

UNIVERSIDAD NACIONAL “HERMILIO VALDIZAN”

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



**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**

TESISTA: DERLY PABLO CORDOVA MENDOZA.

**PARA OBTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR: ING. JORGE ZEVALLOS HUARANGA.
HUÁNUCO – PERÚ**

2017



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



DEDICATORIA

A mis padres Celia y Pedro, por ser el tesoro más preciado que Dios me brindó, en especial a mi madre porque tengo la dicha de que sea mi mamá y ser mi orgullo más inmenso. Esta tesis es un logro que llevo a cabo gracias a ustedes.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por regalarme cada hermoso día y ser el principal artífice de todas las cosas que me pasan, por brindarme la llama del conociendo para poder culminar este trabajo de investigación.

A mis padres, por el infinito amor, apoyo y sacrificio; por ser el ejemplo e impulso que guía mi vida y me permitió culminar este logro.

A mi amada Karla, por su amor puro e incondicional que son motor y motivo para lograr mis objetivos. Por su apoyo en las buenas y no tan buenas, porque siempre logras sacar lo mejor de mí.

A mi hermana Sindy, por emanar tanta bondad y nobleza, por enseñarme con el ejemplo y acompañarme desde niño en tantas anécdotas, por ser más que una hermana una amiga.

A mi hermano David, por ser mi ángel de la guarda.

A mis Familiares, por el inmenso cariño y apoyo que siempre me brindan

A mi Amigos, por el apoyo incondicional y siempre brindarme palabras de aliento.

A los catedráticos que me enseñaron, por compartir sus conocimientos, por enseñarme a amar la carrera y sembrar la semilla del saber.

A la gloriosa Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil de la UNHEVAL, por permitirme el privilegio de pasar por sus aulas y por la formación académica que me brindó.

A mi alma mater la UNHEVAL, por permitirme pasar una de las etapas más lindas de mi vida la de estudiante.



Resumen

El objetivo de la presente tesis es 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; la mayoría de ríos de nuestra región y país no tienen registros históricos de caudales y sabemos que en estos es difícil identificar las áreas de inundación en época de crecidas, el tramo del río Huallaga comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo presenta este inconveniente, frente a esta problemática el uso de sistemas de información geográfica (SIG) es una herramienta poderosa que apoyada de modelos matemáticos de simulación hidrológica e hidráulica permite identificar las áreas de inundación; pero son poco difundidas en el medio. Para lograr el objetivo la tesis emplea una metodología que se fundamenta en dos grupos; primero un análisis hidrológico, que partiendo de información meteorológica y cartográfica obtiene los caudales de máximas avenidas; y segundo un análisis hidráulico que parte de información topográfica del río, de la visita a campo y de los resultados del análisis hidrológico, obtiene las áreas de inundación del río. Los resultados fundamentales obtenidos son los caudales de máximas avenidas y las áreas de inundación del tramo del río para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años respectivamente. Con la tesis se concluye 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.



Summary

The objective of this thesis is to determine the correct application of hydrological and hydraulic simulation with geographic information systems to determine the Huallaga River floodplain in the Huaylla - Ambo section; The majority of rivers in our region and country do not have historical records of flows and we know that in these the flooding of extreme events is latent, in the face of this problem the use of geographic information systems (GIS) is a very powerful tool that Supported by mathematical models of hydrological and hydraulic simulation allows to predict flood areas; But that unfortunately are little spread in the middle. The methodology used is based on two groups: first a hydrological analysis, which, based on meteorological and cartographic information, determines the maximum flow rates; And secondly a hydraulic analysis that starts from the topographic information of the river, from the field visit and hydrological analysis results, determines the flood areas of the river. The main results obtained are the flows of maximum avenues and the areas of flood of the section of the river in study for periods of return of 10, 25, 50, 100, 200 and 500 respectively. The thesis concludes that the correct application of hydrological and hydraulic simulation with geographic information systems allows the determination of the Huallaga river floodplain in the Huaylla - Ambo section, using a simple methodology that saves time and effort.



Índice General

Resumen	I
Summary.....	II
Índice General	III
Índice de Tablas.....	VIII
Índice de Figuras	XI
Introducción.....	XIV
Capítulo I. Marco Teórico	1
1.1. Antecedentes.	2
1.2. Formulación del Problema.	5
1.2.1. Formulación del problema principal.	7
1.2.2. Formulación de problemas específicos.	7
1.3. Objetivos.	8
1.3.1. Objetivo Principal.....	8
1.3.2. Objetivos Específicos.	8
1.4. Hipótesis.	9
1.4.1. Hipótesis General.	9
1.4.2. Hipótesis Específicas.	9
1.5. Variables.....	10
1.5.1. Variable Independiente.....	10

III



1.5.2. Variable Dependiente.	10
1.6. Indicadores.	10
1.7. Operacionalización de Variables.	11
1.8. Población.	12
1.9. Muestra.	12
1.10. Limitaciones.	12
1.11. Fundamento Teórico.	13
1.11.1. Sistemas de Información Geográfica.	13
1.11.2. Los Sistemas de Información Geográfica y los modelos hidrológicos e hidráulicos.	16
1.11.3. Clasificación de los SIG.	17
1.11.4. ArcGIS.	18
1.11.5. Parámetros Fundamentales de una Cuenca.	19
1.11.6. Tiempo de Concentración de la Cuenca.	23
1.11.7. Análisis de Distribución de Probabilidad – Análisis de Frecuencias.	24
1.11.8. Pruebas de Bondad de Ajuste.	27
1.11.9. Curvas IDF.	29
1.11.10. Hietogramas de Diseño a Partir de Curvas IDF.	31



1.11.11. Simulación Hidrológica con HEC – HMS.....	32
1.11.12. Hidrogramas Sintéticos del SCS.....	34
1.11.13. Simulación Hidráulica con HEC-RAS.	34
Capítulo 2. Marco Metodológico.	36
2.1. Tipo y Nivel de Investigación.	37
2.1.1. Tipo de Investigación.	37
2.1.2. Nivel de Investigación.	37
2.1.3. Diseño de la Investigación.....	37
2.2. Técnicas de Recolección de Datos.	38
2.2.1. La Observación.....	38
2.3. Instrumentos de Recolección de datos.	38
2.4. Metodología del Trabajo de Investigación.	38
2.5. Análisis Hidrológico.....	40
2.5.1. Información Meteorológica	40
2.5.2. Información Cartográfica.	44
2.5.3. Análisis de Consistencia de Datos de Precipitación.	45
2.5.4. Análisis de Distribución de Frecuencias y Pruebas de Ajuste.	51
2.5.5. Precipitaciones Máximas para Diferentes Periodos de Retorno.....	53
2.5.5. Caracterización y Modelamiento de la Cuenca de Aporte con SIG. ...	55



2.5.6. Precipitación Media de la Cuenca.	65
2.5.7. Intensidades Máximas y Curvas IDF de la Cuenca de Aporte.	67
2.5.8. Tiempo de Concentración de La cuenca de Aporte.	68
2.5.9. Hietogramas de Diseño de la cuenca de Aporte.	69
2.5.10. Número de Curva de la Cuenca de Aporte.	74
2.5.11. Simulación Hidrológica con HEC-HMS.	75
2.6. Análisis Hidráulico.	84
2.6.1. Simulación Hidráulica con HEC-RAS.	84
2.6.2. Parámetros y Datos Necesarios para HEC-RAS.	84
Levantamiento Topográfico.	84
Datos de Caudales.	87
Selección del Coeficiente de Rugosidad de Manning.	87
2.6.3. Aplicación SIG en la Simulación con HEC-RAS.	89
Capítulo III. Discusión de Resultados.	94
3.1. Resultados del Análisis Hidrológico.	95
3.1.1. Análisis de Consistencia de los Datos de Precipitación.	95
3.1.2. Análisis de Distribución de Probabilidades y Pruebas de Bondad de Ajuste.	95



3.1.3 Precipitaciones Máximas Para Diferentes Periodos Retorno de Cada Estación.....	96
3.1.4. Precipitaciones Máximas Para Diferentes Periodos Retorno de Toda la Cuenca.....	98
3.1.5. Curvas IDF de la Cuenca.....	99
3.1.6. Resultados de los Parámetros de la Cuenca.....	100
3.1.7. Hietogramas de Diseño Para diferentes Periodos de Retorno.....	101
3.1.8. Hidrogramas y Caudales de Máximas Avenidas para Diferentes Periodos de Retorno.....	104
3.2. Resultados del Analisis Hidráulico.....	104
3.2.1. Parámetros geométricos del Tramo del Río Huallaga en Estudio.....	104
3.2.2. Características Hidráulicas del Tramo del Río Huallaga en Estudio.....	107
3.2.3. Vistas en Perspectiva 3D de la Simulación Hidráulica.....	144
3.2.4. Superficies de Agua y Áreas de Inundación.....	147
Conclusiones.....	155
Recomendaciones.....	157
Bibliografía.....	158
Anexos.....	160



Índice de Tablas

TABLA 1. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	11
TABLA 2. CLASIFICACIÓN DE CUENCAS POR SU TAMAÑO.....	19
TABLA 3. FORMAS DE LA CUENCA POR SU COEFICIENTE DE COMPACIDAD.	20
TABLA 4. FORMAS DE LA CUENCA DE ACUERDO AL FACTOR DE FORMA.	21
TABLA 5. CLASIFICACIÓN DE LA CUENCA POR PENDIENTES.....	22
TABLA 6. FÓRMULAS MÁS USADAS PARA EL TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	24
TABLA 7. VALORES CRÍTICOS PARA LA PRUEBA DE KOLMOGOROV - SMIRNOV.....	29
TABLA 8. UBICACIÓN DE ESTACIONES PLUVIOMETRICAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.....	41
TABLA 9. DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMAS EN 24 HORAS . ESTACIÓN HUÁNUCO.....	42
TABLA 10. DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMAS EN 24 HORAS . ESTACIÓN SAN RAFAEL.....	42
TABLA 11. DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMAS EN 24 HORAS . ESTACIÓN YANAHUANCA.....	40
TABLA 12. DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMAS EN 24 HORAS . ESTACIÓN CERRO DE PASCO.....	40
TABLA 13. CARTAS NACIONALES UTILIZADAS.....	41
TABLA 14. DATOS DE PRECIPITACIÓN PROCESADOS PARA TRAZADO DE RECTAS DOBLE MASA.....	43
TABLA 15. ESTACIÓN BASE- SAN RAFAEL.....	45
TABLA 16. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS-ESTACIÓN HUÁNUCO.....	42
TABLA 17. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS-ESTACIÓN SAN RAFAEL.....	42
TABLA 18. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS-ESTACIÓN YANAHUANCA.....	42
TABLA 19. PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS-ESTACIÓN CERRO DE PASCO.....	50
TABLA 20. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN QUE MÁS SE AJUSTAN A LOS DATOS USADOS.....	50
TABLA 21. PRECIPITACIONES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO-ESTACIÓN HUÁNUCO.....	51
TABLA 22. PRECIPITACIONES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO-ESTACIÓN SAN RAFAEL.....	51
TABLA 23. PRECIPITACIONES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO-ESTACIÓN YANAHUANCA.....	52
TABLA 24. PRECIPITACIONES PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO-ESTACIÓN CERRO DE PASCO.....	52



TABLA 25. ÁREAS POR ALTITUDES GENREADOS EN ARCGIS.....	59
TABLA 26. CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES DE LA CUENCA DE APORTE	61
TABLA 27. DATOS DE LA RED HÍDRICA DE LA CUENCA DE APORTE.....	61
TABLA 28. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS DE CADA ESTACIÓN	63
TABLA 29. ÁREAS DE INFLUENCIA DE CADA ESTACIÓN	63
TABLA 30. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS PROMEDIO DE TODA LA CUENCA DE APORTE	64
TABLA 31. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 2 AÑOS	67
TABLA 32. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 5 AÑOS	67
TABLA 33. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS.....	68
TABLA 34. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.....	68
TABLA 35. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.....	69
TABLA 36. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.....	69
TABLA 37. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.....	70
TABLA 38. DATOS DE HIETOGRAMA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.....	70
TABLA 39. PRINCIPALES PARÁMETROS PARA HEC-HMS	73
TABLA 40. CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	80
TABLA 41. MODELOS DE DISTRIBUCIÓN QUE MEJOR SE AJUSTAN A CADA ESTACIÓN.....	92
TABLA 42. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS – ESTACIÓN HUÁNUCO.....	93
TABLA 43. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS – ESTACIÓN SAN RAFAEL	93
TABLA 44. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS – ESTACIÓN YANAHUANCA	94
TABLA 45. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS – ESTACIÓN CERRO DE PASCO.....	94
TABLA 46. PRECIPITACIONES MÁXIMAS 24 HORAS DE TODA LA CUENCA DE APORTE.....	95
TABLA 47. PARÁMETROS DE LA CUENCA DE APORTE	97
TABLA 48. CARACTERÍSTICAS DE LA CUENCA DE ACUERDO A SUS PARÁMETROS.....	97
TABLA 49. CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS	101



TABLA 50. CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS	105
TABLA 51. CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS	111
TABLA 52. CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS	117
TABLA 53. CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS	123
TABLA 54. CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS	129
TABLA 55. CARACTERISTICAS HIDRÁULICAS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS	135
TABLA 56. ÁREAS DE INUNDACIÓN PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO	144



Índice de Figuras

FIGURA 1. HIETOGRAMA DE DISEÑO.	32
FIGURA 2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	39
FIGURA 3. CARATS NACIONALES USADAS EN LA INVESTIGACIÓN.....	44
FIGURA 4. TRAZADO DE RECTAS DOBLE MASA	44
FIGURA 5. RECTA DOBLE MASA ESTACIÓN BASE SAN RAFAEL	44
FIGURA 6. RECTA DOBLE MASA ESTACIÓN HUÁNUCO.....	446
FIGURA 7. RECTA DOBLE MASA ESTACIÓN YANAHUANCA	44
FIGURA 8. RECTA DOBLE MASA ESTACIÓN CERRO DE PASCO.....	44
FIGURA 9. DELIMITACIÓN DE LA CUENCA DE APORTE	44
FIGURA 10. MODELO DIGITAL DEL TERRENO DE LA CUENCA DE APORTE	44
FIGURA 11. MODELO DE ALTITUDES DE LA CUENCA DE APORTE.....	59
FIGURA 12. MODELO DE PENDIENTES DE LA CUENCA DE APORTE.....	59
FIGURA 13. MODELO DE LA RED HÍDRICA DE LA CUENCA DE APORTE	59
FIGURA 14. CURVA HIPSOMETRICA DE LA CUENCA DE APORTE	59
FIGURA 15. POLIGONO DE FRECUENCIA DE ALTITUDES DE LA CUENCA DE APORTE	60
FIGURA 16. POLIGONOS DE THIESSEN DE LA CUENCA DE APORTE	59
FIGURA 17. MODELO DE DE LA CUENCA EN HEC-HMS	72
FIGURA 18. HIDROGRAMA DE AVENIDA PARA PERIDODO DE RETORNO 10 AÑOS	59
FIGURA 19. CAUDAL MÁXIMO PARA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS.	78
FIGURA 20. HIDROGRAMA DE AVENIDA PARA PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.	78
FIGURA 21. CAUDAL MÁXIMO PARA PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.	78
FIGURA 22. HIDROGRAMA DE AVENIDA PARA PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.	78
FIGURA 23. CAUDAL MÁXIMO PARA PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.	80
FIGURA 24. HIDROGRAMA DE AVENIDA PARA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.	78



FIGURA 25. CAUDAL MÁXIMO PARA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.....	78
FIGURA 26. HIDROGRAMA DE AVENIDA PARA PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.....	78
FIGURA 27. CAUDAL MÁXIMO PARA PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.....	82
FIGURA 28. HIDROGRAMA DE AVENIDA PARA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.....	82
FIGURA 29. CAUDAL MÁXIMO PARA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.....	82
FIGURA 30. TRAMO DEL RÍO LEVANTADO PARA SIMULACIÓN.....	85
FIGURA 31. TOPOGRAFÍA DEL RÍO HUALLAGA PARA TRAMO EN ESTUDIO.....	85
FIGURA 32. COEFICIENTES DE RUGOSIDAD DE MANNING PARA CAUCES NATURALES.....	88
FIGURA 33. MODELO DIGITAL DEL TERRENO PARA SIMULACIÓN EN HEC-RAS.....	88
FIGURA 34. SIMULACIÓN EN HEC-RAS PARA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS.....	91
FIGURA 35. SIMULACIÓN EN HEC-RAS PARA PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.....	91
FIGURA 36. SIMULACIÓN EN HEC-RAS PARA PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.....	92
FIGURA 37. SIMULACIÓN EN HEC-RAS PARA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.....	92
FIGURA 38. SIMULACIÓN EN HEC-RAS PARA PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.....	93
FIGURA 39. SIMULACIÓN EN HEC-RAS PARA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.....	93
FIGURA 40. CURVAS IDF DE LA CUENCA DE APORTE.....	93
FIGURA 41. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS.....	101
FIGURA 42. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.....	101
FIGURA 43. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.....	102
FIGURA 44. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.....	102
FIGURA 45. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.....	103
FIGURA 46. HIETOGRAMA DE DISEÑO PARA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.....	103
FIGURA 47. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO - DE 0.000KMA 2.000 KM.....	103
FIGURA 48. PARÁMETROS GEOMÉTRICOS DEL TRAMO DEL RÍO EN ESTUDIO - DE 2.000KMA 3.780 KM.....	106



FIGURA 49. VISTA PERSPECTIVA 3D PARA PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS	106
FIGURA 50. VISTA PERSPECTIVA 3D PARA PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.	144
FIGURA 51. VISTA PERSPECTIVA 3D PARA PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.	144
FIGURA 52. VISTA PERSPECTIVA 3D PARA PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.	145
FIGURA 53. VISTA PERSPECTIVA 3D PARA PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.	145
FIGURA 54. VISTA PERSPECTIVA 3D PARA PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.	146
FIGURA 55. ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUALLAGA TRAMO HUAYLLA AMBO PERIODO DE RETORNO 10 AÑOS.	148
FIGURA 56. ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUALLAGA TRAMO HUAYLLA AMBO PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS.	149
FIGURA 57. ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUALLAGA TRAMO HUAYLLA AMBO PERIODO DE RETORNO 50 AÑOS.	150
FIGURA 58. ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUALLAGA TRAMO HUAYLLA AMBO PERIODO DE RETORNO 100 AÑOS.	151
FIGURA 59. ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUALLAGA TRAMO HUAYLLA AMBO PERIODO DE RETORNO 200 AÑOS.	152
FIGURA 60. ÁREAS DE INUNDACIÓN DEL RÍO HUALLAGA TRAMO HUAYLLA AMBO PERIODO DE RETORNO 500 AÑOS.	153



Introducción

Un problema que se presentan en la mayoría de ríos de nuestro país y de nuestra región es el desconocimiento del comportamiento hidrológico e hidráulico de estos en épocas de avenidas, debido a que no cuentan con registros históricos de caudales y si a ello le sumados los cambios climáticos que está atravesando nuestro planeta en los últimos tiempos nos ponen en desventaja frente a la naturaleza, haciendo muy difícil identificar las áreas de inundación de los ríos en época de crecidas y por ende hacen que el riesgo de inundaciones por desbordes sea latente, convirtiéndose en un inconveniente para los ingenieros civiles. El tramo del río Huallaga comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo presenta los problemas mencionados; frente a esta problemática el uso de los Sistemas de información Geográfica tienen una aplicación muy poderosa, ya que apoyados de modelos matemáticos como el Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC–HMS) y Hydrologic Engineering Center – River Analyst System (HEC–RAS) permiten al ingeniero simular el comportamiento de ríos para avenidas extremas y así identificar las áreas de inundación del río para diferentes periodos de retorno.

La presente investigación tiene por objetivo proponer la correcta aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con SIG para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo; el fundamento teórico de la investigación se basa en conocimientos de conceptos básicos de Cartografía, y conocimientos fundamentales de Hidrología e Hidráulica, también es necesario



conocer los programas ArcGIS, HEC-HMS, HEC-RAS y como estos interactúan entre sí, utilizando los conocimientos tradicionales.

Para lograr el objetivo, la presente tesis propone una metodología sencilla y automatizada fundamentada en la revisión de la literatura, que con la utilización de los SIG y modelos matemáticos hidrológicos e hidráulicos permiten ponernos a la par frente a la naturaleza.

La metodología propuesta en la investigación se divide en dos grandes grupos.

