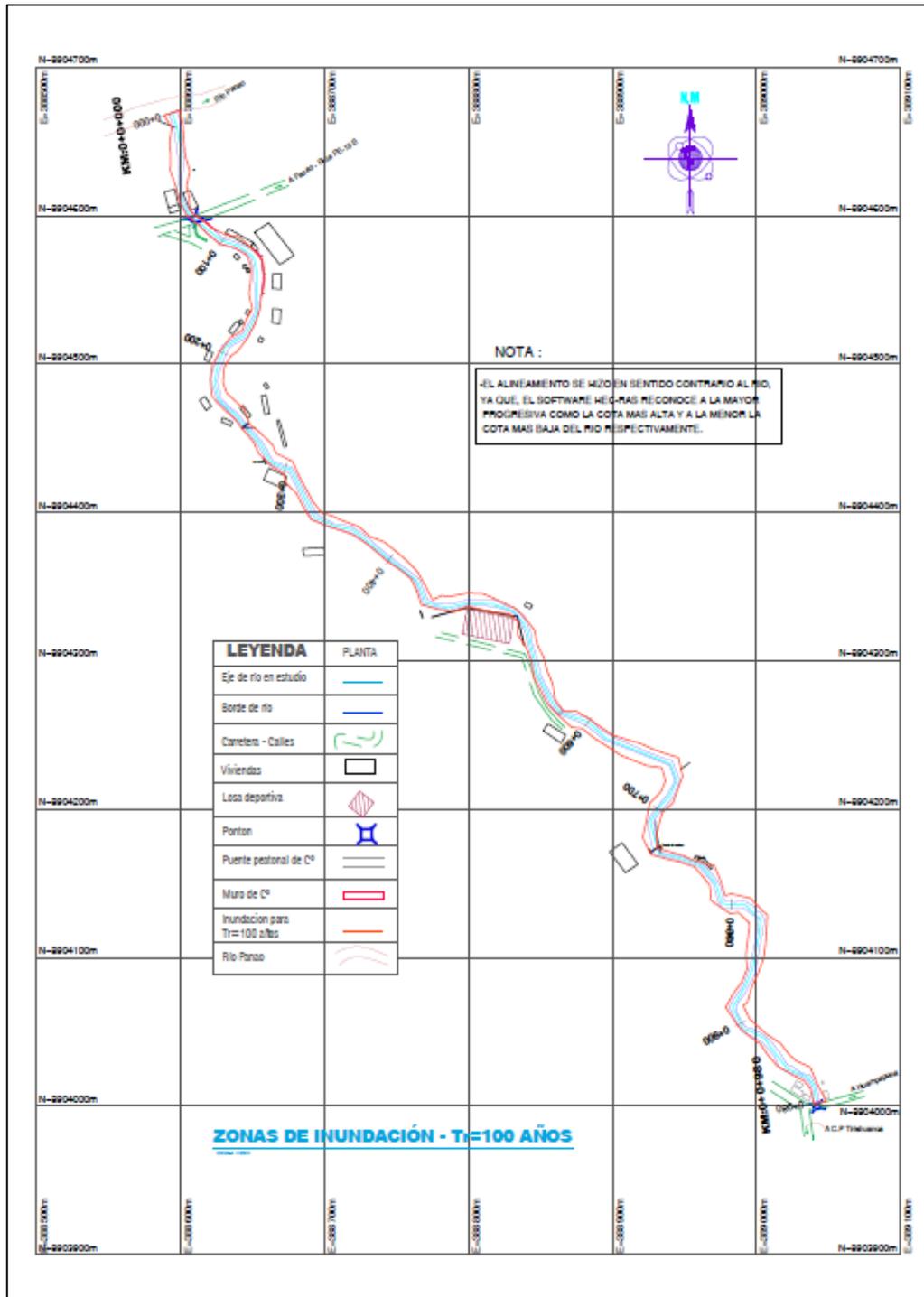


Figura N° 40: Zonas y áreas de Inundación para tr= 100 años

Fuente: Elaboración Propia

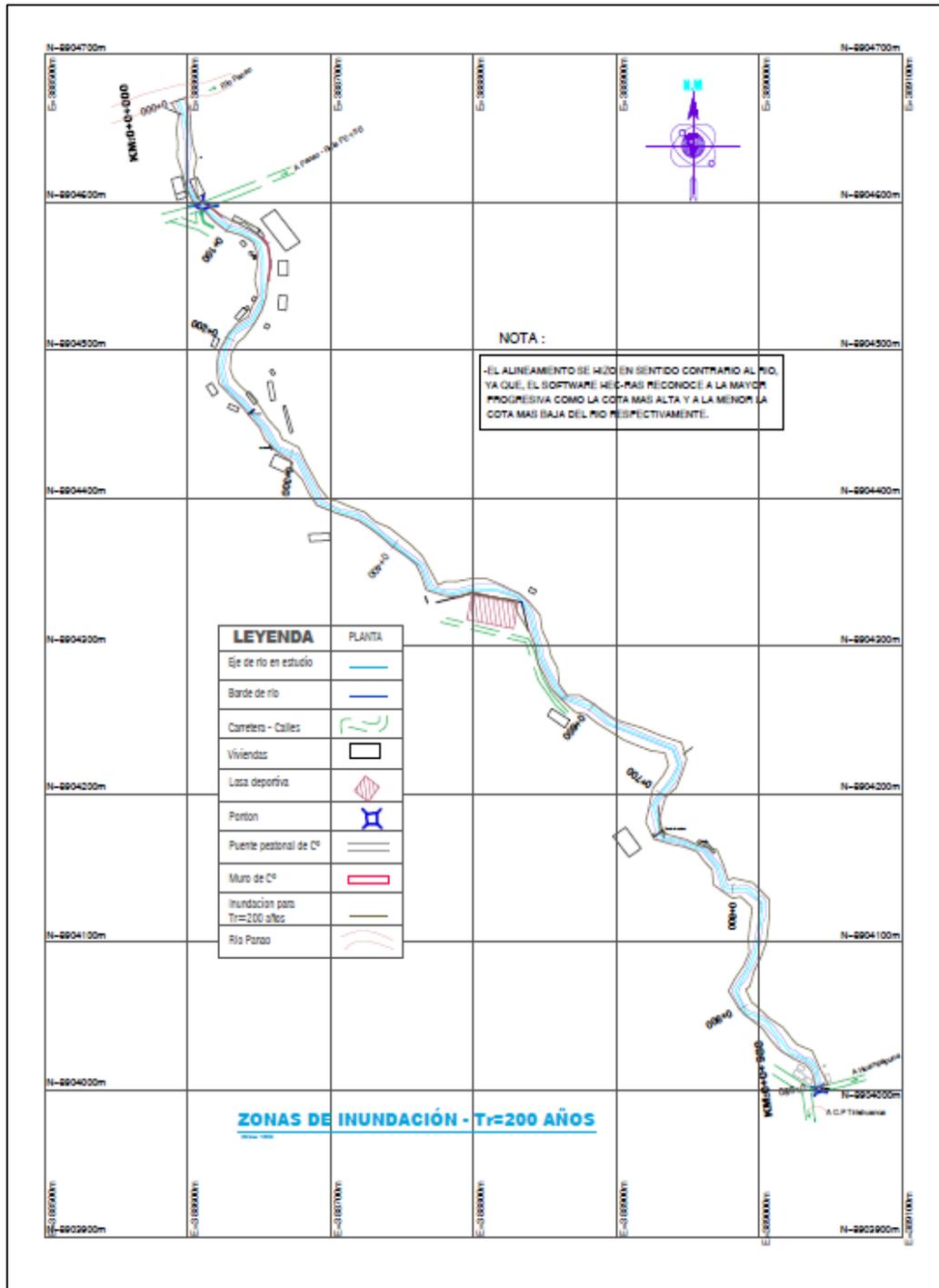


Figura Nº 41: Zonas y áreas de Inundación para tr= 200 años

Fuente: Elaboración Propia

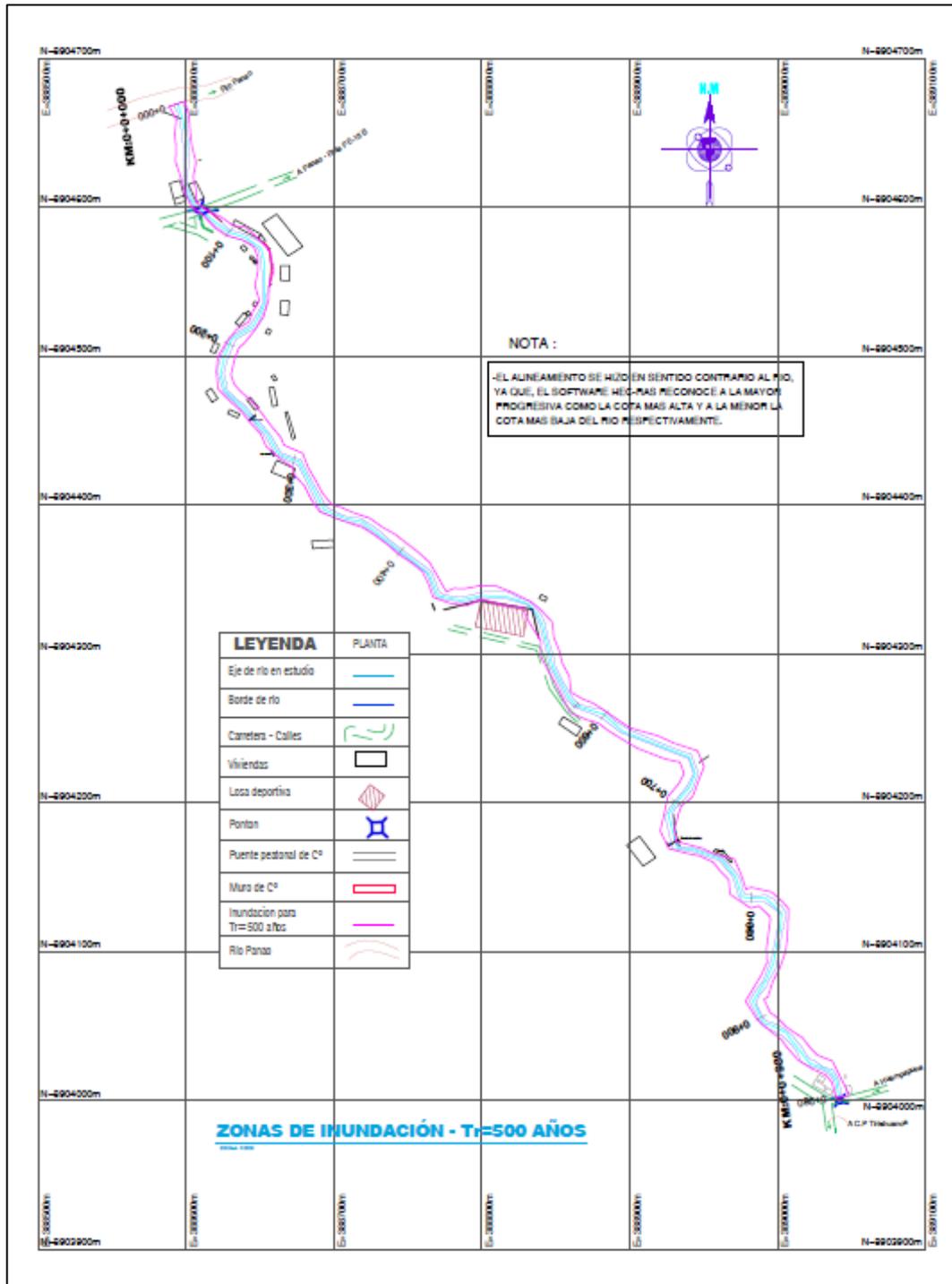


Figura N° 42: Zonas y áreas de Inundación para tr= 500 años

Fuente: Elaboración Propia



En la siguiente tabla se muestra las áreas totales de inundación para diferentes periodos de retorno

Tabla N°48: Áreas total de Inundación para diferentes períodos de retorno

Período de Retorno en Años	Área total de Inundación (m ²)
10	3241.19
25	3843.97
50	4280.93
100	4663.47
200	5062.49
500	5581.7

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados son de suma importancia para el tramo en estudio, ya que nos permiten identificar las zonas y áreas de inundación, y esto constituye un aporte fundamental para poder ser tomado en cuenta por los ingenieros y autoridades de la zona, y quienes busquen información de la zona de estudio.



CONCLUSIONES

- Se realizó el modelamiento hidrológico e hidráulico para prevención de inundaciones en el tramo de estudio del río Tirishuanca en el sector comprendido entre la ciudad de Molino y el Barrio los Ulcumanos, de manera satisfactoria para los periodos de retorno de 10,25,50,100,200 y 500 años.
- Con la Modelación Hidrológica e Hidráulica se pudo identificar las zonas y áreas de inundaciones del río Tirishuanca del tramo comprendido entre el sector del malecón Molino y Barrio los Ulcumanos en la localidad de Molino, las áreas de inundación para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200, 500 años fueron de 3241.19 m², 3843.97 m², 4280.93 m², 4663.47 m², 5062.49 m², 5581.70 m².
- La precipitación media de la cuenca del río Tirishuanca obtenidos por el método de isoyetas mediante 3 estaciones pluviométricas (Estación Chaglla, Estación Huánuco, Estación San Rafael) fueron de 32.54 mm, 40.51 mm, 45.02 mm, 48.97 mm, 50.16 mm, 53.69 mm, 57.02mm, 60.16 mm, 64.15 mm para periodos de retorno de 2,5,10,20,25,50,100,200 y 500 años respectivamente.
- Los máximos caudales para periodos de retomo de 10, 20, 25, 50, 100, 200 y 500 años fueron de 8.9 m³/s, 11.2 m³/s, 12 m³/s, 14.7 m³/s, 17.8 m³/s, 21.3 m³/s, 26.6 m³/s. La calibración de estos caudales se realizó con el método de área, velocidad donde los aforos se realizaron mediante el equipo Correntómetro CM 200 y la sección mediante las huellas de nivel de



inundación de avenidas máximas del río consultadas a los pobladores de la zona de estudio.