El primer grupo de la metodología trata del análisis hidrológico, acá marcamos los principales procedimientos y pasos para llegar al resultado final del mismo que es la determinación de los hidrogramas y caudales de máximas avenidas de la cuenca de aporte con diferentes periodos de retorno; se parte de la información meteorológica y cartográfica obtenida de las entidades correspondientes, la información meteorológica está conformada por las precipitaciones máximas en 24 horas de cuatro estaciones pluviométricas que influyen en el comportamiento hidrológico de la cuenca, esta información es proporcionada por el SENAMHI, estas estaciones son la estación Huánuco, San Rafael, Yanahuanca y Cerro de Pasco, la información cartográfica la conforman las cartas nacionales 21-K y 22-K, obtenidas del IGN. Con los datos meteorológicos y cartográficos se determinan las precipitaciones máximas con diferentes periodos de retorno de toda la cuenca, las curvas IDF de la cuenca, los parámetros de la cuenca de aporte mediante un procesamiento en ArcGIS, los hietogramas de diseño para diferentes periodos de retorno, y con estos resultados finalmente se realiza la simulación hidrológica con el modelo HEC-HMS obteniendo



los hidrogramas y caudales de máximas avenidas de la cuenca para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años respectivamente.

El segundo grupo de la metodología propuesta trata del análisis hidráulico, acá nos valemos de los resultados del análisis hidrológico, es decir de los caudales de máximas avenidas de la cuenca para diferentes periodos de retorno, además partimos de la información topográfica del río estudio, de la visita a campo para inspeccionar las características hidráulicas, a partir de esta información se realiza un procesamiento en ArcGIS para obtener los principales parámetros geométricos del río, como: eje, márgenes, llanuras de inundación y secciones transversales; también se realiza la selección del coeficiente de rugosidad más adecuado, obtenidos los datos y resultados anteriores se realiza la simulación hidráulica con HEC-RAS para determina las características hidráulicas de las secciones que conforman el tramo del río, y se obtienen el resultado final de la tesis que son las áreas de inundación del río para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 respectivamente.

Los caudales de máximas avenidas de la cuenca para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años son 43.60, 82.10, 123.90, 178.10, 249.20 y 372.00 m³/s. respectivamente. Las áreas o superficies de inundación del río Huallaga en todo el tramo de estudio correspondiente a 3780 metros del río Huallaga, para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años son 147261.31, 156341.48, 161609.88, 166877.76, 173839.88 y 187182.16 m² respectivamente.

Con la tesis se concluye 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 mediante el uso de una metodología sencilla y automatizada que ahorra tiempo y esfuerzos. La metodología propuesta en la tesis proporciona un aporte académico valioso para el ingeniero civil.



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



Capítulo I. Marco Teórico



1.1. Antecedentes.

En la Investigación de (Llorente Isidro, Días Herrero, & Laín Huerta, 2009) "Aplicaciones de los SIG al Análisis y Gestión del Riesgo de Inundaciones: Avances Recientes" aporta valiosa información sobre las múltiples aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica para determinar el riesgo inundaciones, ya que permite realizar: estudios de peligrosidad, delimitar áreas inundables, realizar un ordenamiento territorial, etc. Enfatiza que el empleo de los SIG es un ahorro de tiempo, costos y esfuerzos cuando interactúan con modelos matemáticos hidrológicos e hidráulicos como el HEC- HMS y HEC-RAS.

Según en trabajo de investigación de (Triviño Pérez & Ortiz Rojas, 2004) "Metodología para la modelación distribuida de la escorrentía superficial y la delimitación de zonas inundables en ramblas y ríos-rambla mediterráneos", se propone un método para estimar la escorrentía superficial en cuencas de ramblas y ríos-rambla mediterráneos y los niveles de aguas para lluvias de intensidades máximas, sus resultados aportan criterios rigurosos para delimitar las zonas inundables y elaborar una cartografía de calidad sobre riesgos de inundación. El método consiste en tres fases: fase I, tratamiento de la precipitación; fase II, Síntesis de la lluvia efectiva y fase III, simulación de escorrentía superficial.

En su investigación (Torres Quintero & Gonzáles Naranjo, 2010) "Aplicación del Modelo de Simulación Hidráulica HEC-RAS Para la Emisión de Pronósticos Hidrológicos de Inundaciones en Tiempo Real, en la Cuenca Media del Río Bogotá - Sector Alicachin" demuestra la importancia de aplicar el modelo HEC-RAS al permitir



pronosticar los niveles de agua para eventos extremos de inundación, simulando de manera aproximada el comportamiento del recurso hídrico. Proporciona tres pasos fundamentales para la aplicación del modelo HEC-RAS:

Primer Paso: Crear por medio de herramientas SIG como ArcGIS los modelos digitales de elevación – DEM con un archivo de importación para HEC-RAS que contenga información geométrica de las secciones transversales, del cauce y las llanuras de inundación del sistema hídrico del río Bogotá.

Segundo Paso: Aplicar la modelización del flujo permanente con el modelo HEC-RAS, el cual genera un archivo de exportación para ArcGIS.

Tercer Paso: Generar los resultados de la mancha de agua y superficies de inundación mediante mapas de Inundación en ArcGIS.

En muchos de los ríos de nuestro país y particularmente de nuestra región no se cuenta con datos de caudales, en la tesis de (Reyna, Spalletti, & Brea, 2010) “Riesgo de Inundaciones en el río Lujan” la escasez de datos de caudales medidos en la cuenca del río Luján, hacen necesaria la estimación de los hidrogramas que se generan en cada área de aporte. Los hidrogramas de escorrentía directa se obtienen aplicando el modelo hidrológico HEC-HMS que utiliza métodos de precipitación-escorrentía.

En la tesis de (Coloma Laimito, 2015) "Simulación Hidrológica e Hidráulica del Río Tambo, Sector Santa Rosa, Distrito de Cocachacra, Provincia de Isla y, Departamento de Arequipa" tiene como objetivo realizar la simulación hidrológica e hidráulica del río Tambo para prevenir las inundaciones, en un tramo de 600 metros del sector de riego Santa Rosa en el río Tambo, para lograr tal fin:



- Analizar la información pluviométrica e hidrométrica en periodos de máximas avenidas.
- Calcula las máximas avenidas aplicando el modelamiento hidrológico con el programa HEC-HMS, y comparar los resultados con información de caudales máximos diarios registrados y caudales máximos estimados a partir de la información de campo.
- Determinar los niveles de inundación aplicando el modelamiento hidráulico para flujos con régimen permanente mediante el HEC-RAS.



1.2. Formulación del Problema.

“Las inundaciones son eventos extraordinarios en los que se habla de un exceso de agua en la superficie y plantea serios riesgos cuando sus efectos se encuentran interrelacionados con el hombre o las actividades que desarrolla, produciendo afectaciones económicas, sociales y ambientales” (Paoli C, 2000).

Un problema que se presentan en la mayoría de ríos de nuestro país y de nuestra región es el desconocimiento del comportamiento hidrológico e hidráulico de estos en épocas de avenidas, debido a que no cuentan con registros históricos de caudales, es decir no se cuentan con estaciones de aforos, más aún si a ello le sumados los cambios climáticos que está atravesando nuestro planeta en los últimos tiempos nos generan un gran problema a los ingenieros civiles cuando se necesitan identificar las áreas de inundación y crecidas de los ríos. El problema mencionado también trae consigo que el riesgo de inundaciones por desbordes sea latente, convirtiéndose en otro inconveniente para los ingenieros civiles. El tramo del río Huallaga comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo presenta los problemas mencionados; frente a esta problemática en los últimos años el uso de los Sistemas de Información Geográfica tienen una aplicación muy poderosa y aceptada mundialmente, ya que se apoya de modelos matemáticos como el Hydrologic Engineering Center – Hydrologic Modeling System (HEC–HMS) y Hydrologic Engineering Center – River Analyst System (HEC–RAS) que permiten al ingeniero simular el comportamiento de ríos para avenidas extremas y así identificar las áreas de inundación para diferentes periodos de retorno.



Lamentablemente las herramientas SIG no tienen el uso, alcance y difusión deseada en nuestra medio y región por la falta de conocimiento en el tema y poca importancia que se le da en los cursos de pregrado, sin que exista una metodología que proponga su correcta aplicación, convirtiéndose en un bache para el conocimiento; Para lograr simular correctamente con SIG se debe aplicar un procedimiento adecuado, una metodología sencilla pero bien fundamentada que permite determinar las áreas de inundación del río.



1.2.1. Formulación del problema principal.

- ¿Cuál es 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?

1.2.2. Formulación de problemas específicos.

- ¿Cuál es el análisis y tratamiento que se da a los datos de precipitación para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?
- ¿Cuáles son los parámetros de la cuenca del río Huallaga calculados con Sistemas de Información Geográfica necesarios para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?
- ¿Cuáles son los hietogramas de diseño de la cuenca para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?
- ¿Cuál es la correcta aplicación del HEC-HMS con sistemas de información geográfica para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?
- ¿Cuáles son los hidrogramas de máximas avenidas de la cuenca para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?
- ¿Cuál es la correcta aplicación del HEC-RAS con sistemas de información geográfica para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?



- ¿Cuáles con las características hidráulicas de las secciones del río para identificar las áreas inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla - Ambo?

El trabajo de investigación pretende resolver estas interrogantes y contribuir al conocimiento proponiendo una metodología académica valiosa.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo Principal.

- 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.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Proponer el análisis y tratamiento de los datos de precipitación para determinar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Determinar los parámetros de la cuenca de río Huallaga utilizando Sistemas de Información Geográfica para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Determinar los hietogramas de diseño de la cuenca para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Proponer la correcta aplicación del HEC-HMS con Sistemas de Información Geográfica para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.



- Determinar los Hidrogramas y caudales de máximas avenidas de la cuenca para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Proponer la correcta aplicación del HEC-RAS con Sistemas de Información Geográfica para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Determinar las características hidráulicas de las secciones del río para identificar las áreas de Inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis General.

- 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 mediante una metodología sencilla que ahorra tiempo y esfuerzos.

1.4.2. Hipótesis Específicas.

- El análisis y tratamiento de datos de precipitación permite identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- El cálculo de los parámetros de la cuenca del río Huallaga con sistemas de Información geográfica permite ahorro de tiempo y esfuerzos para identificar las áreas de inundación del río Huallaga. En el tramo Huaylla – Ambo.



- Los hietogramas de diseño de la cuenca permiten identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- La correcta aplicación del HEC-HMS con sistemas de información geográfica permite ahorro de tiempo y esfuerzos para determinar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Los hidrogramas y caudales de máximas avenidas de la cuenca permiten determinar las áreas de inundación del río Huallaga. En el tramo Huaylla – Ambo.
- La correcta aplicación del HEC-RAS con sistemas de información geográfica permite ahorro de tiempo y esfuerzos para determinar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.
- Las características hidráulicas de las secciones del río permiten determinar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

1.5. Variables.

1.5.1. Variable Independiente.

Simulación Hidrológica e Hidráulica con Sistemas de información geográfica.

1.5.2. Variable Dependiente.

Áreas de inundación.

1.6. Indicadores.

- Precipitación.
- Cartas nacionales.
- Periodo de retorno.
- Hietograma.



- Hidrograma.
- Caudal.
- Tirante hidráulico.
- Área Hidráulica.
- Espejo de agua.
- Perímetro mojado.
- Radio Hidráulico.
- Velocidad.
- Número de froud.
- Escala.
- Tamaño.
- Superficie de Agua.

1.7.Operacionalización de Variables.

Tabla 1. Operacionalización de Variables de Investigación.

	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE	SIMULACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA CON SIG	HIDROLOGÍA	PRECIPITACIÓN	mm.
			CARTAS NACIONALES	
			PERIODO DE RETORNO	años
			HIETOGRAMA	mm. - hr
			HIDROGRAMA	m3/s - hr
			CAUDAL	m3/s.
		HIDRÁULICA	TIRANTE	m.
			AREA HIDRAULICA	m2.
			PERIMETRO MOJADO	m.
			ESPEJO DE AGUA	m.
			RADIO HIDRÁULICO	m.
VELOCIDAD	m/s.			
NÚMERO DE FROUD				
DEPENDIENTE	AREAS DE INUNDACIÓN	MAPAS	ESCALA	
			TAMAÑO	
		RIESGOS DE INUNDACIÓN	SUPERFICIE DE AGUA	m2.

Fuente: Elaboración propia.



1.8. Población.

Teniendo en cuenta el objeto de estudio, la población de la investigación está conformada por los tramos de los ríos de nuestra región que no poseen registros históricos de caudales.

1.9. Muestra.

Dada la naturaleza de la población de estudio se tomó una muestra no probabilística por conveniencia, es decir, la muestra empleada en la investigación se seleccionó a criterio del investigador por su accesibilidad y disponibilidad de datos, además teniendo en cuenta que es una zona de futura expansión urbana.

La muestra de trabajo de Investigación es el tramo del río Huallaga comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo, que comprende 3.78 Km. de río estudiado Aproximadamente.

1.10. Limitaciones.

- El costo de los Datos Meteorológicos.
- El trabajo de investigación solo se realizó con el SIG ArcGIS, que se obtuvo de internet en una versión de prueba gratuita.
- El trabajo de Investigación se limita al uso de softwares de uso libre que son de uso gratuito como el HEC-HMS y HEC-RAS que se complementan y trabajan de la mano con el ArcGIS.
- La aplicación del SIG solo se realiza para el tramo del río Huallaga comprendido entre Huaylla y Ambo.



- La investigación solo usa modelos Lluvia – Escorrentía (Método del SCS) para la simulación Hidrológica, por no contar con datos de caudales.
- El costo del Levantamiento Topográfico del tramo del río en estudio.

1.11. Fundamento Teórico.

1.11.1. Sistemas de Información Geográfica.

Los sistemas de información geográfica, conocidos con el acrónimo SIG, desde un punto de vista global son un conjunto organizado de hardware, software y datos geográficos diseñados para la captura, almacenamiento, manipulación, visualización y análisis de información geográfica con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

Los Sistemas de Información Geográfica en el Mundo.

Los primeros SIG se desarrollaron en los años sesenta, como respuesta a las crecientes necesidades de información sobre el territorio. Canadá resultó pionero en el nacimiento de estos programas, si bien se extendieron rápidamente a su vecino del sur y otros países anglosajones, a finales de esa década ya existían varios SIG operativos como DIME (U.S.Bureau of Census) o el GRDSR (Statistic Canada).

El creciente interés por la planificación medio ambiental permite que los SIG se consoliden en la década de los años setenta, paralelamente al vertiginoso desarrollo de los equipos informáticos. En estos años aparecen los primeros planes de estudios universitarios sobre esta técnica, así como algunas empresas privadas dedicadas a su desarrollo y explotación.



En los años ochenta, se conjugó la versatilidad lograda en el manejo gráfico de los mapas con las capacidades de las bases de datos, de tal forma que se podían consultar los datos adheridos a un lugar o hacer una búsqueda de los que cumplían alguna condición; o también, efectuar la superposición de mapas y cálculos iterativos de distancias, permitiendo el ahorro de esfuerzo y tiempo.

Los siguientes desarrollos se hicieron en el aspecto de la entrada de información, utilizando imágenes de satélites, tableros digitalizadores y scanner; dando inicio además a la teoría del "análisis espacial".

En la actualidad, el mejoramiento de los SIG se ha enfocado hacia las operaciones analíticas estadísticas y modelación espacial, centrándose el interés y la inversión de un amplio abanico de profesionales.

Los Sistemas de Información Geográfica en el Perú.

La planificación de un país para el desarrollo socioeconómico y social requiere de mucha información. Cuanto mejor y más fácil es el acceso y la manipulación de los datos, se tendrá mayor posibilidad de producir planes integrales para el desarrollo del país, en sus diversos aspectos.

Así pues, la necesidad de interpretación del espacio geográfico y el aumento de las necesidades de información, tales como la acción del hombre sobre la naturaleza, generó en los últimos años el surgimiento de los Sistemas de Información Geográfica, significando una contribución efectiva en los diferentes niveles del ordenamiento espacial y apareciendo además, el uso de los sensores remotos que han permitido respuestas inmediatas en materia de evaluación y monitoreo del medio ambiente.



En nuestro país, los primeros antecedentes de esta tecnología se remontan a finales de la década de los ochenta, en el ámbito de la Facultad de Ingeniería Agrícola de la Universidad Nacional Agraria de La Molina, a través del curso de Planeamiento Rural, con la enseñanza de la técnica de las áreas homogéneas. Entre 1980 y 1981 se extiende su aplicación en el Sector Público en estudios específicos realizados por el Proyecto Especial Plan Selva, el Proyecto Especial Pichis - Palcazú y el Proyecto Especial Madre de Dios. En todos los casos el proceso fue manual, sin la asistencia de la informática.

A partir de 1985, la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN) puso en operación el primer SIG con equipamiento, consolidación y asistencia técnica, con fondos de donación de la Agencia Internacional para el Desarrollo (AID). El SIG de la ONERN utilizaba el formato de búsqueda de salida y entrada de datos, orientado a la producción cartográfica tipo celular o malla cuadrada. En 1988 el Proyecto Especial de

Apoyo a las Políticas de Desarrollo de la Selva Alta (APODESA) del INADE, inicia la implementación del SIG ARC-INFO para el manejo de las cuencas hidrográficas y el desarrollo de proyectos de la selva alta, constituyéndose en una de las instituciones con mayor experiencia en el desarrollo de proyectos SIG.

En la actualidad, el uso y aplicación de los SIG se viene extendiendo a universidades, instituciones públicas, empresas privadas, Municipalidades y las Fuerzas Armadas.



1.11.2. Los Sistemas de Información Geográfica y los modelos hidrológicos e hidráulicos.

Aunque los Sistemas de Información Geográfica no son, en principio, instrumentos diseñados para la simulación mediante modelos matemáticos, sin embargo son herramientas que facilitan el pre y post proceso de la información espacial que manejan los modelos hidrológicos e hidráulicos.

En el estudio de un cauce, por ejemplo, se utilizan para el estudio hidrológico y cálculo de caudales previo al cálculo hidráulico, para regionalizar o agregar las variables y parámetros y para utilizar sus resultados (archivo de geometría) como entradas del modelo. El flujo es modelado con un software diseñado específicamente para ello, como los que se acaban de presentar, y posteriormente, las salidas de este modelo son nuevamente exportadas a un SIG para su procesamiento y representación gráfica. La representación de la llanura de inundación para un caudal de periodo de retorno dado es posible únicamente mediante esta técnica tal y como muestra la siguiente figura.

Esta conexión de los Sistemas de Información Geográfica con los modelos hidrológicos e hidráulicos ha sufrido una lógica evolución en la última década: los SIG comenzaron a utilizarse de forma aislada a los modelos, como herramientas para regionalizar, agregar y/o calcular variables y parámetros, usando los resultados como entradas a los modelos; pero últimamente han proliferado las aplicaciones, macros, extensiones o módulos que conectan directamente SIG y modelo, y además en relación biunívoca. En esta línea, surgieron las conexiones entre los programas HEC-HMS para



hidrología y HEC-RAS para hidráulica, con los productos ESRI (primero ArcINFO y ArcView y posteriormente ArcGIS), a través de las extensiones HEC-GeoHMS y HEC-GeoRAS, respectivamente. El primero de ellos, HEC-GeoHMS (Doan, 2003), permite extraer información topográfica, topológica e hidrológica desde un modelo digital de elevaciones (MDE), para luego introducirla en HEC-HMS como ayuda en la elaboración del modelo de cuenca. El segundo, HEC-GeoRAS (Ackerman, 2002), permite conectar el SIG y el modelo hidráulico unidimensional en una doble dirección: desde el MDE se extrae la información geométrica necesaria que, una vez empleada en HEC-RAS, permite ser de nuevo exportada al SIG para obtener zonas inundables, batimetrías o velocidades.

1.11.3. Clasificación de los SIG.

Los SIG se encuentran clasificados básicamente en dos clases principales, los de formato raster y los de formato vectorial, cada uno de las cuales reúne condiciones interesantes para determinado tipo de estudio y análisis.

Formato Raster.

Es aquel en el que la base de datos gráfica está conformada por mapas en formato de celdas, en los cuales cada elemento o píxel corresponde a un área o superficie del terreno.

Estos sistemas presentan una estructura bastante sencilla y fácil de manejar, cada elemento de la superficie o píxel presenta básicamente tres valores, conformados por las coordenadas centrales de la superficie y el correspondiente valor o atributo de dicha



superficie, la cual puede estar asociada a una base de datos temática, a través de un código o identificador.

Formato Vectorial.

Es el formato de los sistemas en los cuales la base de datos gráfica está conformada por puntos, líneas y polígonos, los cuales permiten establecer relaciones topológicas muy interesantes y en algunos casos muy complejas que permite alcanzar una gran precisión espacial, así como establecer una relación e interconexión con una base de datos muy temática, a través de un código o identificador, a nivel de punto, nodo, línea arco o polígono.

Los programas SIG actuales como el ArcGIS manejan ambos formatos de datos. Cada formato posee sus propias ventajas y desventajas al momento de digitalizar.

1.11.4. ArcGIS.

Es un completo sistema que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y utilizar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizada por personas de todo el mundo para poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS permite publicar la información geográfica para que esté accesible para cualquier usuario.



1.11.5. Parámetros Fundamentales de una Cuenca.

- Tamaño de la Cuenca.

El tamaño de una cuenca se determina según el área que esta abarca, propiedad más importante, pues permite determinar el potencial de escorrentía que se pueda generar en una superficie expuesta a la precipitación, debido al efecto de flujo superficial que pudiera generar. La clasificación de la cuenca basada en función de su área se muestra en la siguiente tabla. (Viramontes et al., 2007).

Tabla 2. Clasificación de Cuencas por su Tamaño.

TAMAÑO DE LA CUENCA (Km2.)	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 más	Muy Grande

Fuente: Viramontes et al. (2007)

- Coeficiente de Compacidad o Gravelius.

Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de una circunferencia; sus resultados están basados en la clasificación de Campos (1992), mostrados en la Tabla 3. Cuánto más cercano esté el índice a la unidad, la cuenca será más circular y por tanto más compacta, y en la medida que aumenta, la cuenca adquiere una forma más oval (Viramontes et al., 2007). La fórmula está dada por:

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

Donde:



Kc: Coeficiente de Compacidad.

P: Perímetro de la cuenca (Km2.)

A: Área de la cuenca (Km.)

Tabla 3. Formas de la Cuenca por su Coeficiente de Compacidad.

CLASE DE FORMA	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	FORMA DE LA CUENCA
CLASE I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
CLASE II	1.26 a 1.50	Oval-redonda a oval-oblonga
CLASE III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Fuente: Viramontes et al. (2007).

- Relación de Elongación.

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma (Viramontes et al., 2007). Definido por Schumm como la relación entre el diámetro (D) de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud máxima de la cuenca (L) medida desde la desembocadura hasta la divisoria en sus límites extremos sobre una línea recta paralela al eje del río principal.

$$R_e = 1.128 * \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Valores cercanos a la unidad implicará formas menos alargadas y cuanto menor sea a la unidad, será más alargada (González, 2004).

- Factor de Forma.

La forma de la cuenca, factor de forma, fue propuesta por Horton (1945) donde relaciona el área de la cuenca y la longitud de la misma. En este sentido, valores



cercanos a cero indican cuencas alargadas y aquellos cercanos a uno, indican cuencas redondeadas. Una descripción cuantitativa de la forma es proporcionada por la siguiente fórmula:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

A: Área de la cuenca.

L: Longitud de cuenca.

Los valores interpretativos del factor de forma de Horton, pueden interpretarse en la tabla siguiente.

Tabla 4. Formas de la Cuenca de Acuerdo al Factor de Forma.

VALORES DEL FACTOR DE FORMA	FORMA DE LA CUENCA
Menores a 0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni Alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
Mayores a 1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: Delgadillo y Moreno (2011).

- Pendiente media de la cuenca.

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo (Ibáñez et al., 2011).



Tabla 5. Clasificación de la Cuenca por Pendientes.

DESCRIPCIÓN POR PENDIENTE	VALOR DE PENDIENTES (%)
PLANO	0 HASTA 3
LIGERAMENTE ONDULADO	3 HASTA 6
ONDULADO	6 HASTA 12
MUY ONDULADO	12 HASTA 25
LIGERAMENTE ESCARPADO	25 HASTA 40
ESCARPADO	40 HASTA 60
MUY ESCARPADO	60 HASTA 75
MONTAÑOSO	MAYORES A 75

Fuente: Klingebiel y Montgomery(1982).

- Curva Hipsométrica.

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km² o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros.

- Red Hídrica o de Drenaje de la Cuenca.

La red hídrica i red de drenaje de una cuenca es el que constituyen el cauce principal y sus tributarios o afluentes. La forma en que estén conectados estos cauces en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del Sistema de Drenaje en la escorrentía superficial directa.

- Orden de la Cuenca.

Es un número que refleja el grado de ramificación del Sistema de Drenaje.

- Densidad de drenaje.



Definida para una cuenca como la longitud media de curso por unidad de superficie, calculándose mediante la siguiente expresión:

$$D_d = \frac{\sum L_c}{A}$$

Donde:

$\sum L$: es la suma de las longitudes de los cursos que se integran en la cuenca(Km.)

A: es el área de la cuenca en km².

1.11.6. Tiempo de Concentración de la Cuenca.

Es el tiempo requerido por una gota para recorrer desde el punto hidráulicamente más lejano hasta la salida de la sub cuenca.

Transcurrido el tiempo de concentración se considera que toda la cuenca contribuye a la salida. Como existe una relación inversa entre la duración de una tormenta y su intensidad (a mayor duración disminuye la intensidad), entonces se asume que la duración crítica es igual al tiempo de concentración t_c . El tiempo de concentración real depende de muchos factores, entre otros de la geometría en planta de la sub 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.

Las ecuaciones para calcular el tiempo de concentración son numerosas, pero las más usadas por su simplicidad y utilidad se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 6. Fórmulas más Usadas Para el Tiempo de Concentración.

MÉTODO Y FECHA	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.

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje MTC.

1.11.7. Análisis de Distribución de Probabilidad – Análisis de Frecuencias.

El análisis de frecuencias 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.

El análisis de frecuencias 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.

- a) Distribución Gumbel.
- b) Distribución Normal.
- c) Distribución Log – Normal.
- d) Distribución Log - Normal 3 parámetros.



- 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.



- Distribución Normal

La función de densidad de probabilidad normal se define como:

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

Donde:

$f(x)$ = función densidad de la variable.

x = Variable independiente.

μ = parámetro de localización, igual a la media aritmética de x .

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

- Distribución Log Normal 3 Parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2\left(\frac{\ln(x-x_0)-u_y}{S_y}\right)^2}$$

Para $x > x_0$

Donde:

X_0 : parámetro de posición

U_y : parámetro de escala o media

S_y^2 : parámetro de forma o varianza



1.11.8. 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. En la teoría estadística, las pruebas de bondad de ajuste más conocidas son la χ^2 y la Kolmogorov – Smirnov, las cuales se describen a continuación.

- Prueba χ^2

Esta prueba fue propuesta por Karl Pearson en 1900, se aplica para verificar bondad de las distribuciones normales y log normales.

Para aplicar la prueba, el primer paso es dividir los datos en un número k de intervalos de clase. Luego se calcula el parámetro estadístico:

$$D = \sum_{i=1}^k (\theta_i - \varepsilon_i)^2 / \varepsilon_i$$

Donde:

θ_i : es el número observado de eventos en el intervalo i y ε_i es el número esperado de eventos en el mismo intervalo.

θ_i se calcula como:

$$\varepsilon_i = n[F(S_i) - F(I_i)] \quad i = 1, 2, \dots, k$$

Asimismo; $F(S_i)$ es la función de distribución de probabilidad en el límite superior del intervalo i , $F(I_i)$ es la misma función en el límite inferior y n es el número de eventos.

Una vez calculado el parámetro D para cada función de distribución considerada, se determina el valor de una variable aleatoria con distribución χ^2 para $v = k-1-m$



grados de libertad y un nivel de significancia α , donde m es el número de parámetros estimados a partir de los datos.

Para aceptar una función de distribución dada, se debe cumplir:

$$D \leq X^2_{1-\alpha, k-1-m}$$

El valor de $\chi^2_{1-\alpha, k-1-m}$ se obtiene de tablas de la función de distribución χ^2 .

Cabe recalcar que la prueba del X^2 , desde un punto de vista matemático solo debería usarse para comprobar la normalidad de las funciones normal y Log normal.

- 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. Es por ello que es la más usada en Hidrología.

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

$$D = \text{máx} / F_o(xm) - F(xm)$$

Con un valor crítico d que depende del número de datos y el nivel de significancia seleccionado. 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 distribución de probabilidad observada se calcula como:

$$F_o(xm) = 1 - m / (n + 1)$$



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).

Tabla 7. Valores Críticos 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, 1999.

1.11.9. Curvas IDF.

Las curvas Intensidad – Duración – Frecuencia (IDF) son curvas que resultan de unir los puntos representativos de la intensidad media en intervalos de diferente duración, y correspondientes todos ellos a una misma frecuencia o período de retorno (Témez, 1978). Junto con la definición de las curvas, surgen otros elementos a considerar, como son la intensidad de precipitación, la frecuencia o la probabilidad de excedencia de un determinado evento. Por ello, es de suma importancia tener claro el concepto de cada una de estas variables, de modo de tener una visión más clara de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. En este sentido, se debe destacar que la



intensidad, según Chow et al (1994), se define como la tasa temporal de precipitación, o sea, la profundidad por unidad de tiempo (mm/hr), y ésta (1) se expresa como: $I = \frac{P}{T_d}$ (1) Donde P es la profundidad de lluvia en mm o pulg, y T_d es la duración, dada usualmente en hr. Es importante señalar, que cuando sólo se dispone de un pluviómetro en una estación, es evidente que, en general, sólo se podrá conocer la intensidad media en 24 horas. Como se comprenderá, esta información puede inducir a grandes errores por defecto, por cuanto las lluvias de corta duración son, en general, las más intensas. Es natural entonces que las determinaciones de intensidades de lluvia se hagan a partir de los registros proporcionados por los pluviógrafos (Aros, 1997).

2.2 Construcción de las Curvas IDF.

La construcción de las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), según diversos autores, plantean distintas formas o métodos para su construcción. Para Aparicio (1997) existen dos métodos; el primero, llamado de intensidad - período de retorno, relaciona estas dos variables para cada duración por separado, mediante alguna de las funciones de distribución de probabilidad usadas en hidrología.

El otro método relaciona simultáneamente la intensidad, la duración y el período de retorno en una familia de curvas, cuya ecuación.

$$I = \frac{kT^m}{D^n}$$

Donde k, m y n son constantes que se calculan mediante un análisis de regresión lineal múltiple, donde T es el período de retorno en años, D la duración en minutos u horas, e I la intensidad de precipitación en mm/hr.



Luego, aplicando los logaritmos a la ecuación (2) propuesta se pretende llegar a la forma de un modelo de regresión lineal múltiple y cuyo modelo se expresa en la ecuación.

$$\log I = \log k + m \log T - n \log D$$

1.11.10. Hietogramas de Diseño a Partir de Curvas IDF.

Los métodos hidrológicos más modernos requieren no sólo del valor de lluvia o intensidad de diseño, sino de una distribución temporal (tormenta), es decir el método estudia la distribución en el tiempo, de las tormentas observadas.

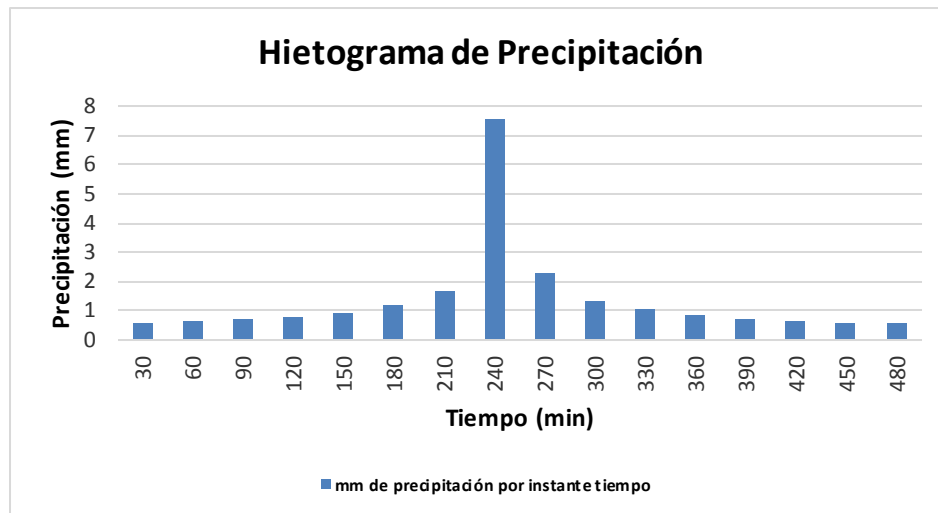
Una de las maneras de obtenerlo es a partir de las curvas IDF, dentro de ellas el Método del Bloque Alterno, es una manera sencilla.

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.

Figura 1. Hietograma de Diseño.



Fuente: Elaboración propia.

1.11.11. Simulación Hidrológica con HEC – HMS.

El HEC-HMS es un programa de modelación hidrológica tipo evento, lineal y semidistribuido, desarrollado para estimar los hidrogramas de salida en una cuenca o varias cuencas a partir de condiciones extremas de lluvias, aplicando para ello algunos de los métodos de cálculo como hietogramas de diseño, pérdidas por infiltración, flujo base y conversión en escorrentía directa, entre otros (Cañón 2003).

Los hidrogramas producidos por HEC-HMS pueden ser utilizados en conjunto con otros programas de cómputo para realizar estudios de disponibilidad del agua, drenaje urbano, predicción de caudales, impacto de proceso de urbanización, diseño de



vertederos de embalses, reducción de daños por inundación, regulación de planicies de inundación entre otros.

1.11.11.1. Componentes del modelo HEC-HMS.

Los componentes del modelo son: el modelo de la cuenca, el modelo meteorológico y el control de especificaciones.

- El modelo de la cuenca.

La representación física de la cuenca y sus respectivos ríos se generan a través del modelo de la cuenca (basin model) mediante la conexión de los elementos hidrológicos. Los elementos hidrológicos disponibles en el programa son: cuencas (subbasins), tramos de tránsito (routing reach), embalses (reservoirs), uniones (junctions), derivaciones (diversions), fuentes (Sources) y sumideros (sinks) (Scharffenberg 2001). La simulación se realiza con los elementos hidrológicos de aguas arriba hacia aguas abajo.

Para determinar las pérdidas se dispone de varios métodos, entre los cuales se encuentra el número de curva (CN por sus siglas en inglés) del Servicio de Conservación de suelos, también conocido como SCS.

La transformación de la precipitación de exceso en escurrimiento superficial es posible mediante el hidrograma unitario y SCS adimensional entre otros.

- El modelo Meteorológico.

El modelo meteorológico realiza el análisis de los datos meteorológicos e incluye precipitación y evapotranspiración. Uno de los métodos de precipitación histórica presente en el programa es el de hietograma especificado por el usuario.



- El control de especificaciones.

En este apartado se determinan los tiempos de la simulación y optimización. Las especificaciones de control incluyen el día de comienzo y la hora al igual que el día de finalización y la hora de las simulaciones realizadas.

1.11.12. Hidrogramas Sintéticos del SCS.

Al no contarse con datos históricos de precipitación-escorrentía en una cuenca hidrográfica, se pueden deducir hidrogramas unitarios a partir de medios sintéticos (Monsalve 1999).

Un hidrograma unitario es un modelo lineal usado para derivar el hidrograma resultante de cualquier cantidad de exceso. El hidrograma unitario se utiliza para calcular el escurrimiento superficial (Solís 2004). En el caso del hidrograma unitario sintético del SCS fue estudiado con base en el análisis de un gran número de hidrogramas unitarios naturales de un amplio rango de tamaños de cuencas hidrográficas y sitios geográficos.

1.11.13. Simulación Hidráulica con HEC-RAS.

HEC – RAS (Hydrologic Engineering Center's – River Analysis System), es un programa de uso libre de modelamiento hidráulico con el que se calculan perfiles del flujo, bajo la hipótesis del flujo unidimensional; los módulos que integran al programa permiten calcular perfiles del flujo en régimen permanente, no permanente, transporte de sedimentos o fondo móvil, así como el análisis de calidad del agua.

La primera versión del HEC – RAS aparece en Julio de 1995 (HEC – RAS 1.0), con ligeros cambios del predecesor HEC – 2, salvo la incorporación de una interfaz



gráfica de usuario (GUI), que permite escribir, editar, mostrar datos y gráficas dentro de un entorno Windows.

En éste trabajo de tesis se emplea la versión del HEC – RAS 4.1.0 y disponible al público desde enero del 2010. La tesis, únicamente comprende el cálculo de perfiles hidráulicos en régimen permanente. El módulo para calcular perfiles de la superficie libre del agua para flujo gradualmente variado, en régimen permanente, puede comprender grandes redes de ríos y canales o solamente un tramo de ellos, así como la capacidad de modelar flujos en régimen subcrítico, supercrítico o mixto. El cálculo de los perfiles hidráulicos se basa en la solución de la ecuación de la energía, bajo la hipótesis del flujo unidimensional. Las pérdidas de energía por fricción, contracción o expansión del flujo, son valuadas con la ecuación de Manning y para la contracción o expansión se multiplica un coeficiente de pérdida por la carga de velocidad.



Capítulo 2. Marco Metodológico.



2.1. Tipo y Nivel de Investigación.

2.1.1. Tipo de Investigación.

Por el tipo de investigación, la presente tesis reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, en virtud que se usaron conocimientos de Hidrología, Hidráulica para interactuar con el software SIG ARCGIS, y los softwares de modelación HEC-HMS y HEC-RAS , a fin de aplicarlas para determinar áreas de inundación.

La investigación aplicada tiene propósitos prácticos inmediatos bien definidos, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad (Carrasco Díaz, 2006).

2.1.2. Nivel de Investigación.

La investigación descriptiva se efectúa cuando se desea describir una realidad en todos sus componentes principales.

Investigación explicativa es aquella que tiene relación causal; no sólo persigue describir o acercarse a un problema, sino que intenta encontrar las causas del mismo.

El nivel de investigación es descriptivo, explicativo.

2.1.3. Diseño de la Investigación.

En el presente trabajo el diseño de investigación viene a ser de tipo investigación de campo porque consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos.



2.2. Técnicas de Recolección de Datos.

La recolección de datos se realizó mediante la técnica de la observación, también se recabó datos mediante la descarga de datos digitales geográficos como las cartas nacionales de las instituciones encargadas.

2.2.1. La Observación.

La observación es una técnica de recogida de información en la que el observador se pone en contacto directo y personalmente con el fenómeno a observar. De esta forma se obtiene información de primera mano. La observación que se realizó en nuestra investigación es de tipo directo e indirecto, y se utilizó datos de fuentes primarias y secundarias.