- Se concluye que para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años el río Tirishuanca se desbordara causando inundaciones a terrenos de cultivo y viviendas aledañas.



RECOMENDACIONES

- Se sugiere a la Municipalidad de Molino y Municipalidad Provincial de Pachitea a tomar acciones para prevenir las inundaciones que podrían producirse en el río Tirishuanca, mediante la construcción de defensas ribereñas y capacitación a los pobladores que viven o tienen terrenos aledaños al río.
- Se sugiere la Instalación de más estaciones pluviométricas por parte de SENAMHI en la Provincia de Pachitea, Departamento de Huánuco, ya que un factor limitante para la presente tesis fue el contar con un limitado número de estaciones pluviométricas.
- Se sugiere a SENAMHI la Instalación de una estación Hidrométrica en el río Tirishuanca, para tener datos Históricos de caudales del río, ya que al no contar con datos de este tipo nos conlleva a usar métodos empíricos para la calibración del modelo hidrológico.



BIBLIOGRAFIA

- Alegría, A., & Gabriel, A. (2010). Modelación hidrológica de crecidas en la cuenca del río Machángara en la ciudad de Quito. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2212>
- Aparicio-Mijares, F. J. (1989). *Fundamentos de hidrología de superficie*. Limusa.
- Carrasco Soto Luis Jorge. (2017). Modelamiento hidráulico y diseño de defensas ribereñas del río Amojú, localidad El Parral - Jaén - Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. Recuperado de <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1095>
- Chávez, V., & Alonso, A. (2015). Modelamiento hidrológico e hidráulico del río Santa, tramo asentamiento humano las flores, distrito de Carhuaz, Ancash. *Universidad Nacional Agraria La Molina*. Recuperado de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1836>
- Chereque Morán Wendor. (1991). *Hidrología* (segunda). Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Espinoza Poma, H. (2017). Análisis hidráulico para el diseño de la defensa riberena en el margen derecho del río Chaupihuaranga en la localidad de Misca del distrito de Chacayan Pasco Perú 2016. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*. Recuperado de <http://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/162738>
- Hernández Sampieri Roberto, B. L. M. (2014). *Metodología de la investigación* (6^o Edición). Mexico: Mc Graw - Hill Interamericana.
- Laimito, C., & Paola, A. (2015). Simulación hidrológica e hidráulica del río Tambo, sector Santa Rosa, distrito de Cocachacra, provincia de Islay, departamento de Arequipa.



Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/1843>

- Mejía Marcacuzco, Jesús Abel. (2012). *Hidrología aplicada* (1.^a ed.). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Mendoza, C., & Pablo, D. (2017). Aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica para identificar las áreas de inundación del Río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo, 2017. *Universidad Nacional Hermilio Valdizán*.
- Bardales Salazar, H. (2007). Simulación Hidráulica de Desbordes del Río Huallaga en la zona de Huachog. *Hidraulica. Universidad Nacional Hermilio Valdizán*.
- Ordoñez Galves, Juan Julio. (2011). *Cartilla Técnica: Ciclo Hidrológico* (1.^a ed.). Lima: Sociedad Geográfica de Lima. Recuperado de https://www.gwp.org/globalassets/global/gwpsam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Reyes Carrasco, Luis. (1992). *Hidrología Básica* (1.^a ed.). Lima: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- Mejía Marcacuzco, Jesús Abel (2012). *Hidrología Aplicada* (1.^a ed.). Lima: Universidad Agraria la Molina.
- Ruiz, V., & Armando, D. (2015). Análisis de amenaza, vulnerabilidad y riesgo en la cuenca alta del Río Bogotá, en el Municipio de Villapinzón, utilizando modelación hidrológica HEC-HMS e hidráulica 1D y 2D HEC-RAS e ÍBER. Recuperado de <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/186>
- Vente Chow, David R. Maidment, Larry W. Mays. (1994) *Hidrología Aplicada* (1.^a



ed.). Colombia: Mc GRAW HILL

- Villón Béjar Máximo. (2011a). *HEC - RAS* (2.^a ed.). Lima: MaxSoft.
- Villón Béjar Máximo. (2011b). *Hidrología* (3.^a ed.). Lima: Villón.



ANEXO



ANEXO 01:

PANEL FOTOGRAFICO



PANEL FOTOGRAFICO (IMAGENES PROPIAS)



Foto N° 01: Tesista Inspeccionando el Inicio del Tramo en estudio
prog. Km 0+000



Foto N° 02: Viviendas en peligro de colapso por inundación.
prog. Km 0+850



Foto N° 03: Viviendas en peligro de colapso por inundación.

prog. Km 0+720



Foto N° 04: Tesista Iniciando el levantamiento topográfico del río

Tirishuanca. Prog. Km 0+030



Foto N° 05: Tesista realizando el levantamiento topográfico del río tirishuanca. Prog. Km 0+040



Foto N° 06: Tesista realizando el levantamiento topográfico del río tirishuanca. Prog. Km 0+790



Foto N° 07: Tesista realizando el levantamiento topográfico del río tirishuanca. Prog. Km 0+870



Foto N° 08: Tesista realizando el levantamiento topográfico del río tirishuanca. Prog. Km 0+975



Foto N° 09: Ayudante de Tesista en el levantamiento topográfico del río Tirishuanca. Prog. Km 0+980



Foto N° 10: Tesista realizando el aforo con correntómetro CM200 del río Tirishuanca. Prog. Km 0+690



Foto N° 11: Tesista realizando el aforo con correntómetro CM200 del río tirishuanca. Prog. Km 0+530

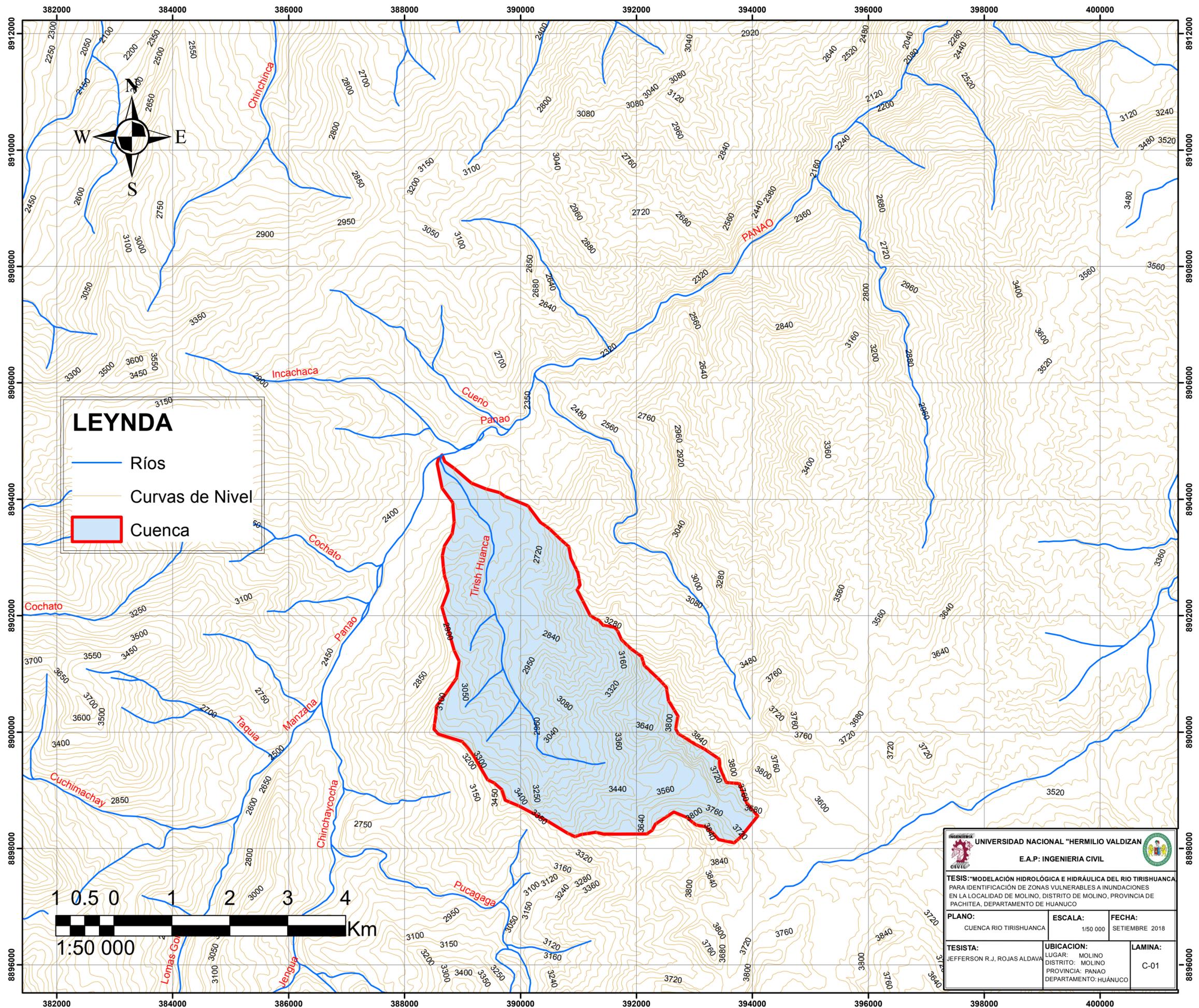


Foto N° 12: Tesista realizando el aforo con correntómetro CM200 del río tirishuanca. Prog. Km 0+930



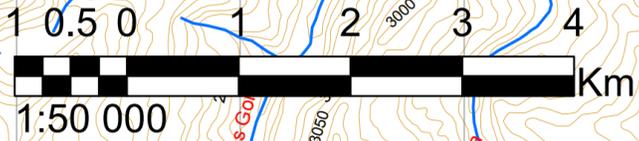
ANEXO: 02

PLANOS



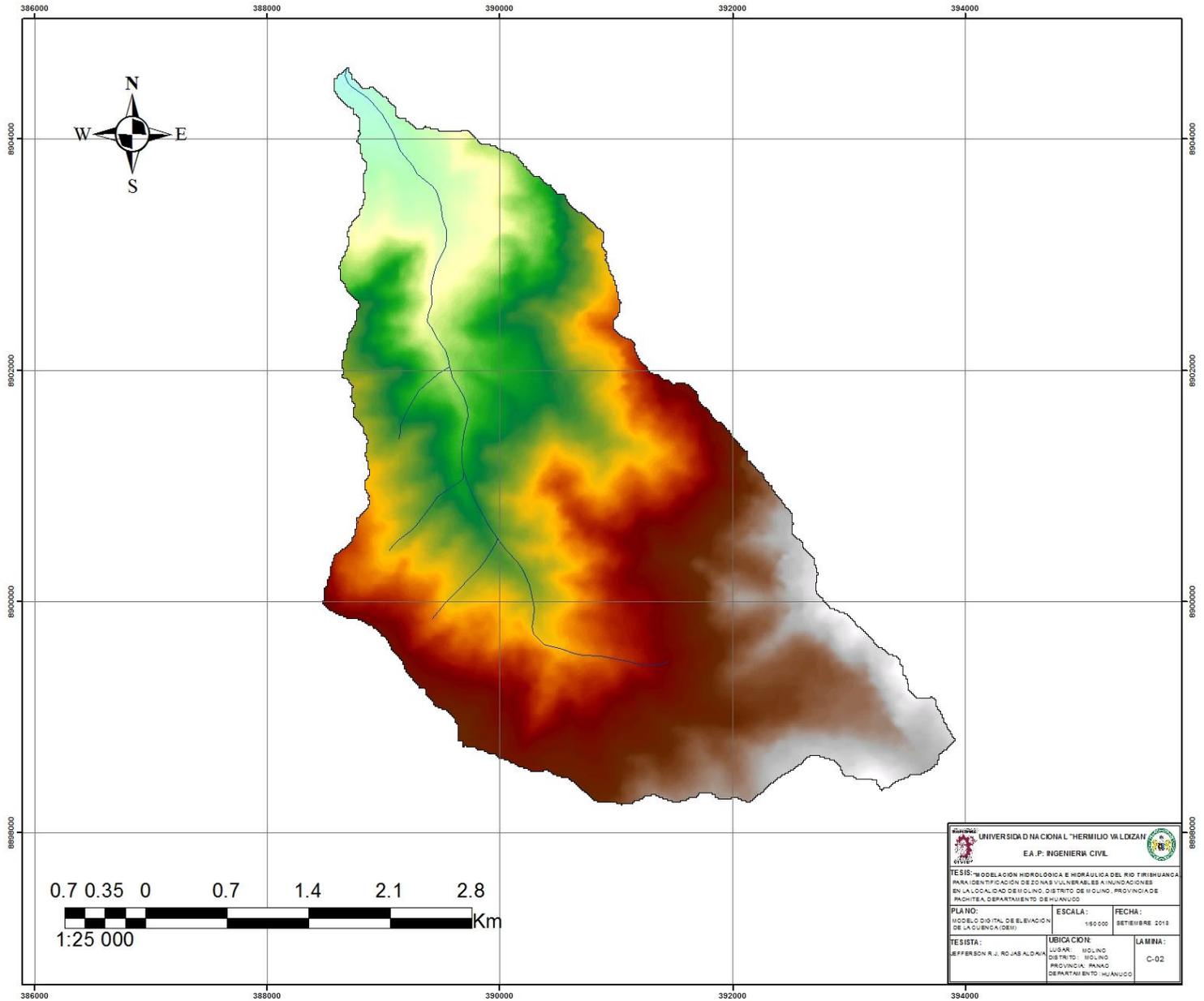
LEYENDA

- Ríos
- Curvas de Nivel
- Cuenca



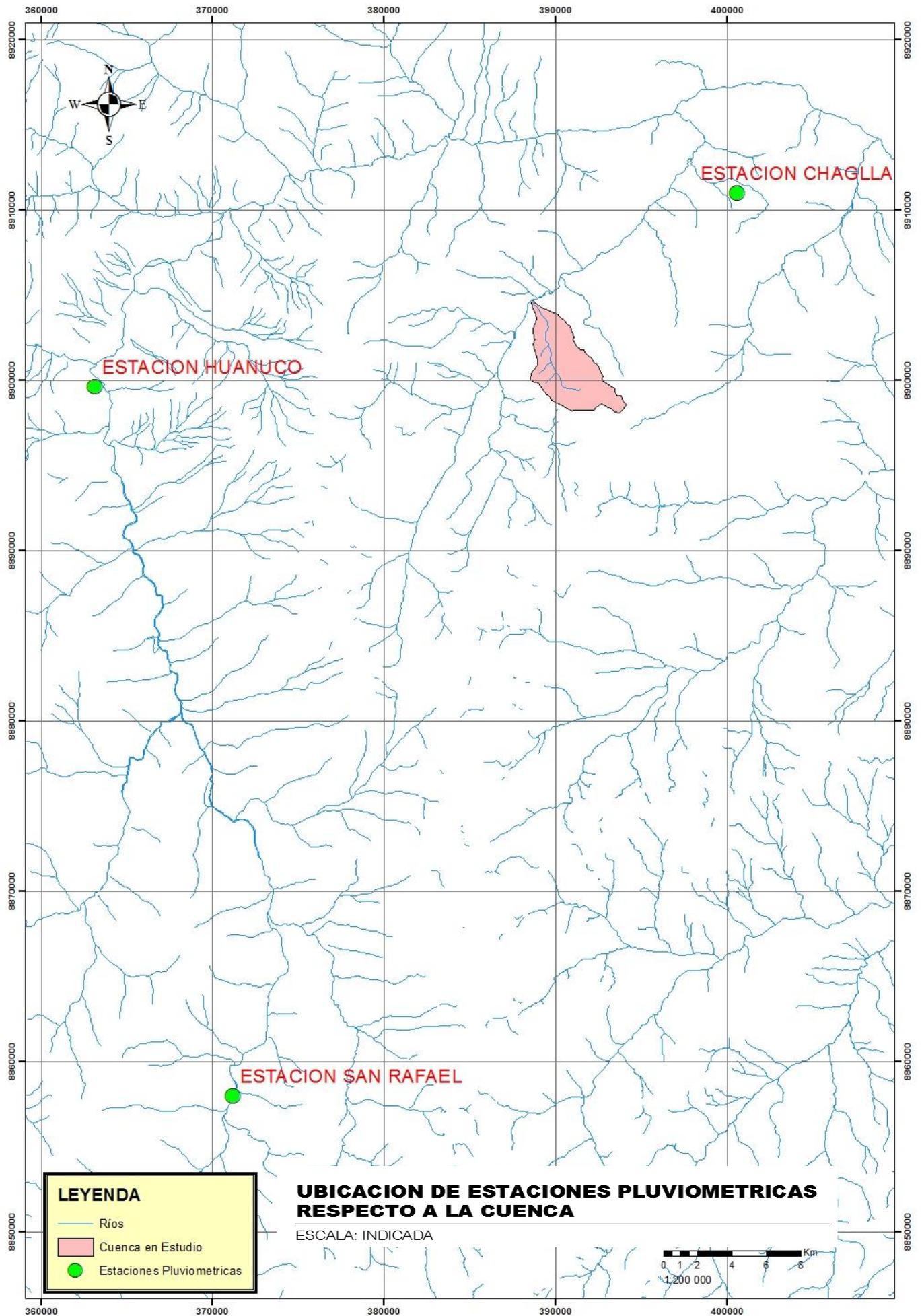
<p>UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZAN" E.A.P. INGENIERIA CIVIL</p>		
<p>TESIS: "MODELACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO"</p>		
<p>PLANO: CUENCA RIO TIRISHUANCA</p>	<p>ESCALA: 1/50 000</p>	<p>FECHA: SEPTIEMBRE 2018</p>
<p>TESISTA: JEFFERSON R. J. ROJAS ALDAVA</p>	<p>UBICACION: LUGAR: MOLINO DISTRITO: MOLINO PROVINCIA: PANAJO DEPARTAMENTO: HUANUCO</p>	<p>LAMINA: C-01</p>