2.3. Instrumentos de Recolección de datos.

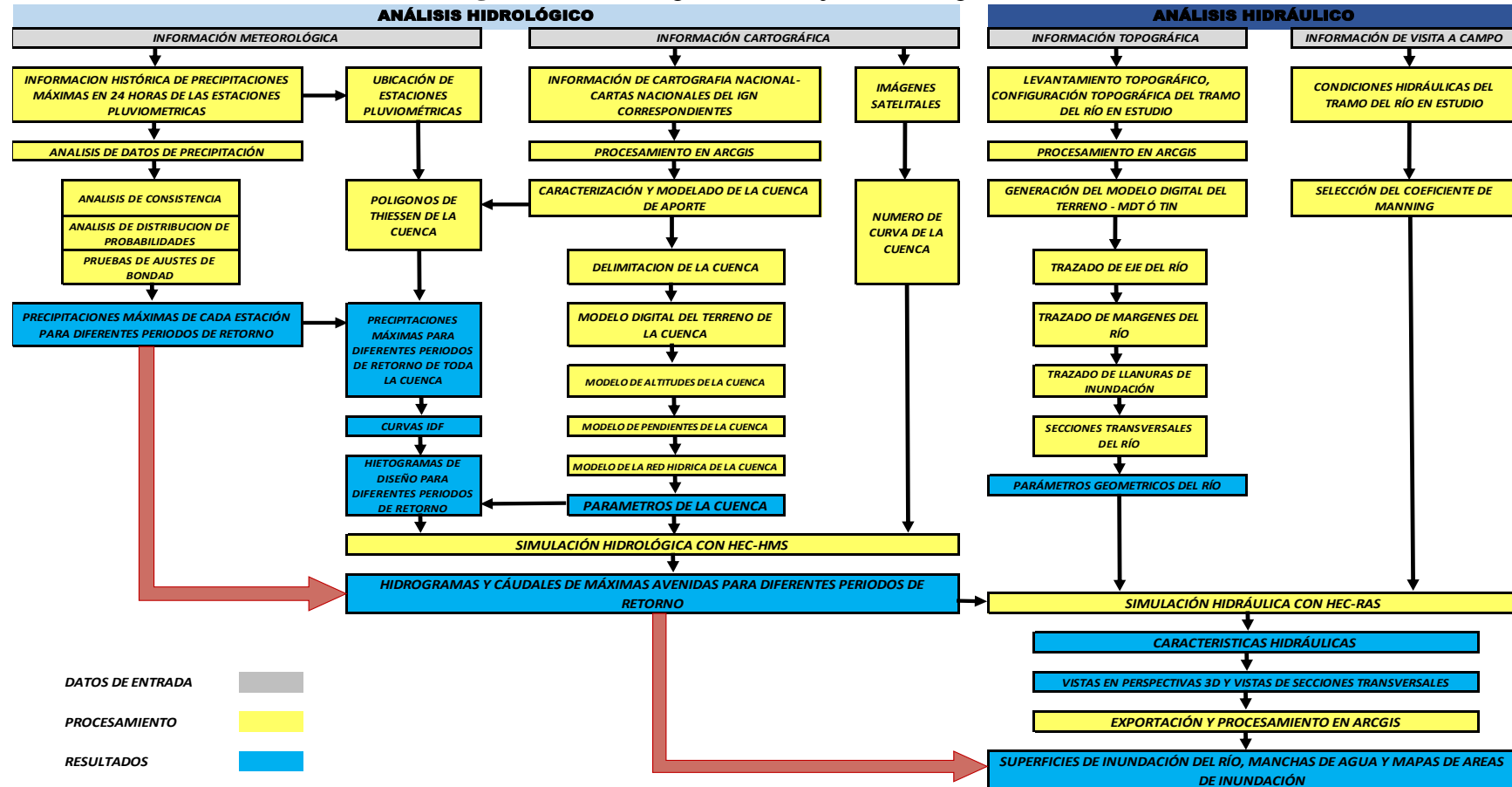
Los instrumentos que se usaron para la recolección de datos en la investigación están conformados por equipos y herramientas; ya que se realizó el levantamiento topográfico, obtención de datos de precipitación de pluviómetros y cartas nacionales del IGN.

2.4. Metodología del Trabajo de Investigación.

La metodología empleada para el presente trabajo de investigación ha sido propuesta en dos grupos, un grupo que comprende el análisis hidrológico y otro que comprende el análisis hidráulico, con la finalidad de detallar los pasos fundamentales para lograr los objetivos de la tesis.



Figura 2. Metodología del Trabajo de Investigación.



Fuente: Elaboración propia.

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.
Bach. Ing. Civil DERLY PABLO CORDOVA MENDOZA



2.5. Análisis Hidrológico.

En el presente capítulo se desarrolla el marco metodológico para la estimación de los hidrogramas y caudales de máximas avenidas, partiendo de la información cartográfica y meteorológica, para posteriormente determinar los parámetros hidráulicos para alcanzar el objetivo de la investigación.

Se parte con un análisis y tratamiento de los datos de precipitación máxima en 24 horas (Pm24hr). Se determinan las características geomorfológicas de la cuenca de aporte a la zona de estudio mediante un proceso de digitalización de las cartas nacionales con ArcGIS.

Se determina la tormenta de diseño y los hietogramas de máximas avenidas para la cuenca y finalmente se determinan los hidrogramas de máximas avenidas con el programa HEC-HMS.

2.5.1. Información Meteorológica

La información meteorológica que se utilizó, corresponde a datos de precipitaciones máximas en 24 horas proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) correspondiente a cuatro estaciones cercanas a la zona de estudio.

Parámetro: Precipitación Max. 24 Horas.

Estaciones: Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Huánuco.

Periodo : (1995-2015).



La ubicación y características de las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio. Ver Tabla 8.

Tabla 8.

Ubicación de Estaciones Pluviométricas Utilizadas en la Investigación.

Estación Pluviométrica	Ubicación		Años de Registro	Altitud m.s.n.m.
	Latitud - Sur	Longitud - Oeste		
Cerro de Pasco	10°41'40" S	76°15'15" W	1995 - 2015	4260
Yanahuanca	10°29'29" S	76°30'29" W	1995 - 2015	3190
San Rafael	10°19'18" S	76°10'10" W	1995 - 2015	3060
Huánuco	09°57'56" S	76°14'13" W	1995 - 2015	2090

Fuente: Elaboración propia - SENAMHI.

Se utilizaron como datos las precipitaciones máximas en 24 horas registradas en las estaciones pluviométricas existentes y cercanas a la zona de estudio de las estaciones de Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Huánuco por influir directamente en las características hidrológicas de la zona de estudio.



Tabla 9.

Datos de Precipitación Máxima en 24 horas - ESTACION HUÁNUCO

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1995	8.0	18.9	17.5	8.9	1.8	0.7	1.2	0.4	2.0	8.9	9.8	12.3
1996	13.5	9.1	5.5	17.1	10.4	0.0	0.1	3.5	1.4	9.3	15.1	8.1
1997	10.5	6.6	11.4	10.6	4.2	1.9	0.0	4.1	9.3	6.3	12.0	7.8
1998	17.9	15.5	27.5	1.0	2.2	1.8	0.0	1.5	3.2	13.4	26.0	7.2
1999	13.1	28.0	15.2	5.4	9.2	8.1	4.7	0.6	33.0	5.6	10.1	13.7
2000	10.8	14.0	14.6	7.7	5.3	7.3	2.4	2.1	4.0	2.8	20.3	19.3
2001	11.3	8.3	10.6	28.7	7.4	0.8	3.2	5.0	2.0	0.0	48.7	10.8
2002	13.0	19.4	14.9	27.2	9.7	2.1	5.2	1.3	2.8	22.9	7.8	5.2
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
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
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
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
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
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
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
2010	4.9	17.4	16.9	4.2	2.4	1.2	3.8	1.8	9.6	3.0	21.8	19.9
2011	10.9	11.6	35.4	8.0	9.5	1.8	0.9	1.5	5.2	18.8	17.4	18.1
2012	16.3	10.3	11.6	14.4	5.7	1.9	4.7	2.5	2.6	16.2	20.3	30.7
2013	6.1	13.5	11.4	13.6	1.9	3.5	3.7	14.1	2.4	11.5	10.3	19.9
2014	15.4	21.9	20.6	24.8	18.2	3.2	1.2	0.3	11.7	23.2	7.6	13.5
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

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI.

Tabla 10.

Datos de Precipitación Máxima en 24 horas - ESTACIÓN SAN RAFAEL

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1995	25.5	30.0	36.8	16.0	18.5	13.0	1.5	3.5	18.0	22.0	26.3	31.7
1996	18.0	17.4	22.8	22.2	8.0	6.0	0.9	3.7	21.1	3.5	19.5	16.0
1997	13.0	18.6	10.2	12.2	4.5	0.0	0.0	7.0	8.7	22.4	14.3	56.7
1998	29.4	27.5	22.5	7.2	4.4	7.8	0.0	5.1	6.2	19.8	19.0	24.6
1999	17.3	21.0	21.6	9.0	7.9	9.7	2.4	12.8	14.3	6.6	19.2	14.7
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
2001	24.4	18.8	17.6	16.0	5.1	5.6	5.3	7.9	9.2	16.2	41.8	26.1
2002	10.2	16.0	20.2	9.6	11.4	2.7	17.6	0.7	7.0	29.9	12.0	25.0
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
2004	29.6	16.3	20.2	10.8	15.0	8.0	3.0	4.3	27.4	22.8	24.1	23.8
2005	9.9	32.0	25.9	15.5	1.3	0.0	1.9	9.3	10.6	13.0	16.1	10.1
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
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
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
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
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
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
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
2013	15.6	24.8	15.9	12.2	4.7	9.9	4.9	6.6	9.1	24.6	27.0	41.1
2014	18.5	16.9	25.7	10.4	8.9	2.7	0.0	3.4	33.0	3.5	9.2	11.2
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

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI.



Tabla 11.

Datos de Precipitación Máxima en 24 horas - ESTACIÓN YANAHUANCA

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1995	1.8	1.5	1.5	1.7	1.0	0.0	0.0	0.0	0.8	0.9	1.7	2.1
1996	1.9	2.0	17.5	21.0	13.0	0.0	0.0	4.1	20.4	14.2	12.7	8.7
1997	22.0	21.0	13.4	12.0	10.0	0.0	1.0	3.0	8.8	7.0	15.0	18.0
1998	19.4	37.7	18.8	20.0	5.4	7.2	0.0	0.3	7.0	15.0	10.8	14.5
1999	14.0	23.0	32.0	13.0	5.7	4.2	4.5	11.0	14.0	15.0	15.0	30.0
2000	18.0	13.8	18.6	10.0	4.3	4.0	4.6	0.0	3.0	7.0	14.0	19.2
2001	15.7	11.2	16.0	18.2	10.0	6.6	13.0	12.5	5.7	9.4	20.0	28.3
2002	10.1	15.2	14.2	18.2	9.7	2.1	10.6	7.3	14.5	14.7	15.9	18.0
2003	17.3	23.2	19.2	14.6	18.8	4.4	0.0	7.5	7.5	16.3	54.8	22.9
2004	6.9	22.1	10.6	7.3	17.0	11.1	7.6	6.5	23.4	20.9	20.0	22.7
2005	15.4	15.7	12.7	10.3	24.8	0.0	7.0	5.0	15.1	22.5	30.7	12.4
2006	16.8	14.0	16.8	18.7	6.6	3.9	0.5	4.9	11.2	17.1	15.4	22.5
2007	17.8	10.2	19.0	12.5	9.3	0.7	23.3	8.0	5.0	35.3	21.5	15.6
2008	12.0	23.3	12.8	14.5	9.0	7.5	0.0	3.8	13.2	15.9	15.1	13.7
2009	20.0	17.6	27.0	31.5	13.4	4.4	15.7	8.3	6.0	15.0	20.0	12.0
2010	11.0	20.0	12.9	9.9	6.5	5.8	0.0	0.0	3.2	12.0	20.3	18.2
2011	17.0	12.1	25.5	21.5	3.2	0.0	3.0	2.2	4.0	8.3	17.1	28.0
2012	10.0	12.1	10.0	12.0	4.2	15.8	5.8	0.0	18.2	13.0	20.0	36.2
2013	17.8	14.5	13.8	10.3	4.3	4.1	4.1	7.1	4.1	10.8	15.2	10.6
2014	13.1	17.2	13.1	8.1	10.1	5.9	7.8	4.3	12.0	15.8	18.5	17.4
2015	22.3	16.8	19.9	14.0	22.8	4.4	0.0	4.8	9.9	15.0	18.7	18.6

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI.

Tabla 12.

Datos de Precipitación Máxima en 24 horas - ESTACIÓN CERRO DE PASCO

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
1995	11.4	25.1	22.8	15.3	12.2	3.1	2.9	0.3	9.4	13.0	18.4	16.1
1996	20.0	13.2	20.0	21.0	7.3	10.0	7.0	1.8	20.6	18.3	21.1	21.5
1997	10.5	12.0	22.6	17.7	12.6	2.8	11.5	5.4	12.5	17.5	36.1	17.9
1998	12.1	30.5	13.7	18.5	5.2	5.5	0.0	1.5	5.7	19.7	15.8	9.6
1999	38.0	31.7	14.7	25.8	7.3	4.8	4.3	3.3	10.7	16.1	16.6	16.5
2000	17.9	17.3	18.3	6.5	9.4	2.8	4.5	8.2	7.1	14.3	12.7	22.6
2001	13.1	24.3	24.0	23.7	10.9	2.0	11.5	6.0	7.9	19.1	16.6	28.0
2002	10.8	19.4	26.8	15.5	13.5	3.0	10.4	3.5	13.7	24.1	12.6	22.3
2003	11.3	19.4	20.7	18.1	8.3	7.0	4.6	10.0	20.7	6.0	20.0	13.1
2004	12.7	31.2	11.4	16.9	6.0	4.0	8.6	7.9	27.5	22.5	26.8	33.2
2005	15.4	20.0	46.7	17.4	2.9	2.8	4.1	4.5	6.0	12.8	29.1	9.0
2006	20.0	20.7	15.0	12.0	7.8	6.5	3.5	5.2	16.8	25.4	18.0	24.6
2007	15.5	16.0	18.4	14.2	16.0	0.0	8.0	4.4	10.5	16.0	20.6	26.7
2008	16.6	18.5	8.0	12.5	5.4	7.3	3.2	10.4	10.0	10.4	29.4	25.0
2009	26.0	19.0	39.2	11.4	12.0	12.0	8.2	12.4	5.1	12.0	31.4	20.0
2010	25.7	15.0	16.9	14.5	14.0	2.0	4.4	0.0	7.5	21.0	11.0	27.8
2011	19.0	16.3	20.8	15.0	12.0	0.0	6.3	9.0	14.0	15.0	21.0	24.0
2012	15.0	17.0	15.0	12.0	7.8	6.5	3.5	5.2	16.8	24.0	12.1	15.7
2013	19.3	12.0	13.0	10.2	8.9	5.8	2.5	6.2	15.0	12.0	10.5	10.0
2014	20.0	13.2	20.0	21.0	7.3	10.0	7.0	1.8	20.6	18.3	21.1	21.5
2015	10.5	12.0	22.6	17.7	12.6	2.8	11.5	5.4	12.5	17.5	36.1	17.9

Fuente: Elaboración propia con datos del SENAMHI.



2.5.2. Información Cartográfica.

Información obtenida del Instituto Geográfico Nacional IGN, la información cartográfica necesaria recabada para la investigación fue la siguiente:

Descripción	Escala
* Mapa Físico Político del Perú	1 / 1 000 000
* Mapa Vial del Perú	1 / 2 000 000
* Cartas Nacionales, Hojas: 21-K y 22-K	formato digital SIG
* Mapa de Cuencas Hidrográficas de Perú	formato digital SIG

Tabla 13. Cartas Nacionales Utilizadas

CARTAS NACIONALES	
DENOMINACIÓN POR CÓDIGO	DENOMINACIÓN POR LUGAR
21- K	AMBO
22-K	CERRO DE PASCO

Fuente: Elaboración propia con datos del IGN.

Figura 3.

Cartas Nacionales Usadas en la Investigación.

20-j La Union	20-k Huanuco	20-l Panao
21-j Yanahuanc	21-k Ambo	21-l Pozuzo
22-j Oyon	22-k Cerro de Pasco	22-l Ulumayo
23-j Canta	23-k Ondores	23-l Tarma

Fuente: Elaboración propia – IGN.



La información de las cartas nacionales proporcionada por el IGN, se obtiene de manera gratuita en Internet.

2.5.3. Análisis de Consistencia de Datos de Precipitación.

El primer paso para empezar a desarrollar la metodología propuesta en el trabajo de investigación es realizar el análisis de consistencia de Datos, partiendo de la información pluviométrica recabada del SENAMHI, muchas veces estos datos están afectados por factores generados por el hombre o cambios inesperados de la misma naturaleza que generan inconsistencia, por ello es importante realizar un análisis de consistencia a los datos que vamos a utilizar, previos a su uso, el análisis más fiable y utilizado para determinar la inconsistencia de datos es el análisis de doble masa.

El procedimiento que se utilizó para determinar la consistencia de los datos de precipitación de las cuatro estaciones pluviométricas con las que se cuenta es el conocido procedimiento de análisis de doble masa. Los posibles errores se pueden detectar en los quiebres que se presentan en las rectas de doble masa. Estos quiebres pueden ser o no significativo, ya que si dicho quiebre está dentro de los límites de confianza entonces la inconsistencia o salto es no significativo.



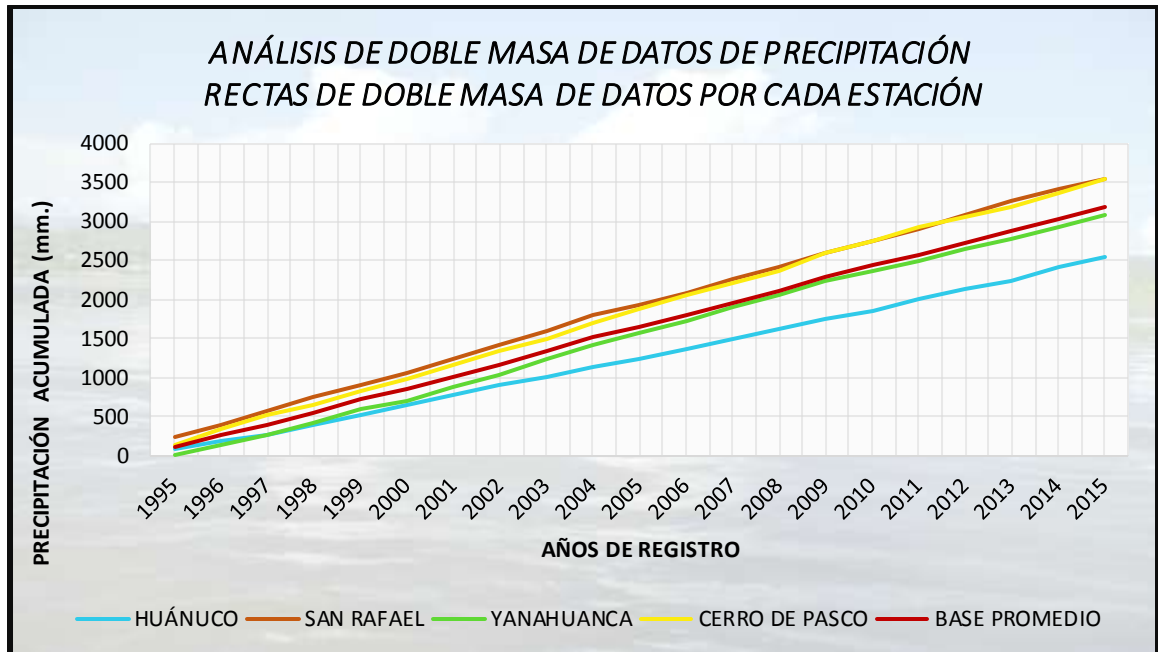
Tabla 14. Datos de Precipitación Procesados Para Trazado de Rectas Doble Masa.

AÑO	ESTACION HUÁNUCO		ESTACION SAN RAFAEL		ESTACION YANAHUANCA		ESTACION CERRO DE PASCO		ESTACION FICTICIA PROMEDIO	
	PRECIPITACION TOTAL (mm.)	PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA (mm.)	PRECIPITACION TOTAL (mm.)	PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA (mm.)	PRECIPITACION TOTAL (mm.)	PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA (mm.)	PRECIPITACION TOTAL (mm.)	PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA (mm.)	PRECIPITACION TOTAL (mm.)	TOTAL ACUMULADA (mm.)
1995	90.4	90.4	242.8	242.8	13	13	150	150	124.05	124.05
1996	93.1	183.5	159.1	401.9	115.5	128.5	181.8	331.8	137.375	261.425
1997	84.7	268.2	167.6	569.5	131.2	259.7	179.1	510.9	140.65	402.075
1998	117.2	385.4	173.5	743	156.1	415.8	137.8	648.7	146.15	548.225
1999	146.7	532.1	156.5	899.5	181.4	597.2	189.8	838.5	168.6	716.825
2000	110.6	642.7	155	1054.5	116.5	713.7	141.6	980.1	130.925	847.75
2001	136.8	779.5	194	1248.5	166.6	880.3	187.1	1167.2	171.125	1018.875
2002	131.5	911	162.3	1410.8	150.5	1030.8	175.6	1342.8	154.975	1173.85
2003	111.1	1022.1	178.1	1588.9	206.5	1237.3	159.2	1502	163.725	1337.575
2004	106.2	1128.3	205.3	1794.2	176.1	1413.4	208.7	1710.7	174.075	1511.65
2005	102.6	1230.9	145.6	1939.8	171.6	1585	170.7	1881.4	147.625	1659.275
2006	141.6	1372.5	143.9	2083.7	148.4	1733.4	175.5	2056.9	152.35	1811.625
2007	112.7	1485.2	172.8	2256.5	178.2	1911.6	166.3	2223.2	157.5	1969.125
2008	147.7	1632.9	174.8	2431.3	140.8	2052.4	156.7	2379.9	155	2124.125
2009	120	1752.9	165.4	2596.7	190.9	2243.3	208.7	2588.6	171.25	2295.375
2010	106.9	1859.8	169.3	2766	119.8	2363.1	159.8	2748.4	138.95	2434.325
2011	139.1	1998.9	146.6	2912.6	141.9	2505	172.4	2920.8	150	2584.325
2012	137.2	2136.1	163	3075.6	157.3	2662.3	150.6	3071.4	152.025	2736.35
2013	111.9	2248	196.4	3272	116.7	2779	125.4	3196.8	137.6	2873.95
2014	161.6	2409.6	143.4	3415.4	143.3	2922.3	181.8	3378.6	157.525	3031.475
2015	126.4	2536	120.9	3536.3	167.2	3089.5	179.1	3557.7	148.4	3179.875

Fuente: Elaboración propia.