CUENCA RIO TIRISHUANCA
ESCALA: 1/50 000



MODELO DIGITAL DE ELEVACIÓN DE LA CUENCA (DEM)

ESCALA: 1/25 000



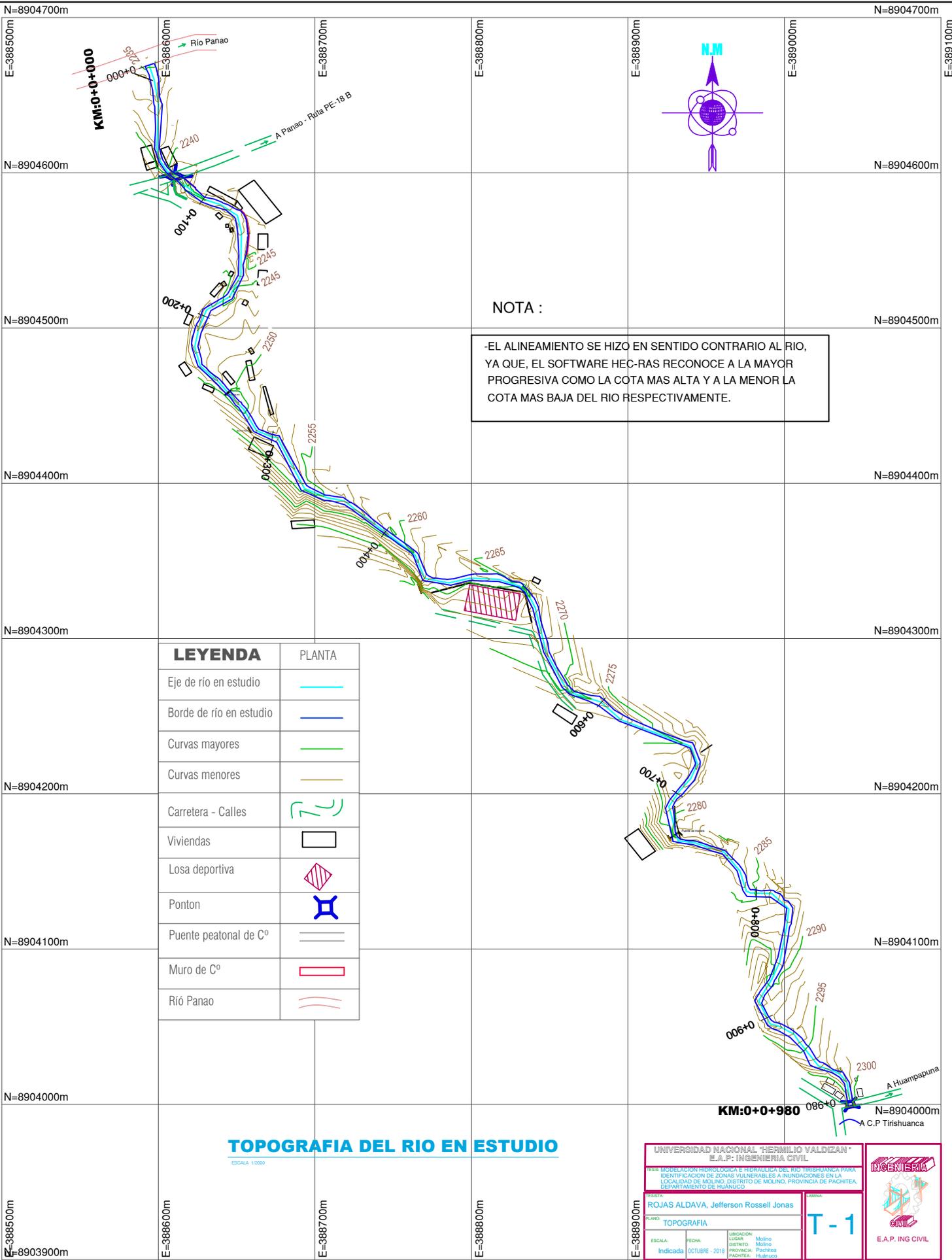
LEYENDA

- Ríos
- Cuenca en Estudio
- Estaciones Pluviometricas

**UBICACION DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS
RESPECTO A LA CUENCA**

ESCALA: INDICADA





NOTA :

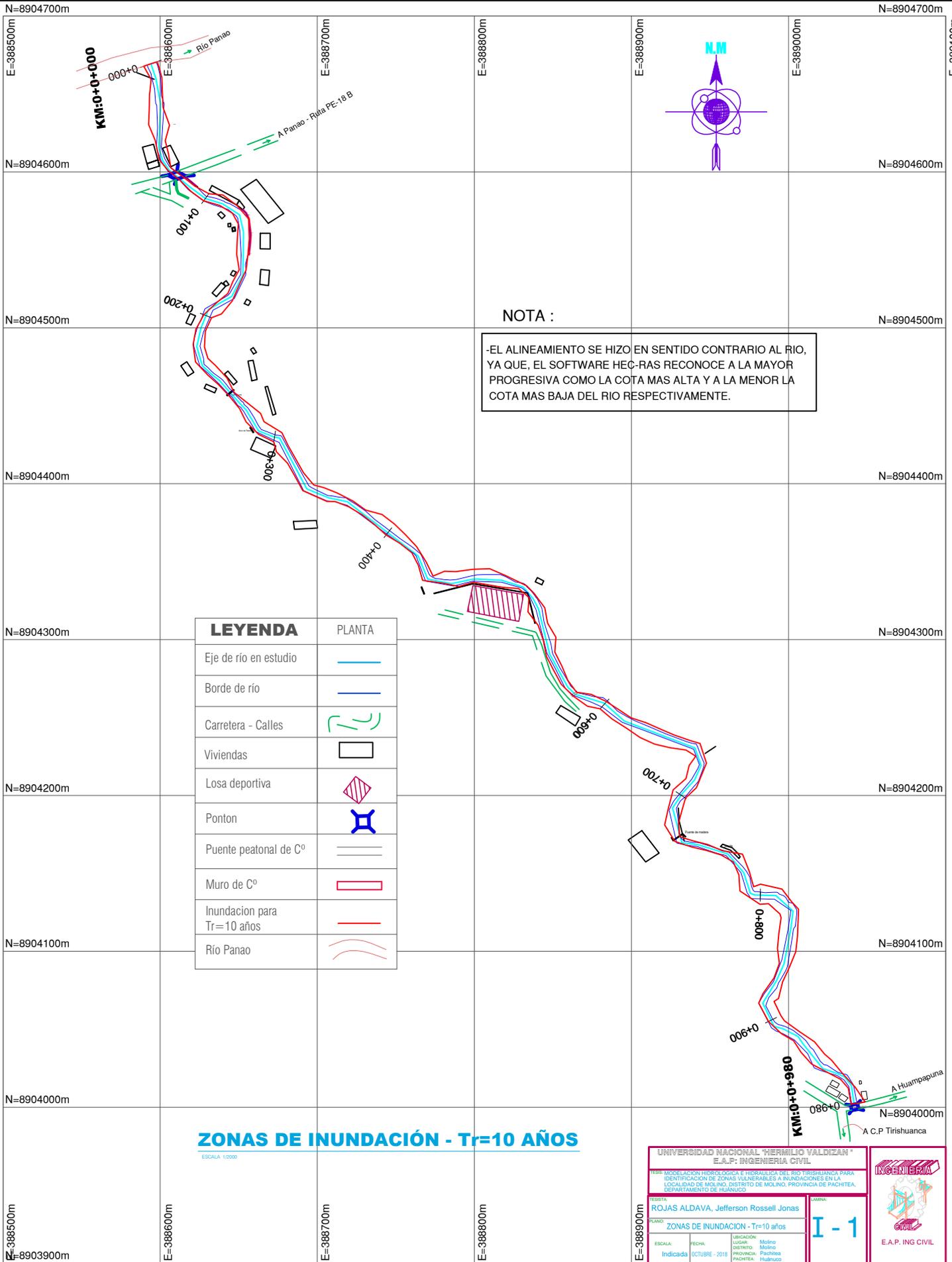
-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río en estudio	
Curvas mayores	
Curvas menores	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Río Panao	

TOPOGRAFIA DEL RIO EN ESTUDIO

ESCALA 1:2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN" E.A.P. INGENIERIA CIVIL			
ESS: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHTEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO.			
TITULO: ROJAS ALDAVA, Jefferson Rossell Jonas	AUTOR: T-1		
PLANO: TOPOGRAFIA	ESCALA: Indicada	FECHA: OCTUBRE - 2018	UBICACION: LUGAR: Molino DISTRITO: Molino PROVINCIA: Pachitea PACHTEA: Huánuco



NOTA :

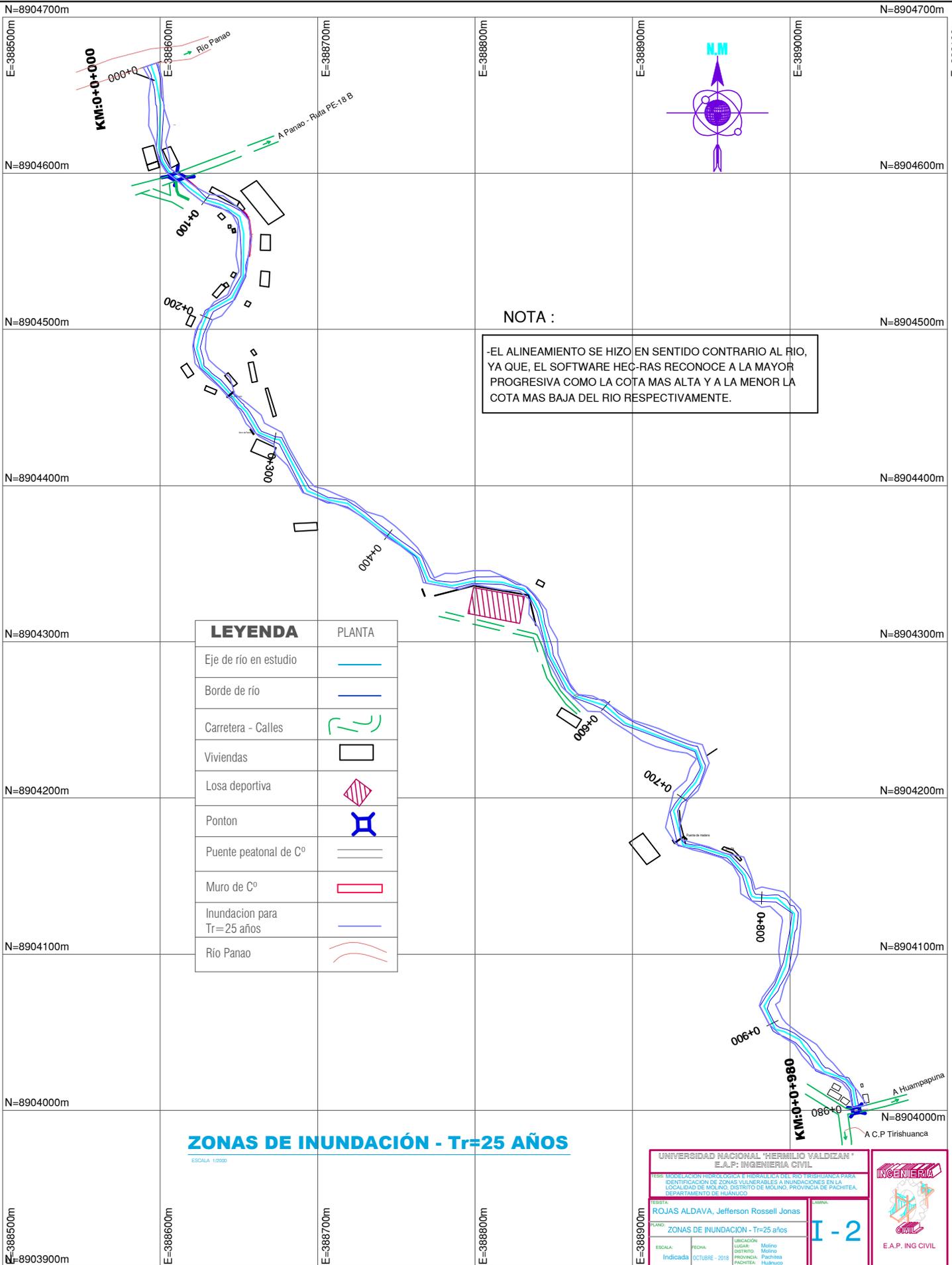
-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Inundacion para Tr=10 años	
Río Panao	

ZONAS DE INUNDACIÓN - Tr=10 AÑOS

ESCALA 1:2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZAN" E.A.P.: INGENIERIA CIVIL		
TESIS: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO		
ESTUDIA: ROJAS ALDAVA, Jefferson Rossell Jonas	TITULO: I - 1	E.A.P. ING CIVIL
PLANO: ZONAS DE INUNDACION - Tr=10 años	ESCALA: Indicada	
FECHA: OCTUBRE - 2018	UBICACION: LUGAR: Molino DISTRITO: Molino PROVINCIA: PACHITEA DEPARTAMENTO: HUANUCO	



NOTA :

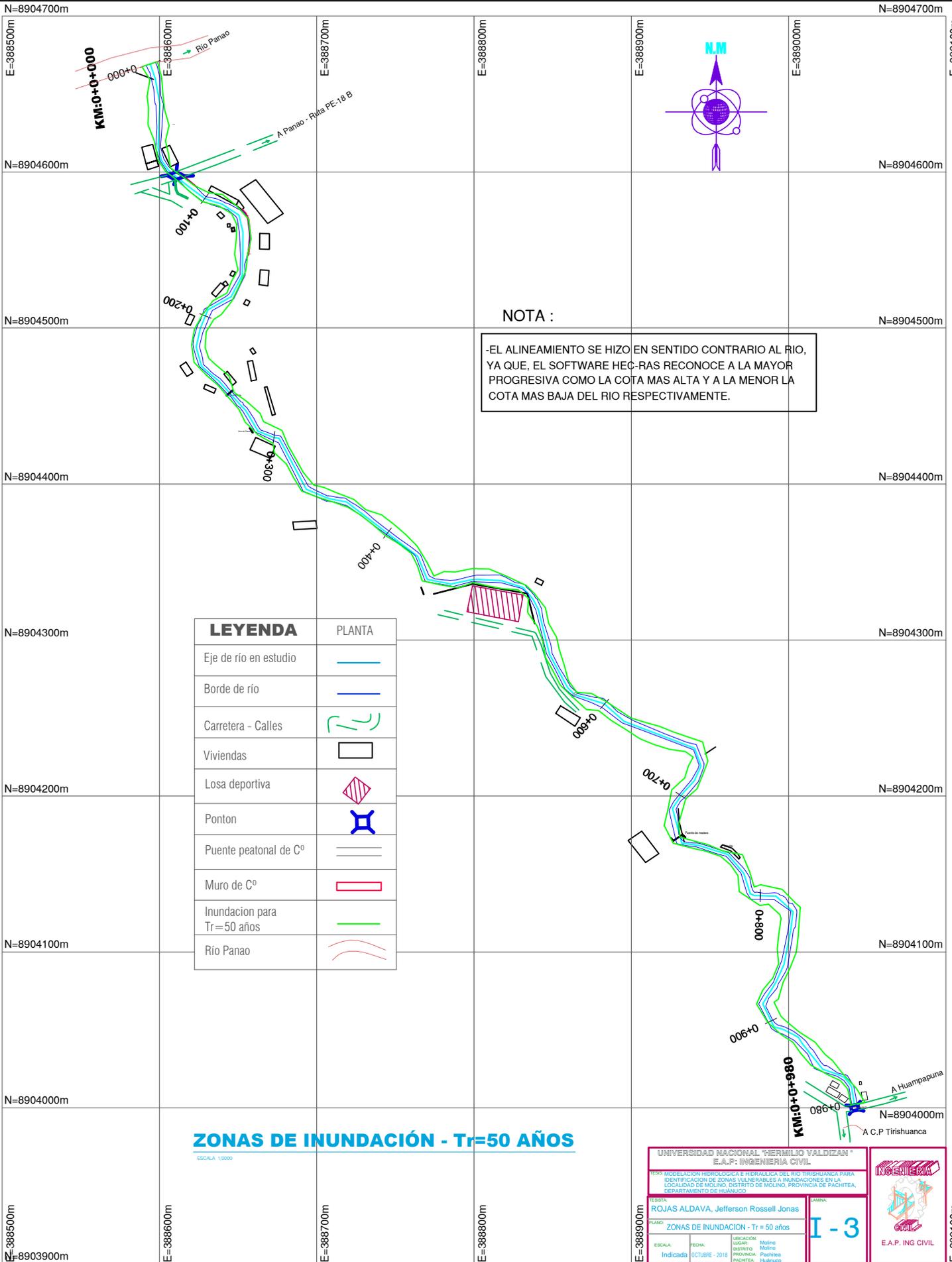
-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Inundacion para Tr=25 años	
Río Panao	