Figura 4. Trazado de Rectas Doble Masa



Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de consistencia de doble masa, se grafican las rectas de doble masa para cada una de las estaciones y además una estación ficticia promedio con la que se compara a las anteriores para verificar su consistencia, de la comparación se obtuvo que la estación más consistente y confiable, es decir la que presenta menos quiebres es la estación San Rafael, por tanto es esta la estación base.

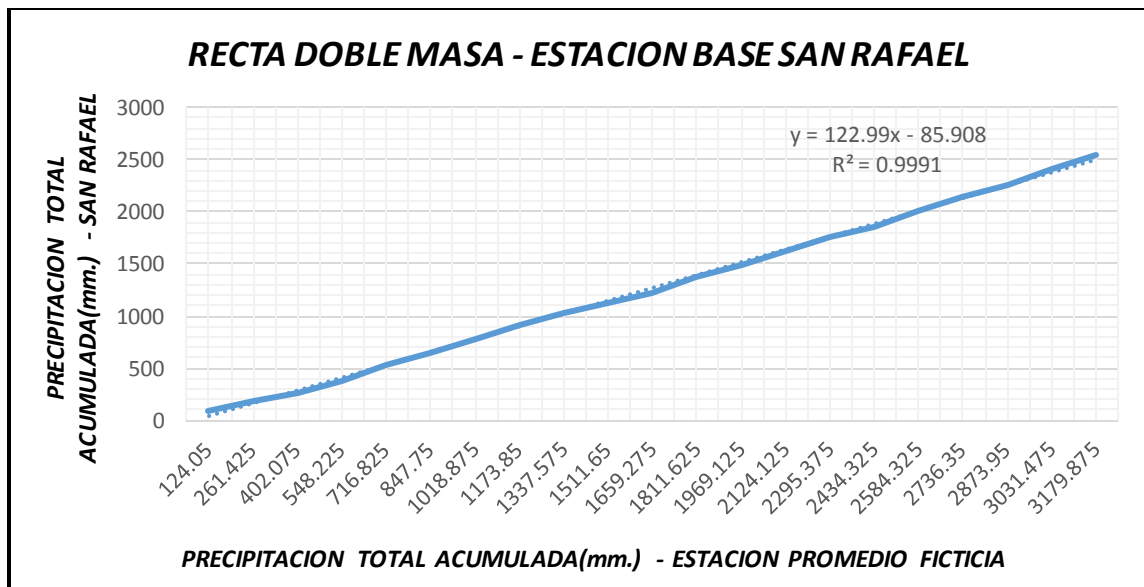


Tabla 15. Estación Base - San Rafael

ESTACION PROMEDIO	ESTACION SAN RAFAEL
PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA (mm.)	PRECIPITACION TOTAL ACUMULADA (mm.)
124.05	90.4
261.425	183.5
402.075	268.2
548.225	385.4
716.825	532.1
847.75	642.7
1018.875	779.5
1173.85	911
1337.575	1022.1
1511.65	1128.3
1659.275	1230.9
1811.625	1372.5
1969.125	1485.2
2124.125	1632.9
2295.375	1752.9
2434.325	1859.8
2584.325	1998.9
2736.35	2136.1
2873.95	2248
3031.475	2409.6
3179.875	2536

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Recta Doble Masa Estación Base San Rafael.

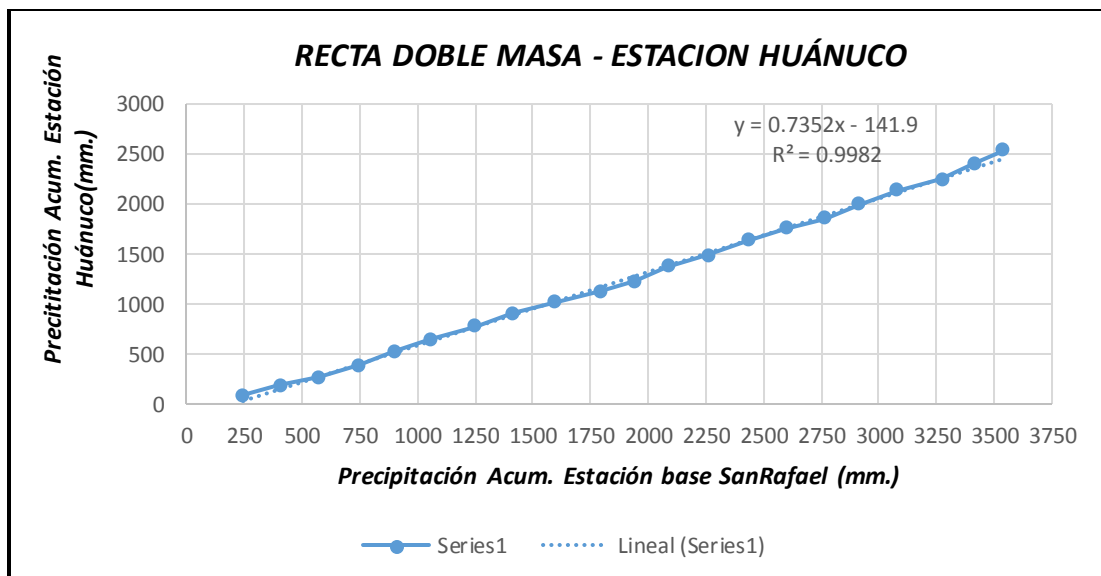


Fuente: Elaboración propia.



El procedimiento siguiente es verificar si las inconsistencias presentadas en el análisis de doble masa teniendo como estación base la estación san Rafael son significativas o no, para ello se realiza un análisis estadístico de la media, conocido como prueba de la media. Previo a la realización de la prueba de la media se visualizan los puntos de mayor quiebre en la recta de doble masa para a partir de esa inconsistencia realizar la prueba estadística. Realizando el procedimiento descrito se obtuvo que las inconsistencias presentadas en la curva de doble masa de cada estación utilizada se obtuvo que no presentan inconsistencias significativas y están pueden ser usadas sin ninguna corrección.

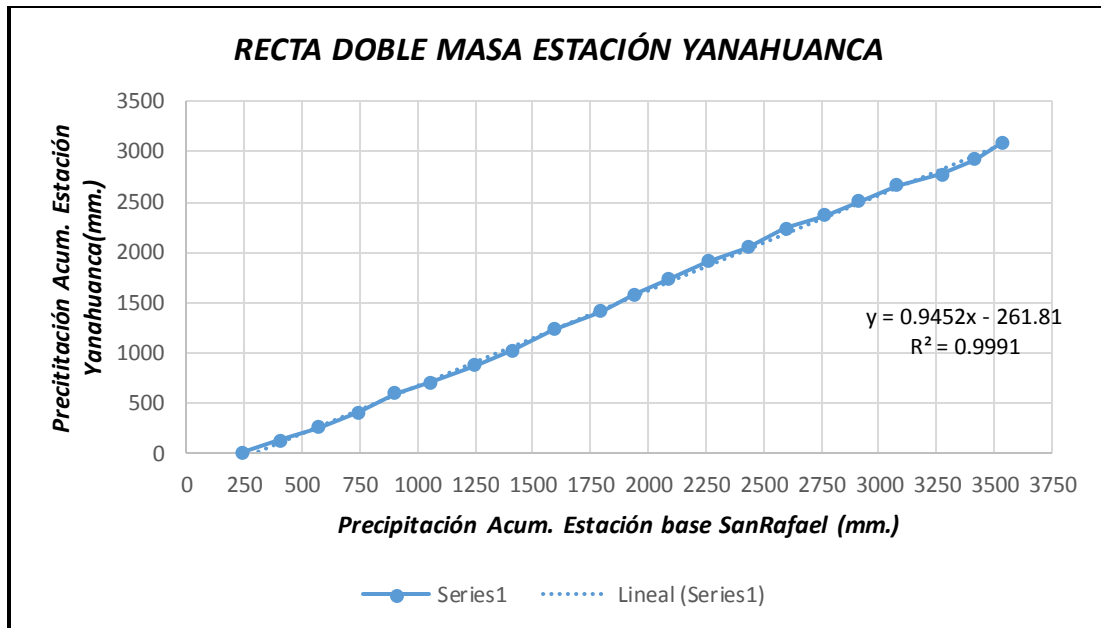
Figura 6. Recta Doble Masa Estación Huánuco.



Fuente: Elaboración propia.

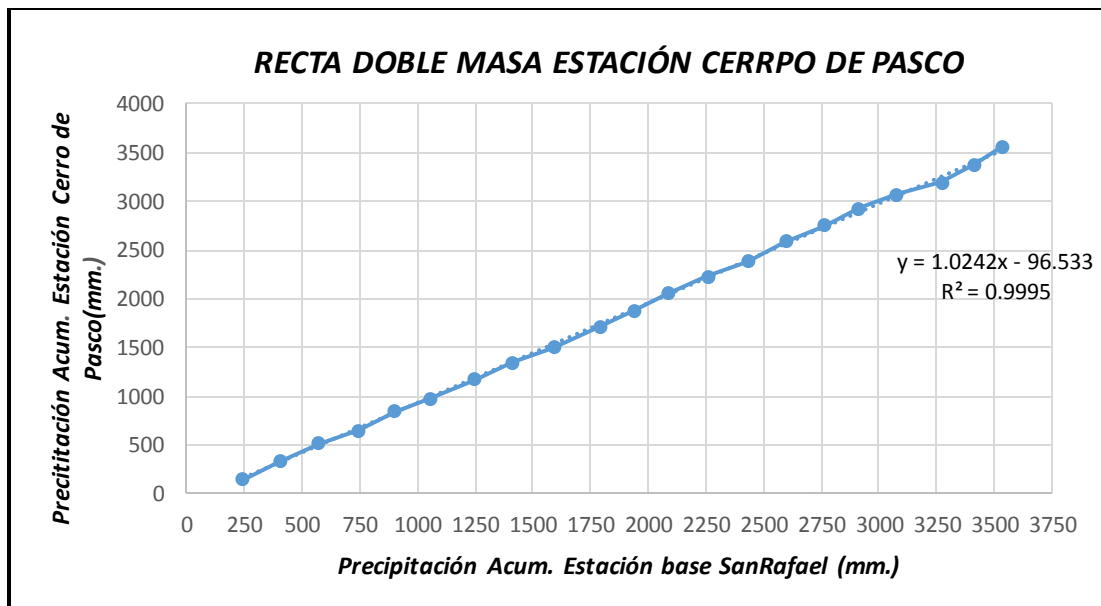


Figura 7. Recta Doble Masa Estación Yanahuanca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Recta doble Masa Estación Cerro de Pasco.



Fuente: Elaboración propia.



Verificado que no existen inconsistencias significativas no se realizó correcciones a los datos de precipitación máximas en 24 horas de cada estación proporcionadas por el SENAMHI y estos se pueden usar tal cual.

2.5.4. Análisis de Distribución de Frecuencias y Pruebas de Ajuste.

Siguiendo con la metodología de la investigación, el procedimiento que sigue es el análisis de frecuencias para poder estimar las precipitaciones para los diferentes períodos de retorno.

Para el presente trabajo de investigaciones se utilizó el análisis de Distribución de frecuencias para determinar las precipitaciones máximas en 24 horas con diferentes periodos de retorno haciendo uso del programa Hidroesta, que facilita el procesamiento y los cálculos, puesto que el procesamiento de la información que se tiene que realizar es bastante laboriosa.

Para seleccionar el modelo de distribución que mejor se ajusta a los datos de precipitación con los que contamos se realiza la prueba de bondad de ajuste, para la presente tesis se utilizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov, ya que es un método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones y además permite elegir la más representativa, es decir la presenta mejor ajuste.

Para determinar la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov Smirnov se utilizó el programa Hidroesta y se analizó el ajuste en ocho modelos de distribución muy usados en hidrología, los más usados según el manual de Hidrología y Drenaje del MTC, estos se describen en los cuadros siguientes.



Tabla 16.

Prueba de Bondad de Ajuste para Precipitaciones Máximas en 24 Horas Estación Huánuco.

PRUEBA DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV PARA LOS DATOS DE LA ESTACIÓN HUÁNUCO							
DISTRIBUCIÓN NORMAL	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL
DELTA TABULAR							
0.2968							
DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	NO SE AJUSTA	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO
0.1291	0.1075	0.1027	0.1221	0.09054		0.1036	0.124
COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS		COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL

Fuente: Elaboración propia con resultados del Hidroesta.

Tabla 17.

Prueba de Bondad de ajuste para Precipitaciones Máximas en 24 Horas Estación San Rafael.

PRUEBA DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV PARA LOS DATOS DE LA ESTACIÓN SAN RAFAEL							
DISTRIBUCIÓN NORMAL	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL
DELTA TABULAR							
0.2968							
DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	NO SE AJUSTA	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO
0.1338	0.0759	0.0685	0.0928	0.07402		0.0636	0.1074
COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS		COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL

Fuente: Elaboración propia con resultados del Hidroesta.

Tabla 18.

Prueba de Bondad de ajuste para Precipitaciones Máximas en 24 Horas Estación Yanahuanca.

PRUEBA DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV PARA LOS DATOS DE LA ESTACIÓN YANAHUANCA							
DISTRIBUCIÓN NORMAL	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL
DELTA TABULAR							
0.2968							
DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	NO SE AJUSTA	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO
0.1434	0.2479	0.1266	0.192	0.13391		0.1237	0.2932
COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS		COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL

Fuente: Elaboración propia con resultados del Hidroesta.



Tabla 19.

Prueba de Bondad de ajuste para Precipitaciones Máximas en 24 Horas Estación Cerro de Pasco.

PRUEBA DE AJUSTE DE KOLMOGOROV SMIRNOV PARA LOS DATOS DE LA ESTACIÓN CERRO DE PASCO							
DISTRIBUCIÓN NORMAL	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARAMETROS	DISTRIBUCIÓN LOG PEARSON TIPO III	DISTRIBUCIÓN GUMBEL	DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL
DELTA TABULAR							
0.2968							
DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO	DELTA TEORICO
0.1296	0.0882	0.09	0.1014	0.08126	0.08743	0.0889	0.0969
COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN NORMAL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 2 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG NORMAL 3 PARAMETROS	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	COMO DELTA TEÓRICO ES MENOR QUE DELTA TABULAR LOS DATOS SE AJUSTAN AL MODELO DE DISTRIBUCIÓN LOG GUMBEL

Fuente: Elaboración propia con resultados del Hidroesta.

Tabla 20.

Modelos de Distribución que más se Ajustan a los Datos Usados para Cada Estación

DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	MODELO DE DISTRIBUCIÓN QUE MEJOR AJUSTE PRESENTA
ESTACIÓN HUÁNUCO	GAMMA 3 PARAMETROS
ESTACIÓN SAN RAFAEL	GUMBEL
ESTACIÓN YANAHUANCA	GUMBEL
ESTACIÓN CERRO DE PASCO	GAMMA 3 PARAMETROS

Fuente: Elaboración propia.

Con base en los modelos de distribución que más se ajustan para cada estación descritos en la tabla 12, se determinan las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno.

2.5.5. Precipitaciones Máximas para Diferentes Periodos de Retorno.

El procedimiento que sigue es calcular las precipitaciones máximas en 24 horas para diferentes periodos de retorno según el modelo de Distribución que más se ajusta a cada serie de datos por cada estación pluviométrica.



Tabla 21.

Precipitaciones para Diferentes Periodos de Retorno - Estación Huánuco.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS			
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm.)
2	0.5	0.5	23.66
5	0.2	0.8	31.34
10	0.1	0.9	36.27
25	0.04	0.96	42.25
50	0.02	0.98	46.53
100	0.01	0.99	50.66
200	0.005	0.995	54.66
500	0.002	0.998	59.78

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22.

Precipitaciones para Diferentes Periodos de Retorno - Estación San Rafael.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL			
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm.)
2	0.5	0.5	30.61
5	0.2	0.8	39.57
10	0.1	0.9	45.51
25	0.04	0.96	53.01
50	0.02	0.98	58.57
100	0.01	0.99	64.09
200	0.005	0.995	69.59
500	0.002	0.998	76.85

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 23.

Precipitaciones para Diferentes Periodos de Retorno - Estación Yanahuanca.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL			
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm.)
2	0.5	0.5	24.27
5	0.2	0.8	33.47
10	0.1	0.9	39.56
25	0.04	0.96	47.25
50	0.02	0.98	52.96
100	0.01	0.99	58.63
200	0.005	0.995	64.27
500	0.002	0.998	71.72

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24.

Precipitaciones para Diferentes Periodos de Retorno - Estación Cerro de Pasco

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS			
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PROBABILIDAD	PROBABILIDAD DE NO OCURRENCIA	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm.)
2	0.5	0.5	27.61
5	0.2	0.8	34.18
10	0.1	0.9	38.28
25	0.04	0.96	43.17
50	0.02	0.98	46.62
100	0.01	0.99	49.93
200	0.005	0.995	53.11
500	0.002	0.998	57.16

Fuente: Elaboración propia.

2.5.5. Caracterización y Modelamiento de la Cuenca de Aporte con SIG.

Para caracterizar la cuenca de aporte es necesario el uso sistemas de información geográfica por ser una herramienta que proporciona un mejor manejo y análisis de la información espacial, convirtiéndose en una importante ayuda por lo laborioso del



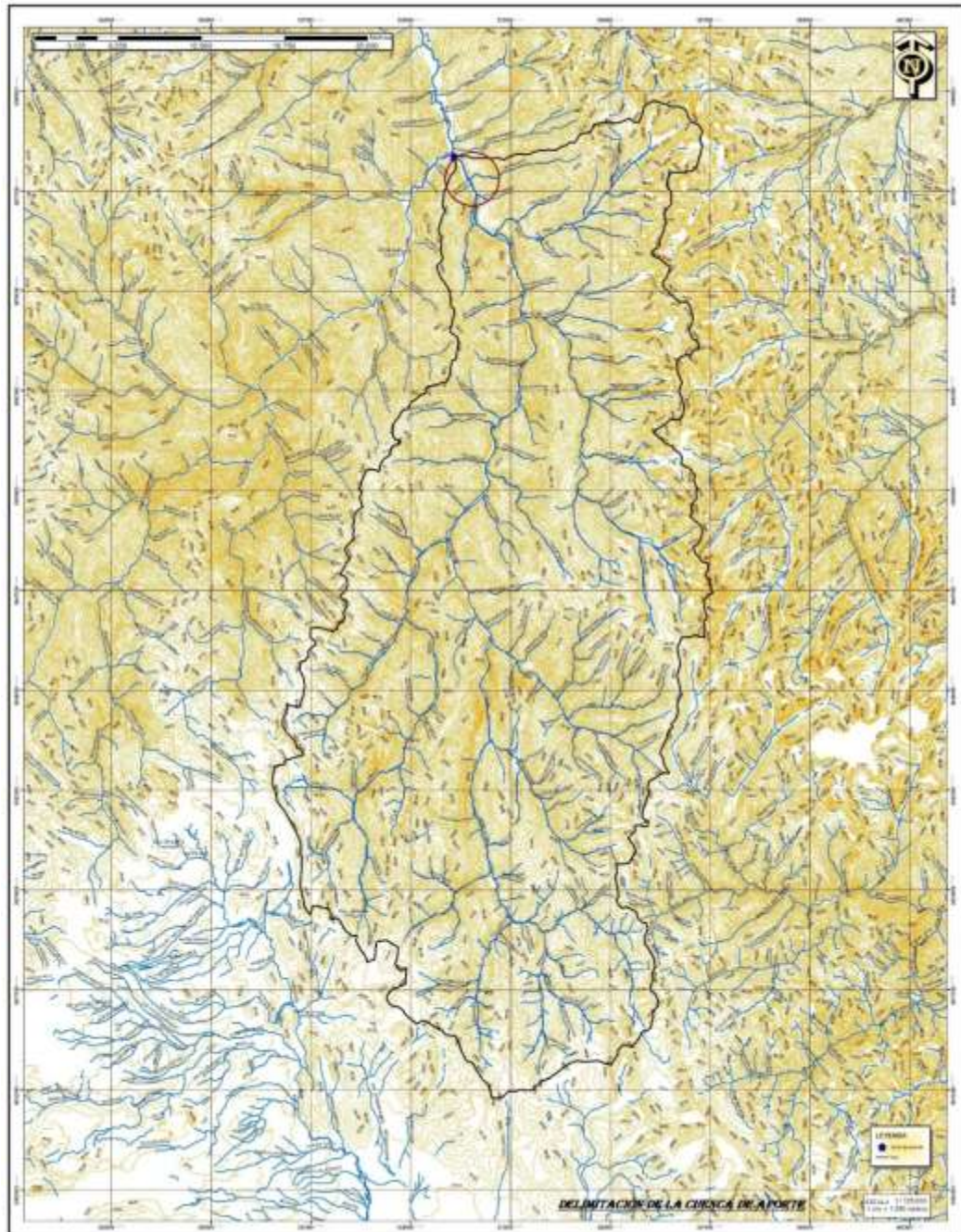
proceso si se realizará manualmente. El uso de una herramienta SIG permite simplificar todos estos procesos para determinar las características de la cuenca de aporte a la zona de estudio de nuestro trabajo de investigación, por ello mediante el uso del programa ArcGIS 10.3 se caracterizó y modeló la cuenca, en base a los datos de las cartas nacionales en formato digital brindadas por en IGN.