ZONAS DE INUNDACIÓN - Tr=25 AÑOS

ESCALA 1:2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN" E.A.P. INGENIERIA CIVIL		
<small>TEMA: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO</small>		
AUTOR: ROJAS ALDAVA, Jefferson Rossell Jonas	TITULO: ZONAS DE INUNDACION - Tr=25 años	I - 2
ESCALA: Indicada	FECHA: OCTUBRE - 2018	



NOTA :

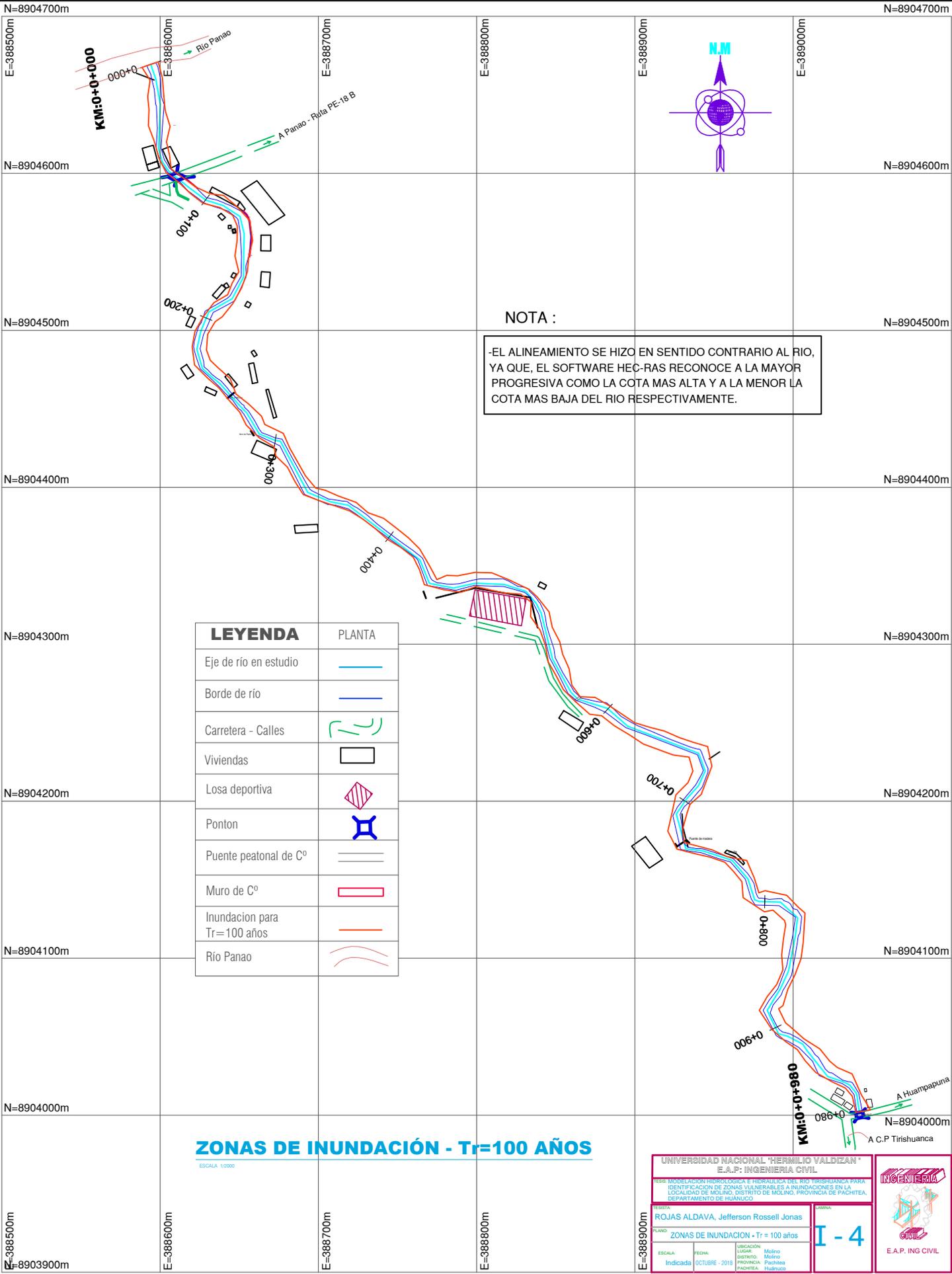
-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Inundacion para Tr=50 años	
Río Panao	

ZONAS DE INUNDACIÓN - Tr=50 AÑOS

ESCALA 1:2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILO VALDIZAN" E.A.P. INGENIERIA CIVIL		
TESIS: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO.		
TITULO: ROJAS ALDAVA, Jefferson Rossell Jonas	AUTOR:	I - 3
PLANO: ZONAS DE INUNDACION - Tr = 50 años	FECHA: Indicada OCTUBRE - 2019	
ESCALA: Indicada	LUGAR: Molino DISTRITO: Molino PROVINCIA: PACHITEA DEPARTAMENTO: HUÁNUCO	E.A.P. ING CIVIL



NOTA :

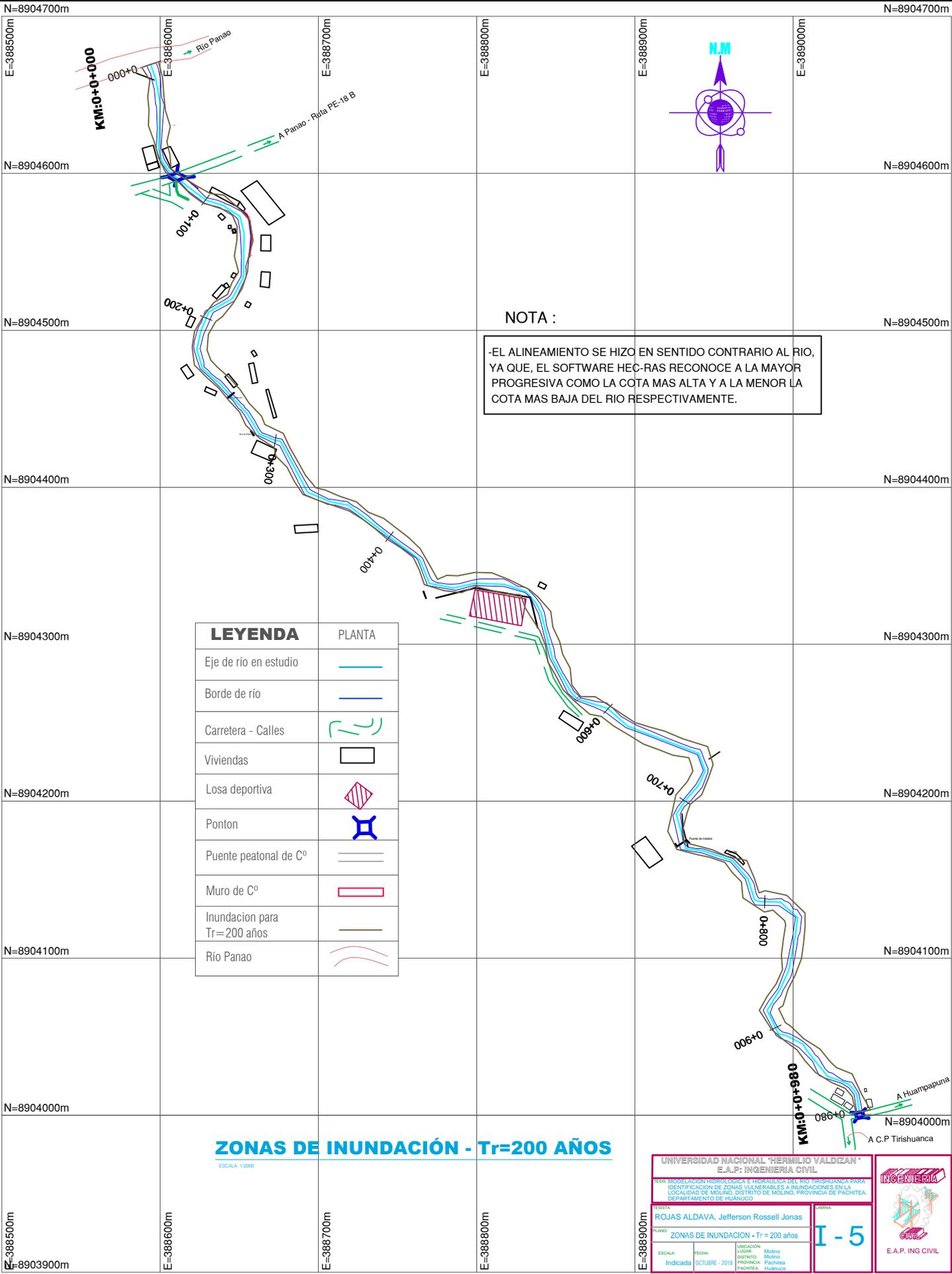
-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Inundacion para Tr=100 años	
Río Panao	

ZONAS DE INUNDACIÓN - Tr=100 AÑOS

ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN" E.A.P.: INGENIERIA CIVIL			
TESIS: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO			
TITULO: ZONAS DE INUNDACION - Tr = 100 años	LUGAR: Molino		I - 4
ESCALA: Indicada	FECHA: OCTUBRE - 2018		
AUTOR: ROJAS ALDAVA, Jefferson Rossell Jonas		INSTITUCION: E.A.P. ING CIVIL	



NOTA :

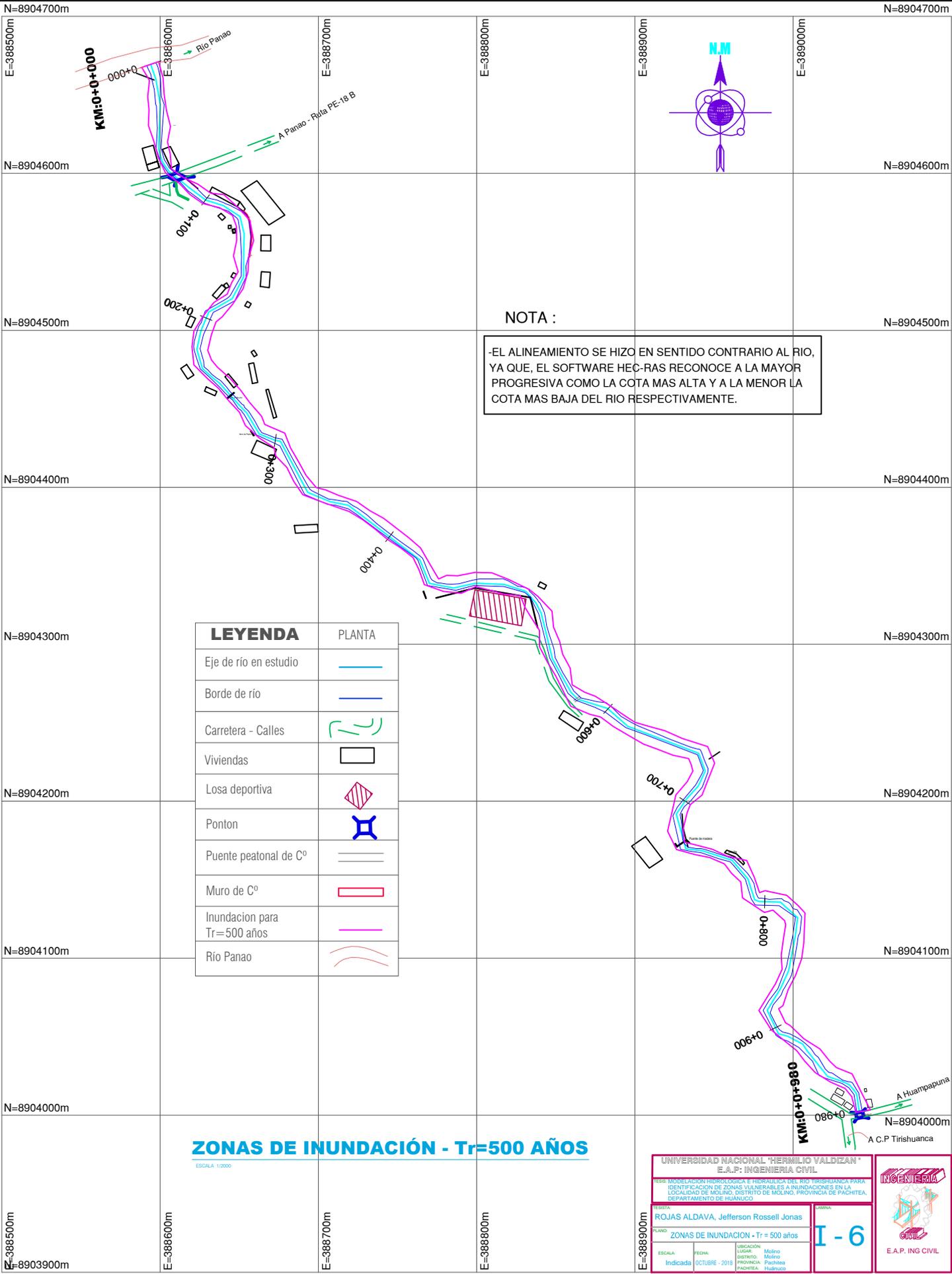
-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Inundacion para Tr=200 años	
Río Panao	

ZONAS DE INUNDACIÓN - Tr=200 AÑOS

ESCALA 1:2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN" E.A.P.: INGENIERIA CIVIL			
TESIS: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO			
TITULO: ROJAS ALDAVA, Jefferson Rossell Jonas	AUTOR:	TITULO: I - 5	
PLANO: ZONAS DE INUNDACION - Tr = 200 años	FECHA: Indicada	LUGAR: Molino	PROVINCIA: Pachitea
ESCALA: Indicada	FECHA: OCTUBRE - 2018	LUGAR: Molino	PROVINCIA: Pachitea



NOTA :

-EL ALINEAMIENTO SE HIZO EN SENTIDO CONTRARIO AL RIO, YA QUE, EL SOFTWARE HEC-RAS RECONOCE A LA MAYOR PROGRESIVA COMO LA COTA MAS ALTA Y A LA MENOR LA COTA MAS BAJA DEL RIO RESPECTIVAMENTE.

LEYENDA	PLANTA
Eje de río en estudio	
Borde de río	
Carretera - Calles	
Viviendas	
Losa deportiva	
Ponton	
Puente peatonal de Cº	
Muro de Cº	
Inundacion para Tr=500 años	
Río Panao	

ZONAS DE INUNDACIÓN - Tr=500 AÑOS

ESCALA 1/2000

UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN" E.A.P.: INGENIERIA CIVIL		
TESIS: MODELACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL RIO TIRISHUANCA PARA IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES A INUNDACIONES EN LA LOCALIDAD DE MOLINO, DISTRITO DE MOLINO, PROVINCIA DE PACHITEA, DEPARTAMENTO DE HUANUCO		
TITULO: ZONAS DE INUNDACION - Tr = 500 años	FECHA: Indicada OCTUBRE - 2018	I - 6
ESCALA: Indicada	UBICACION: LUGAR: Molino DISTRITO: Molino PROVINCIA: Pachitea PACHITEA: Huánuco	