El procedimiento consiste básicamente en 5 modelos:

1. Determinar la Delimitación de Cuenca de Aporte, con ello se obtienen los parámetros básicos de la cuenca, como área, perímetro, longitud, etc.
2. Generar el Modelo Digital del Terreno de la Cuenca de aporte, con ello se obtiene datos de elevaciones como la cota máxima y mínima, perfiles del relieve y otros.
3. Generar el Modelo de Altitudes de la cuenca de aporte, con ello obtenemos parámetros como la curva hipsométrica y polígono de frecuencia de altitudes, altitudes características, etc.
4. Generar el modelo de Pendientes de la cuenca de aporte, con ello se obtiene los parámetros del relieve y pendientes.
5. Generar el modelo de la Red Hídrica con ello obtenemos los parámetros de la red hídrica, tales como orden de los ríos, densidad de drenaje, densidad de corriente, etc.



Figura 9. Delimitación de la Cuenca de Aporte.

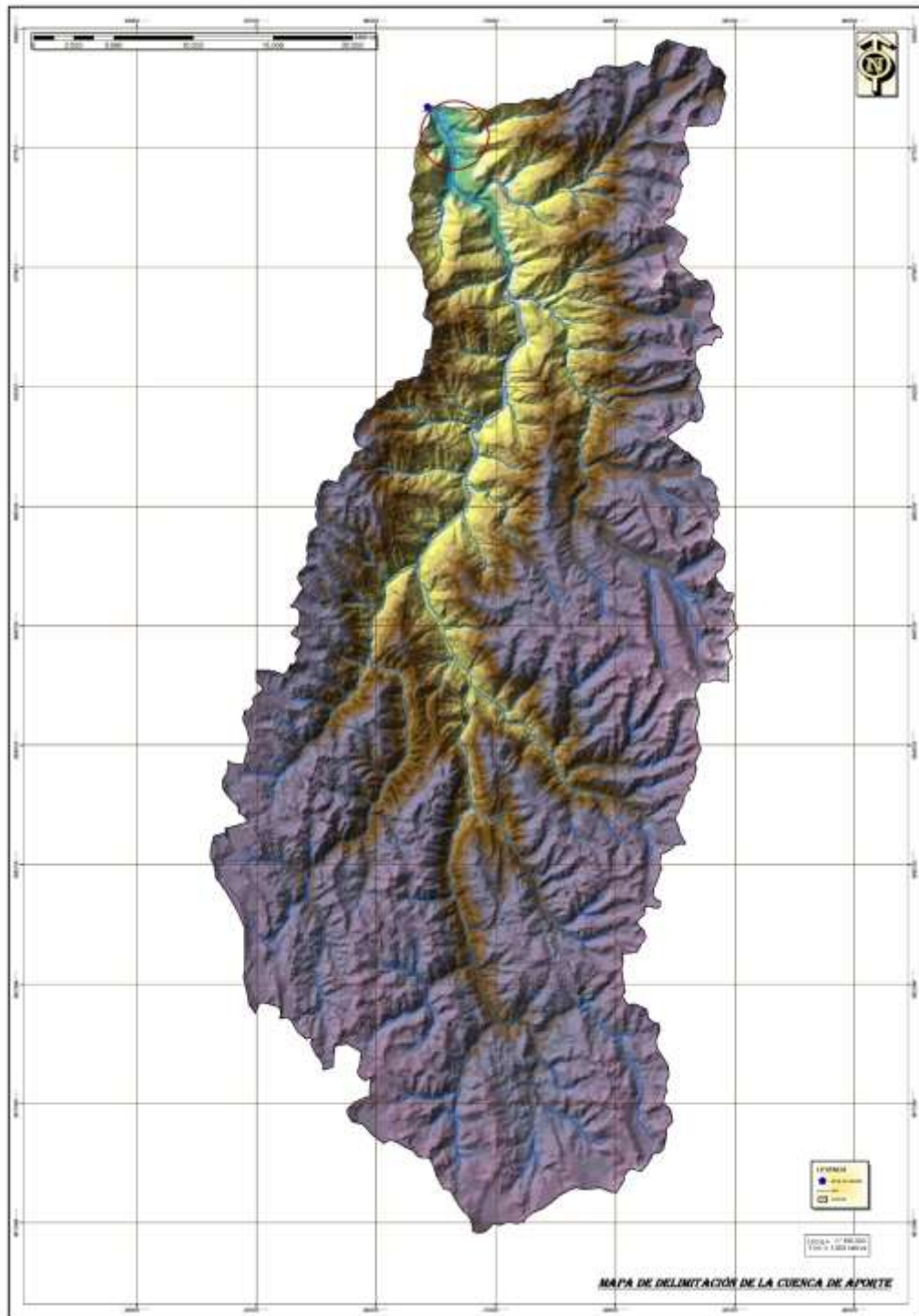


Fuente: Elaboración propia con el SIG ArcGIS 10.3.



Figura10.

Modelo Digital del Terreno de La Cuenca de Aporte.

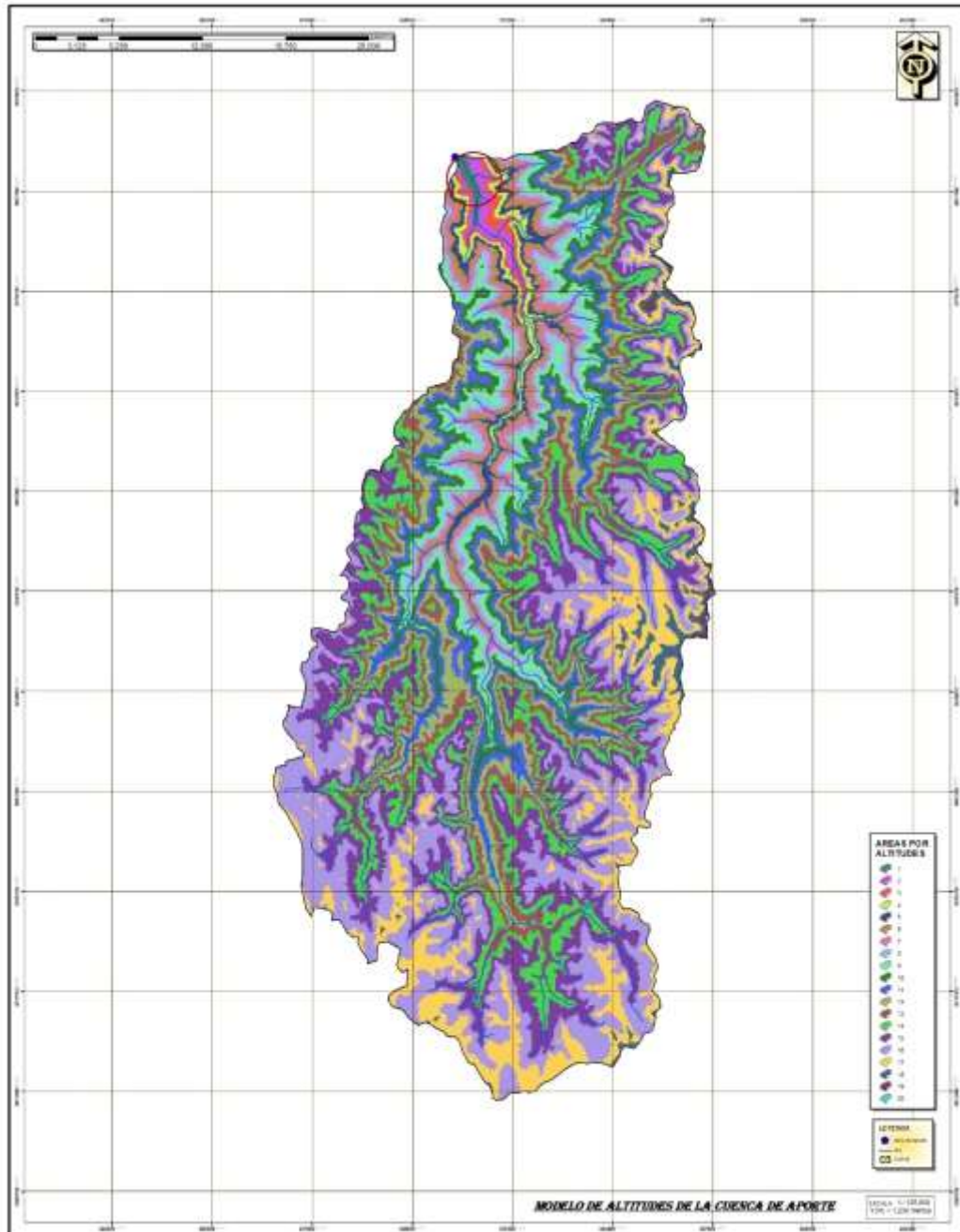


Fuente: Elaboración propia con el SIG ArcGIS 10.3



Figura 11|4.

Modelo de Altitudes de la Cuenca de Aporte

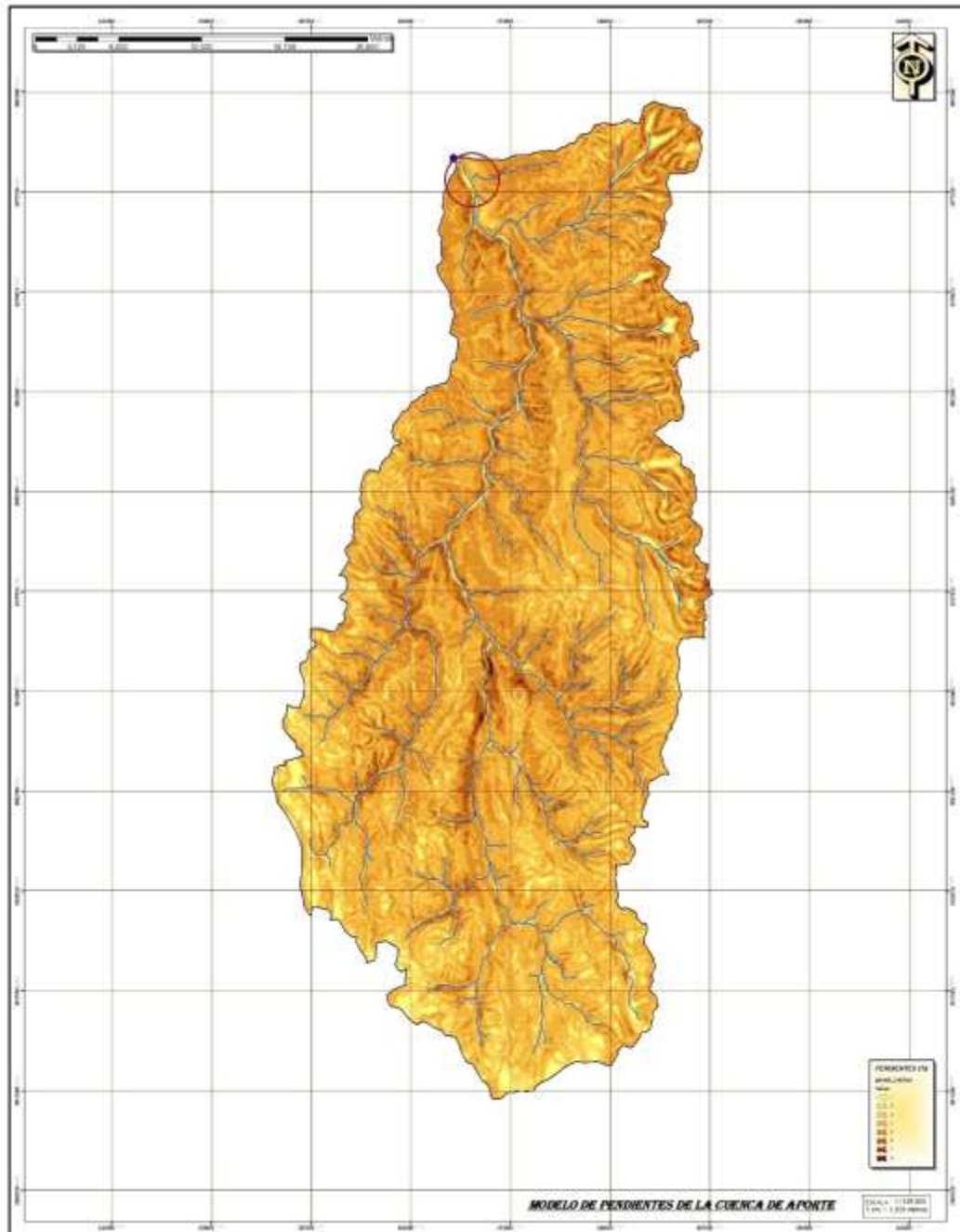


Fuente: Elaboración propia con el SIG ArcGIS 10.3



Figura 12.

Modelo de Pendientes de la Cuenca de Aporte.

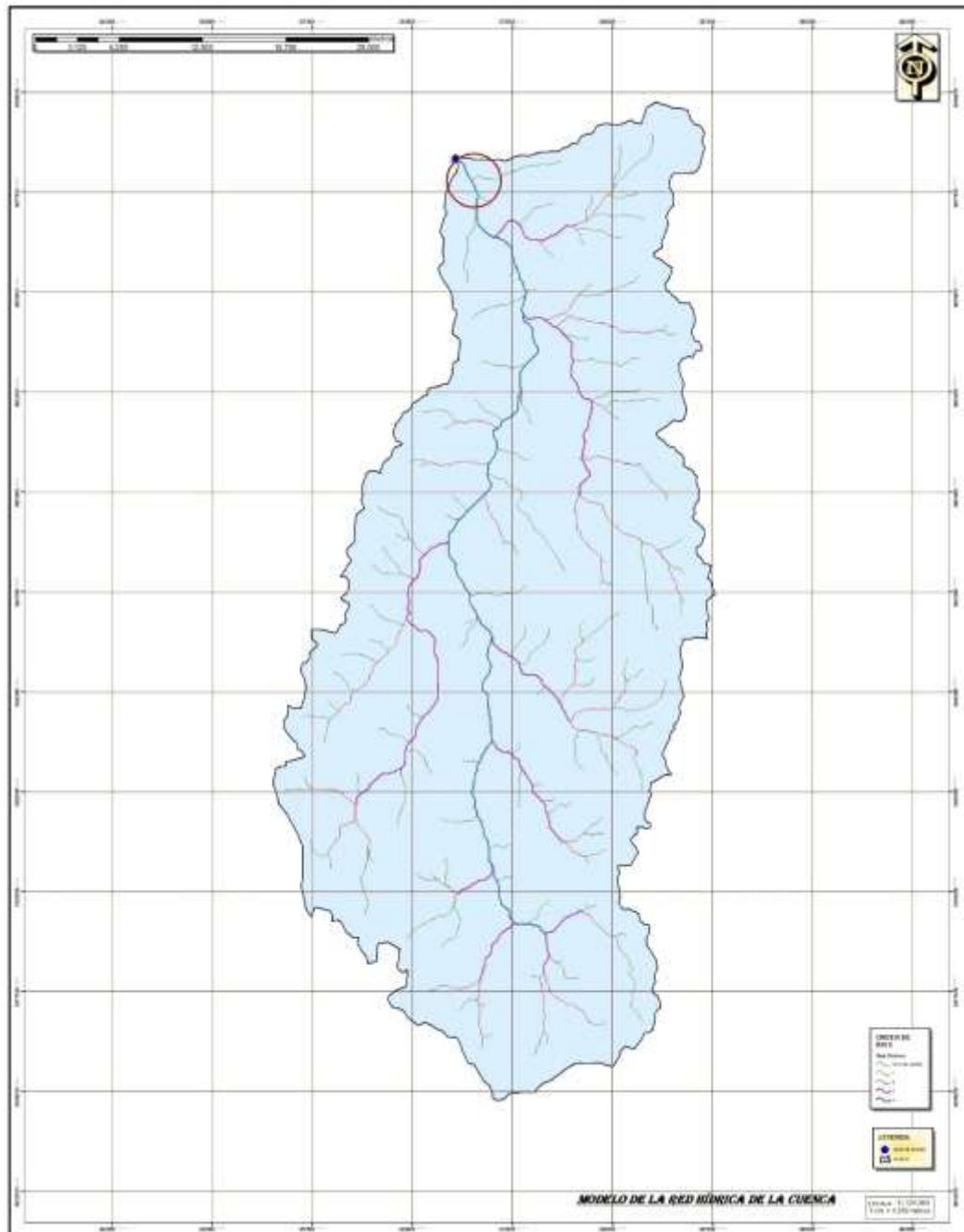


Fuente: Elaboración propia con el SIG ArcGIS 10.3



Figura 13.

Modelo de la Red Hídrica de la Cuenca de Aporte.



Fuente: Elaboración propia con el SIG ArcGIS 10.3



Caracterizada y modelada la cuenca con las herramientas SIG del ArcGIS 10.3 se obtienen los datos necesarios para calcular los principales parámetros de la cuenca de aporte.

Tabla 25.

Áreas por Altitudes generadas en ArcGIS

CUADRO DE ÁREAS POR ALTITUDES - PARA GENERAR CURVA HIPSOMETRICA

Nº ORDEN	COTA MIN	COTA MAX	Área Parcial (km ²)	Área Acumulada (km ²)	Área que queda sobre la superficie	Porcentaje de area entre C.N.	Porcentaje de área sobre C.N.
1	2100.00	2242.50	3.7421	3.742	1563.543	0.24%	100.00%
2	2242.50	2385.00	8.2493	11.991	1559.801	0.53%	99.76%
3	2385.00	2527.50	9.6317	21.623	1551.551	0.62%	99.23%
4	2527.50	2670.00	16.4717	38.095	1541.920	1.05%	98.62%
5	2670.00	2812.50	23.4845	61.579	1525.448	1.50%	97.56%
6	2812.50	2955.00	33.9965	95.576	1501.964	2.17%	96.06%
7	2955.00	3097.50	44.8829	140.459	1467.967	2.87%	93.89%
8	3097.50	3240.00	55.9133	196.372	1423.084	3.58%	91.02%
9	3240.00	3382.50	63.4013	259.773	1367.171	4.05%	87.44%
10	3382.50	3525.00	71.8685	331.642	1303.770	4.60%	83.39%
11	3525.00	3667.50	83.9213	415.563	1231.901	5.37%	78.79%
12	3667.50	3810.00	100.4237	515.987	1147.980	6.42%	73.42%
13	3810.00	3952.50	122.8157	638.803	1047.556	7.85%	67.00%
14	3952.50	4095.00	186.8237	825.626	924.740	11.95%	59.14%
15	4095.00	4237.50	259.8173	1085.444	737.917	16.62%	47.20%
16	4237.50	4380.00	307.3517	1392.795	478.099	19.66%	30.58%
17	4380.00	4522.50	147.0797	1539.875	170.748	9.41%	10.92%
18	4522.50	4665.00	21.0941	1560.969	23.668	1.35%	1.51%
19	4665.00	4807.50	2.4029	1563.372	2.574	0.15%	0.16%
20	4807.50	4950.00	0.1709	1563.543	0.171	0.01%	0.01%
			1563.543			100%	

Fuente: Elaboración propia con datos del SIG ArcGIS 10.3



Figura 14.

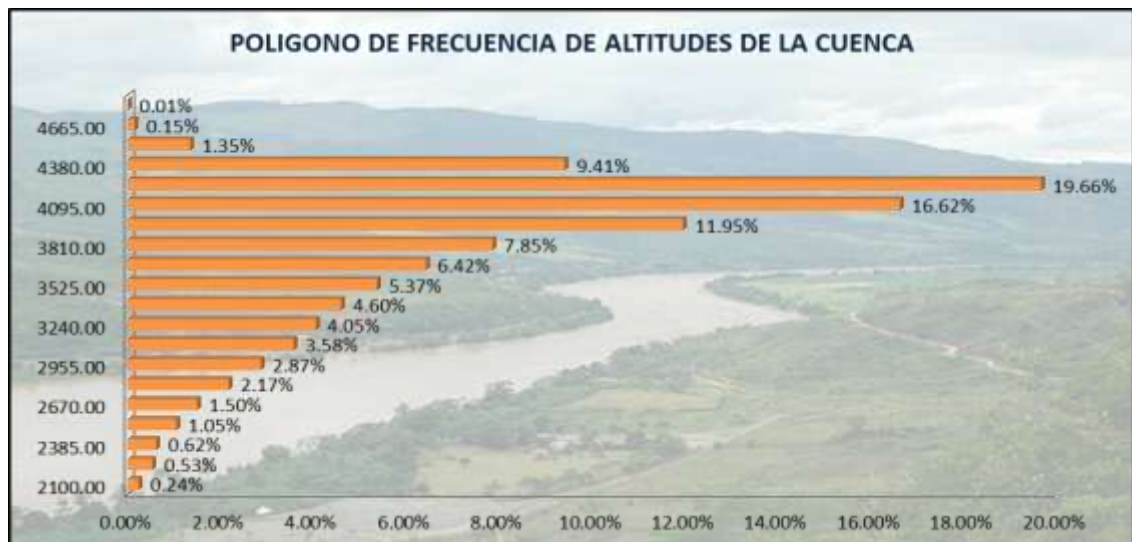
Curva Hipsométrica de la Cuenca de Aporte



Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.

Polígono de Frecuencia de Altitudes de la Cuenca.



Fuente: Elaboración propia.



Tabla 26.

Clasificación de Pendientes de la Cuenca de Aporte.

CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES			
DESCRIPCIÓN POR PENDIENTE	VALOR DE PENDIENTES (%)	SUPERFICIE DE LA CUENCA (Km2.)	PORCENTAJE DEL TOTAL
PLANO	0 HASTA 3	53.619	3.43
LIGERAMENTE ONDULADO	3 HASTA 6	61.539	3.94
ONDULADO	6 HASTA 12	214.935	13.75
MUY ONDULADO	12 HASTA 25	651.748	41.69
LIGERAMENTE ESCARPADO	25 HASTA 40	503.088	32.18
ESCARPADO	40 HASTA 60	76.299	4.88
MUY ESCARPADO	60 HASTA 75	1.561	0.10
MONTAÑOSO	MAYORES A 75	0.423	0.03
Fuente: Klingebiel&Montgomery(1982)		1563.21	100.00
		PENDIENTE MEDIA (%)	22.03

Fuente: Elaboración propia con datos del SIG ArcGIS 10.3

Tabla 27.

Datos de la Red Hídrica de la Cuenca de Aporte

ORDEN DE CAUCES	N° DE CAUCES DE RÍOS	LONGITUD (Km.)
ORDEN 1	131	300.50726
ORDEN 2	57	128.43213
ORDEN 3	37	87.67376
ORDEN 4	35	70.46171
	260	587.0749

Fuente: Elaboración propia con datos del SIG ArcGIS 10.3

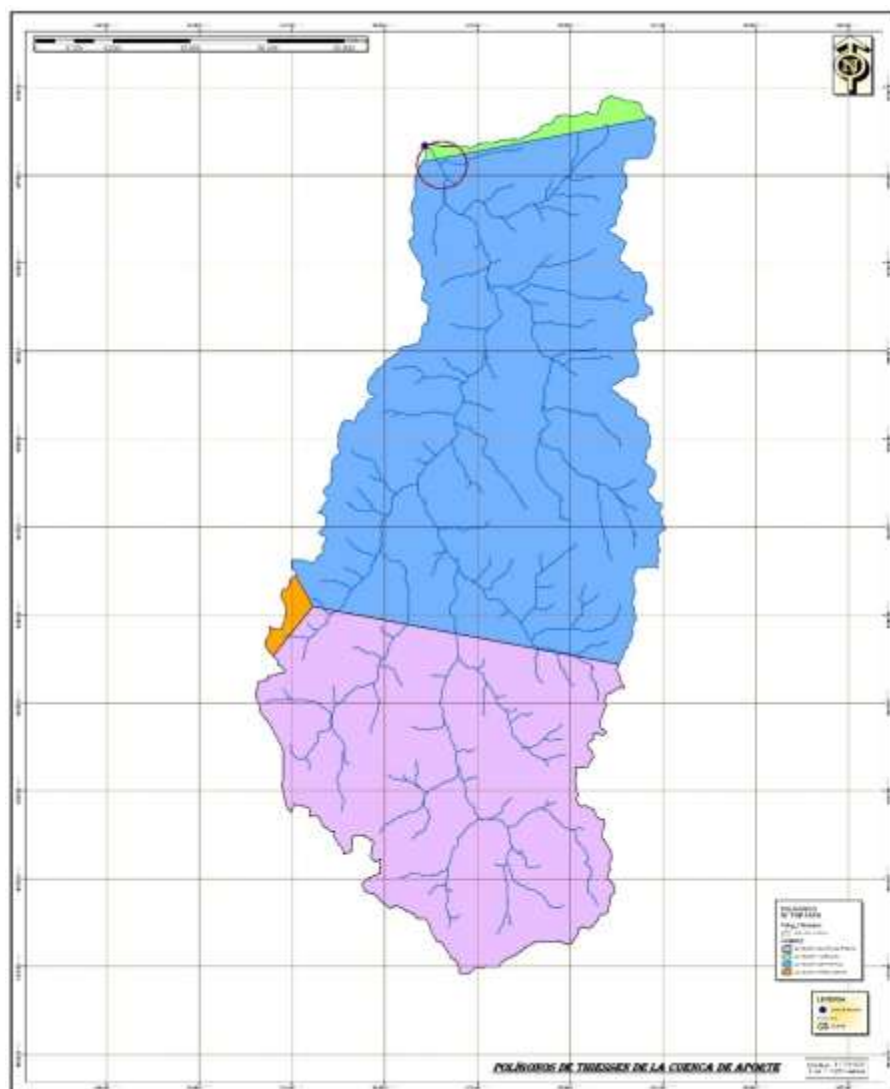
Con el procesamiento y digitalización en ArcGIS 10.3 y con los datos que ya se procesaron en las tablas anteriores obtenemos los principales parámetros de la cuenca.



2.5.6. Precipitación Media de la Cuenca.

Se necesita determinar las precipitaciones máximas en 24 horas de la cuenca de aporte a la zona de estudio para ello se calcula mediante la metodología de los Polígonos de Thiessen partiendo de la ubicación de las estaciones pluviométricas que estamos utilizando para el estudio y con la información de la cuenca caracterizada y modelada con SIG se obtienen los Polígonos de Thiessen.

Figura 16. Polígonos de Thiessen de la Cuenca de Aporte.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3



Tabla 28.

Precipitaciones Máximas en 24 Horas de Cada Estación.

PERIODO DE RETRONO Tr (años)	PRECIPITACION MÁXIMA 24 HORAS (mm.)			
	ESTACION HUÁNUCO	ESTACION SAN RAFAEL	ESTACION YANAHUANCA	ESTACION CERRO DE PASCO
2años	23.66	30.61	24.27	27.61
5 años	31.34	39.57	33.47	34.18
10 años	36.27	45.51	39.56	38.28
25 años	42.25	53.01	47.25	43.17
50 años	46.53	58.57	52.96	46.62
100 años	50.66	64.09	58.63	49.93
200 años	54.66	69.59	64.27	53.11
500 años	59.78	76.85	71.72	57.16

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29.

Áreas de Influencia de cada Estación- Poligonos de Thiessen.

ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA	AREA DE INFLUENCIA EN LA CUENCA (Km2.)
HUÁNUCO	20.324
SAN RAFAEL	921.255
YANAHUANCA	9.743
CERRO DE PASCO	612.352
	1563.674

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 30.

Precipitaciones Máximas 24 Horas –
Promedio de Toda la Cuenca de Aporte.

PERIODO DE RETORNO Tr (años)	Precipitación Máxima 24 Horas (mm.)
2	29.305
5	37.314
10	42.521
25	48.981
50	53.699
100	58.336
200	62.909
500	68.885

Fuente: Elaboración propia.

2.5.7. Intensidades Máximas y Curvas IDF de la Cuenca de Aporte.

Continuando con el análisis hidrológico de la cuenca, el procedimiento siguiente es calcular las intensidades máximas de la cuenca y la obtención de las curvas IDF, que se trata de una representación gráfica que involucra tres variables, la Intensidad, la duración y la frecuencia, para ello se realiza un tratamiento matemático mediante regresiones lineales múltiples para diferentes periodos de retorno y una regresión potencial para el conjunto de ellos.

Se obtiene una ecuación que representa el comportamiento de las intensidades en función del periodo de retorno y la duración del episodio lluvia, es decir se consigue la ecuación que define las curvas IDF.

$$I = \frac{110.8888 * T^{0.142494}}{t^{0.61481}}$$



Donde:

I: intensidad (mm/hr)

T: periodo de retorno (años)

t: tiempo de duración de precipitación (min).

Con esta ecuación se grafica las curvas de intensidad duración y frecuencia de la cuenca, conocidas como curvas IDF.

2.5.8. Tiempo de Concentración de La cuenca de Aporte.

El tiempo de concentración es un parámetro hidrológico muy importante de la cuenca, particularmente en la metodología planteada en el trabajo de investigación es un parámetro fundamental que interviene en los cálculos posteriores. Se considera que la duración de la lluvia máxima es igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es para esta duración cuando la totalidad de la cuenca está aportando escorrentía. Existen diferentes expresiones para el cálculo del tiempo de concentración, pero particularmente propongo el método de Kirpich, debido a que en comparación a otros métodos brinda resultados menores, lo que proporciona un grado de seguridad en análisis hidrológico.

$$T_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L: Longitud del cauce principal del río (m.)

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



El tiempo de Concentración de la cuenca de Aporte es de 489.993 minutos y asumimos para los cálculos posteriores 480 minutos.

El tiempo de retardo es determinado por $0.6 \cdot T_c$, siendo para este caso 288 minutos.

2.5.9. Hietogramas de Diseño de la cuenca de Aporte.

Un hietograma no es más que la distribución temporal de la intensidad o de la profundidad de una precipitación a lo largo de la duración del episodio de lluvia, y es que con los modelos hidrológicos existentes en la actualidad no es suficiente conocer la precipitación máxima de una tormenta, si no que se precisa saber como evoluciona esa precipitación con el tiempo.

Para ello se requiere poder distribuir a lo largo del tiempo de duración de la precipitación sus diferentes intensidades o profundidades. Cuando se habla de intensidad se refiere a mm de precipitación por hora, y cuando se habla de profundidad se refiere a cantidad o volumen precipitado en milímetros.

El método usado para obtener obtener hietogramas a partir de curvas IDF se denomina método de los bloques alternos. La ventaja que tiene este método es que su resultado se aprovecha como dato para el modelos hidrológico HEC-HMS.



Tabla 31.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 2 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	0.56
60	0.62
90	0.69
120	0.78
150	0.92
180	1.16
210	1.67
240	7.56
270	2.31
300	1.35
330	1.02
360	0.84
390	0.73
420	0.65
450	0.59
480	0.56

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 32.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 5 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	0.64
60	0.70
90	0.78
120	0.89
150	1.05
180	1.32
210	1.90
240	8.62
270	2.64
300	1.54
330	1.17
360	0.96
390	0.83
420	0.74
450	0.67
480	0.64

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 33.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 10 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	0.71
60	0.78
90	0.86
120	0.98
150	1.16
180	1.46
210	2.10
240	9.51
270	2.91
300	1.70
330	1.29
360	1.06
390	0.92
420	0.82
450	0.74
480	0.71

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 25 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	0.81
60	0.88
90	0.98
120	1.12
150	1.32
180	1.66
210	2.39
240	10.84
270	3.32
300	1.94
330	1.47
360	1.21
390	1.05
420	0.93
450	0.84
480	0.81

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 35.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 50 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	0.89
60	0.98
90	1.09
120	1.24
150	1.46
180	1.83
210	2.64
240	11.96
270	3.66
300	2.14
330	1.62
360	1.34
390	1.15
420	1.03
450	0.93
480	0.89

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 36.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 100 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	0.98
60	1.08
90	1.20
120	1.37
150	1.61
180	2.02
210	2.92
240	13.20
270	4.04
300	2.36
330	1.79
360	1.47
390	1.27
420	1.13
450	1.03
480	0.98

Fuente: Elaboración propia.



Tabla 37.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 200 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	1.08
60	1.19
90	1.32
120	1.51
150	1.78
180	2.23
210	3.22
240	14.57
270	4.46
300	2.61
330	1.97
360	1.63
390	1.41
420	1.25
450	1.13
480	1.08

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38.

Datos de Hietograma - Periodo de Retorno 500 años.

duración de tormenta (min)	Precipitación Alternada (mm)
30	1.24
60	1.35
90	1.51
120	1.72
150	2.03
180	2.54
210	3.67
240	16.61
270	5.08
300	2.97
330	2.25
360	1.85
390	1.60
420	1.43
450	1.29
480	1.24

Fuente: Elaboración propia.



2.5.10. Número de Curva de la Cuenca de Aporte.

Es un modelo empírico desarrollado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos que determina un umbral de escorrentía a través de un número hidrológico denominado número de curva CN. El número de curva toma un valor de 0 a 100 según sea su capacidad de generar escorrentía superficial. Valores cercanos a 0 representan condiciones de permeabilidad muy alta, mientras que valores cercanos a 100 representan condiciones de impermeabilidad.

El cálculo del número de curva de la Cuenca se realizó teniendo en cuenta las condiciones que establece el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (SCS), ya que este método se aplica para la simulación en el HEC-HMS. Se conoce como el método del número de curva.

Se procede a establecer los valores de CN para cada una de las áreas de la cuenca divididas por tipo de cobertura y la condición hidrológica, que se realizó con imágenes satelitales actuales.

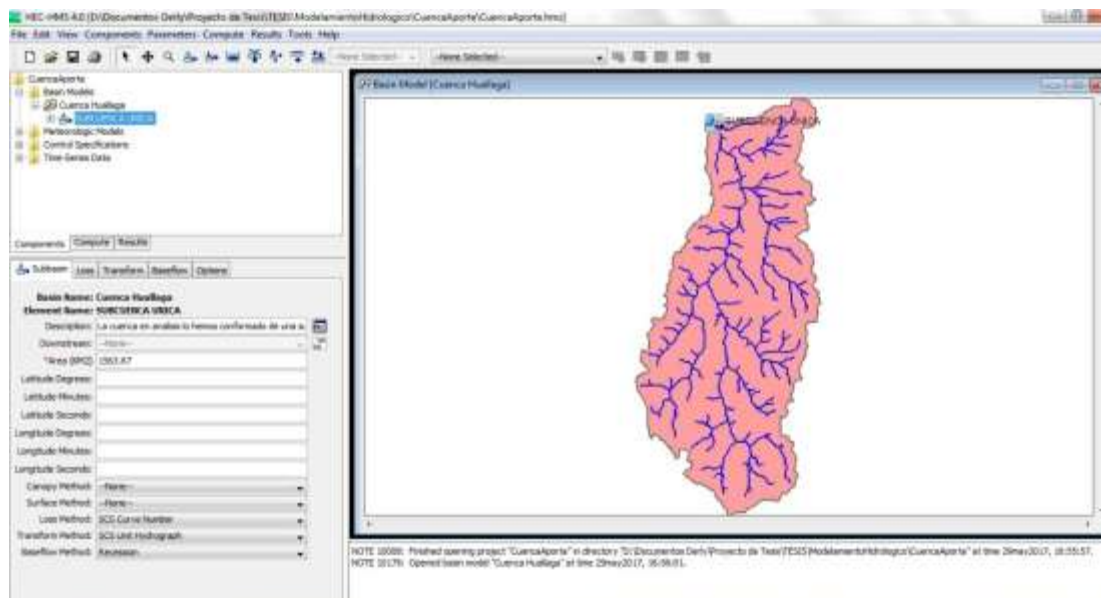
La cobertura de la cuenca está compuesta básicamente por pastos naturales en un 70%, zonas de cultivos en un 15%, también se compone por árboles y bosques en un 10%, zonas urbanas se tiene un 5% y un 5% de zonas impermeables. La condición hidrológica de la cuenca es buena, el grupo hidrológico de la cuenca se considera que es B. Obteniendo que el número de curva para la cuenca de aporte es 72, $CN=72$.



2.5.11. Simulación Hidrológica con HEC-HMS.

El procedimiento que sigue es realizar el cálculo y análisis de máximas avenidas de la cuenca de Aporte del río Huallaga hasta el tramo de estudio, este proceso fue realizado con base al modelo hidrológico de la cuenca. El modelo hidrológico utilizado es el Hydrologic Engineering Center Hydrologic Modeling System (HEC-HMS), para ello se hace uso de la caracterización que se hizo de la cuenca en el ArcGIS, como se muestra a continuación:

Figura 17. Modelo de la Cuenca en HEC-HMS.



Fuente: Elaboración propia- HEC-HMS.



Para realizar la simulación, el HEC-HMS requiere que especifiquemos ciertas condiciones y datos de entrada para el cálculo, estas se detallan en la

Tabla 39. Principales Parámetros para HEC-HMS.

ÁREA DE LA CUENCA (KM2)	1563.67
MÉTODO DE PERDIDAS DE LLUVIA	SCS CURVE NUMBER
MÉTODO DE TRANSFORMACIÓN DE LLUVIA EN ESCORRENTÍA	SCS HYDROGRAPH UNIT
NUMERO DE CURVA DE LA CUENCA (CN)	72
TIEMPO DE RETARDO DE LA CUENCA (min.)	290

Fuente: Elaboración propia.

En el proceso de verificación de resultados del *modelo* HEC-HMS, se sensibilizó la variable de mayor incidencia en la escorrentía superficial, que es el valor de curva número, el cual depende de la clasificación de tipos de suelo y de la cobertura vegetal, para cada una de las unidades de drenaje del modelo. Para ello se plantea un escenario para la evaluación de los resultados, se detalla a continuación:

Escenario considerado: Cálculo del valor del curva número considerando sólo como condición de humedad antecedente tipo II (media), para cualquier zona de vida identificada en cada componente del modelo.

- **Calibración del modelo hidrológico**

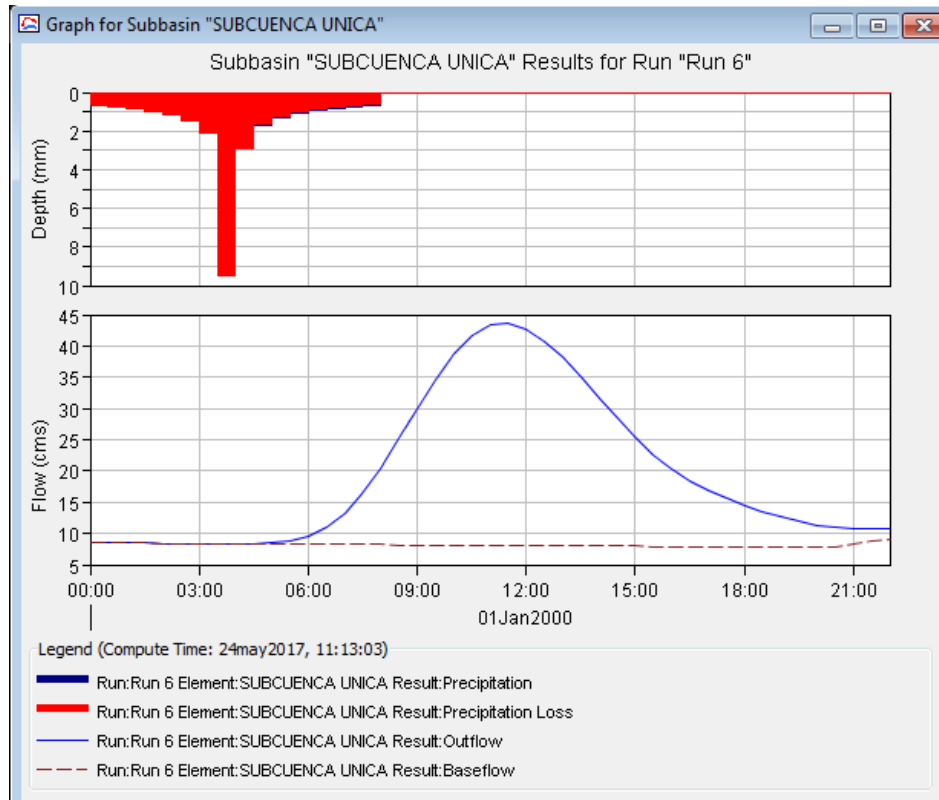
Caudal estimado de los datos recopilados en campo y procesados en HEC RAS.

La calibración se basa en la estimación de un caudal máximo utilizando la información obtenida en campo: secciones obtenidas del levantamiento batimétrico (superficie del cauce y márgenes) y la huella del nivel de agua alcanzado en un evento de máximas avenidas, observada durante la inspección de campo, ingresar dicha información al HEC RAS para estimar la velocidad en esas condiciones; y con ello obtener el caudal máximo.



Los hidrogramas y caudales de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno son:

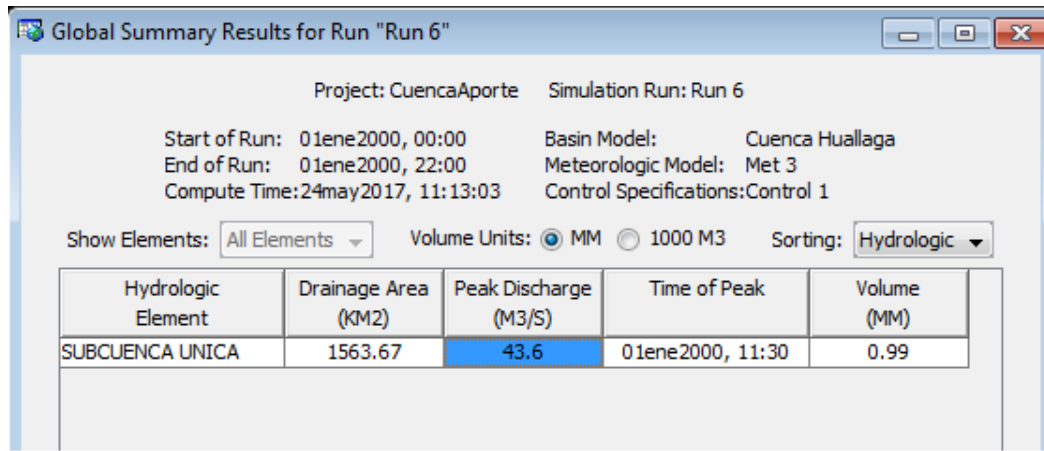
Figura 18. Hidrograma de Avenida para Periodo de Retorno 10 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

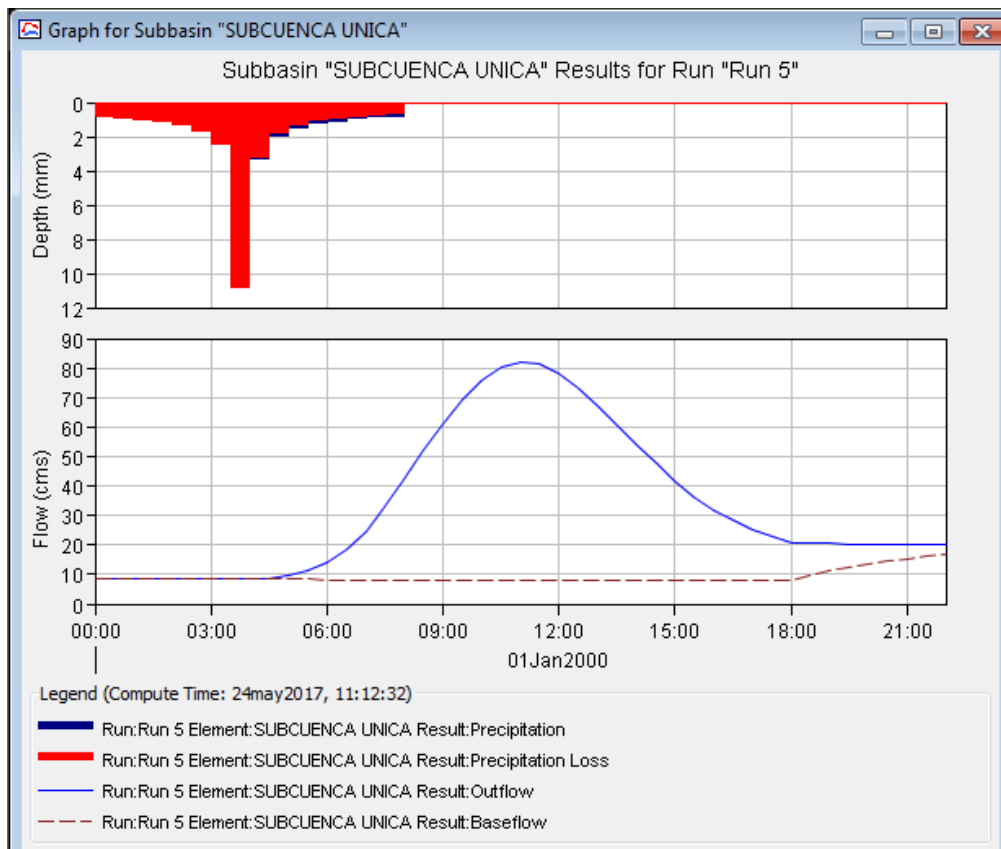


Figura 19. Caudal Máximo para Periodo de Retorno 10 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

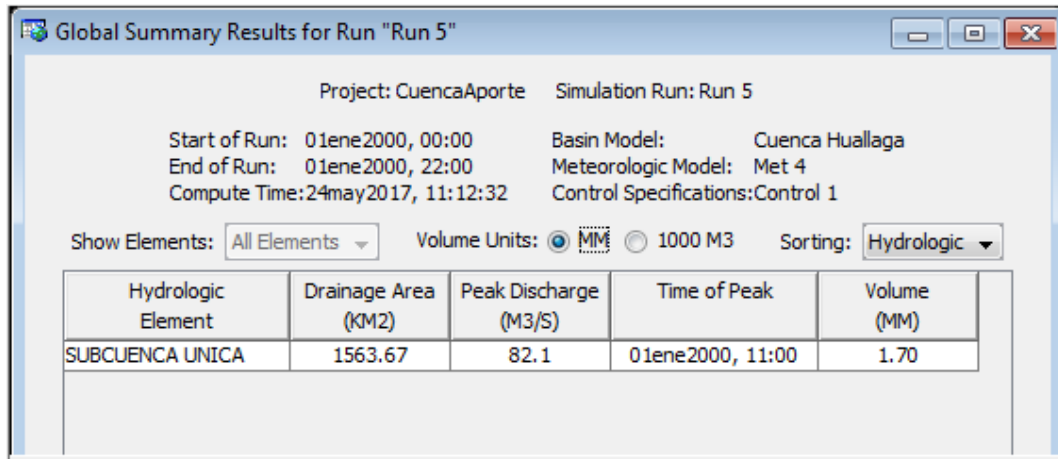
Figura 20. Hidrograma de Avenida para Periodo de Retorno 25 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

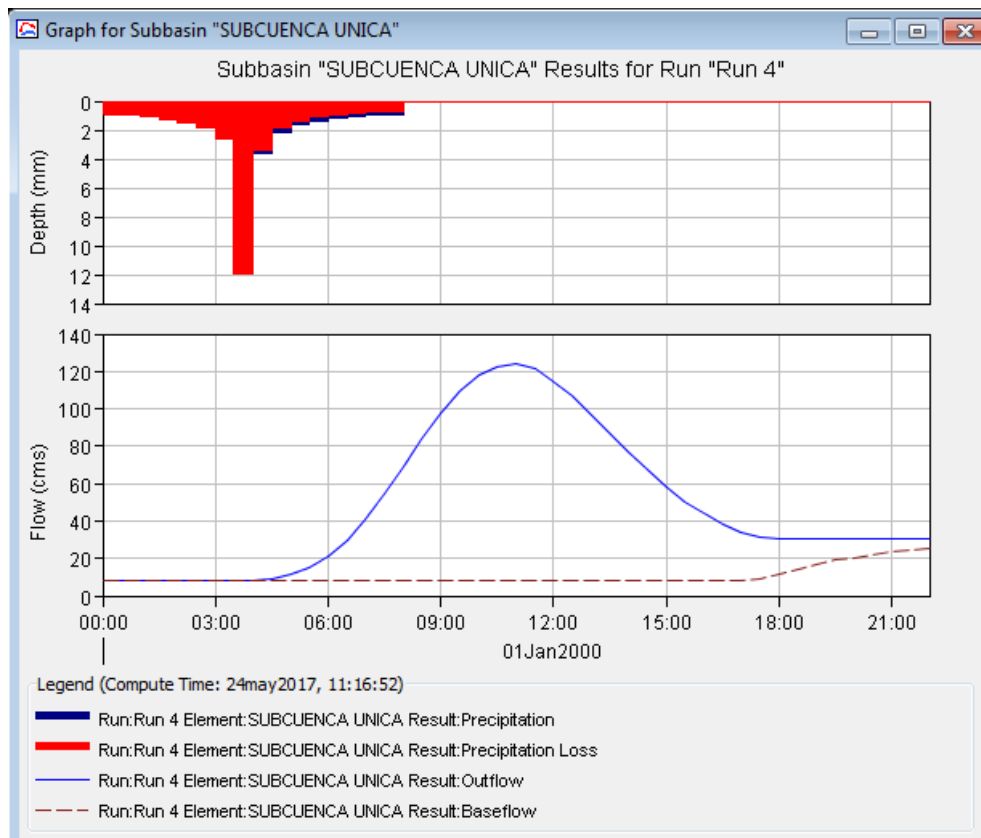


Figura 21. Caudal Máximo para Periodo de Retorno 25 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

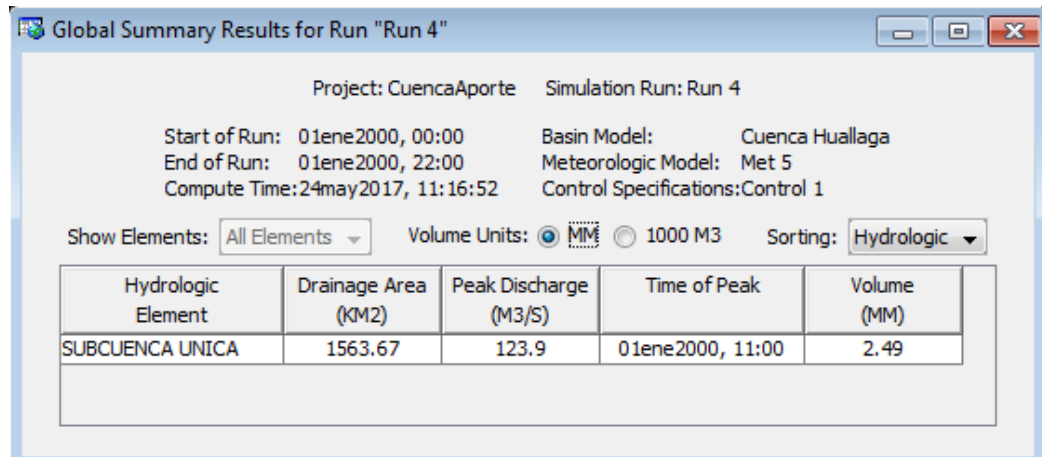
Figura 22. Hidrograma de Avenida para Periodo de Retorno 50 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

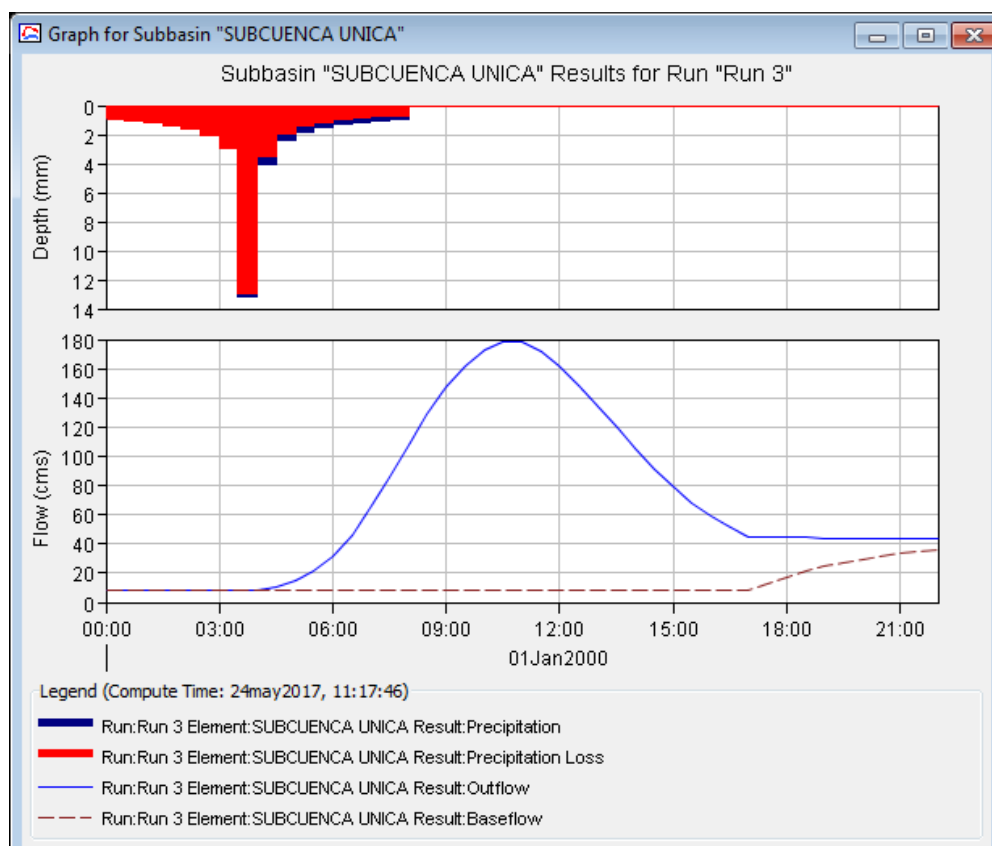


Figura 23. Caudal Máximo para Periodo de Retorno 50 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

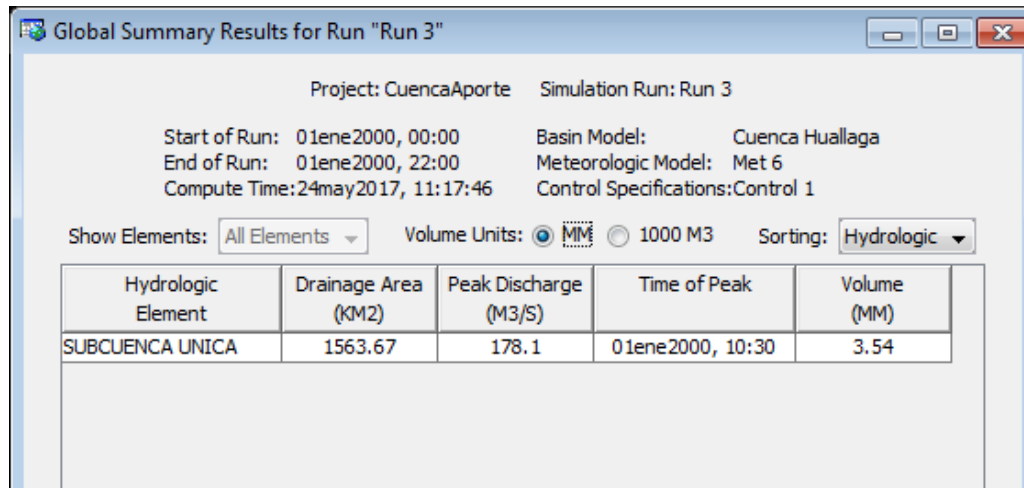
Figura 24. Hidrograma de Avenida para Periodo de Retorno 100 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

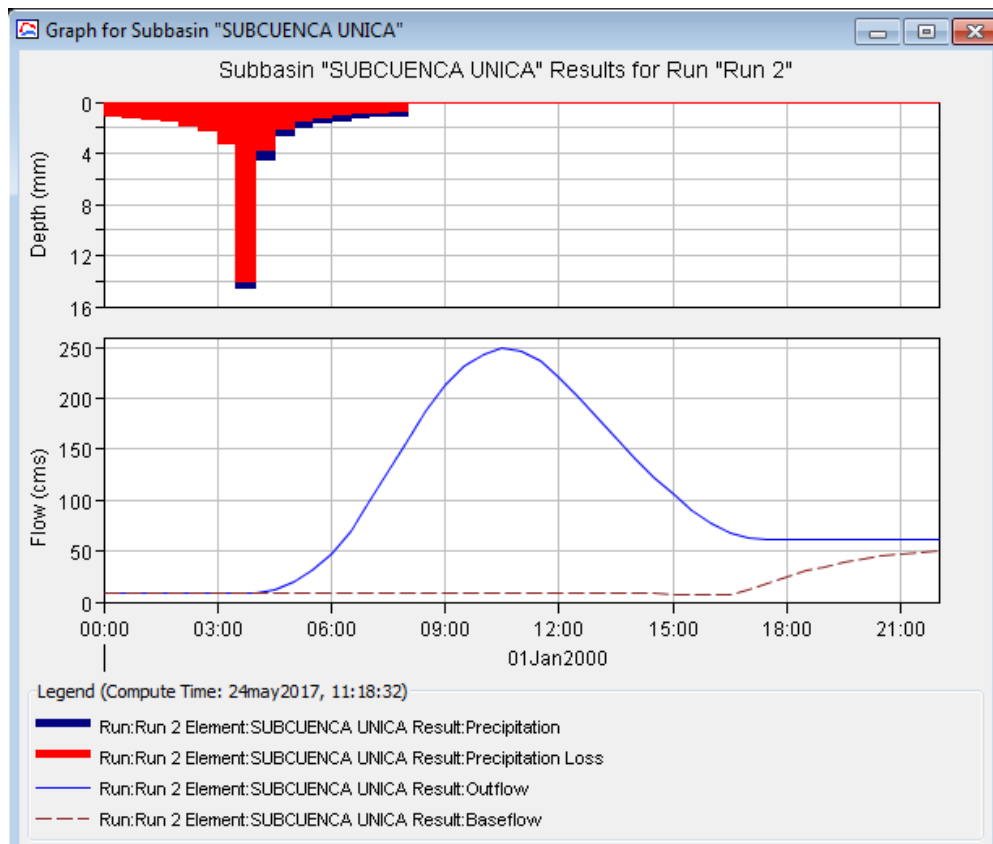


Figura 25. Caudal Máximo para Periodo de Retorno 100 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

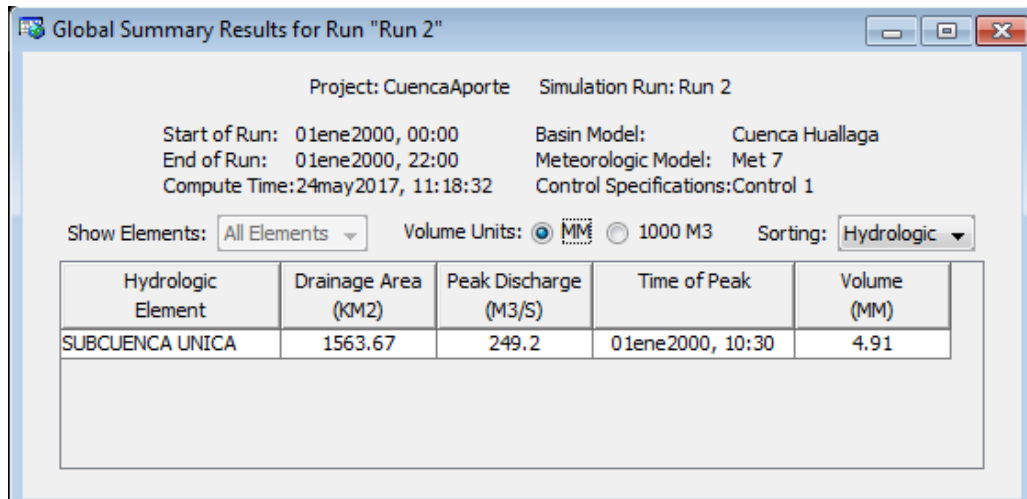
Figura 26. Hidrograma de Avenida para Periodo de Retorno 200 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

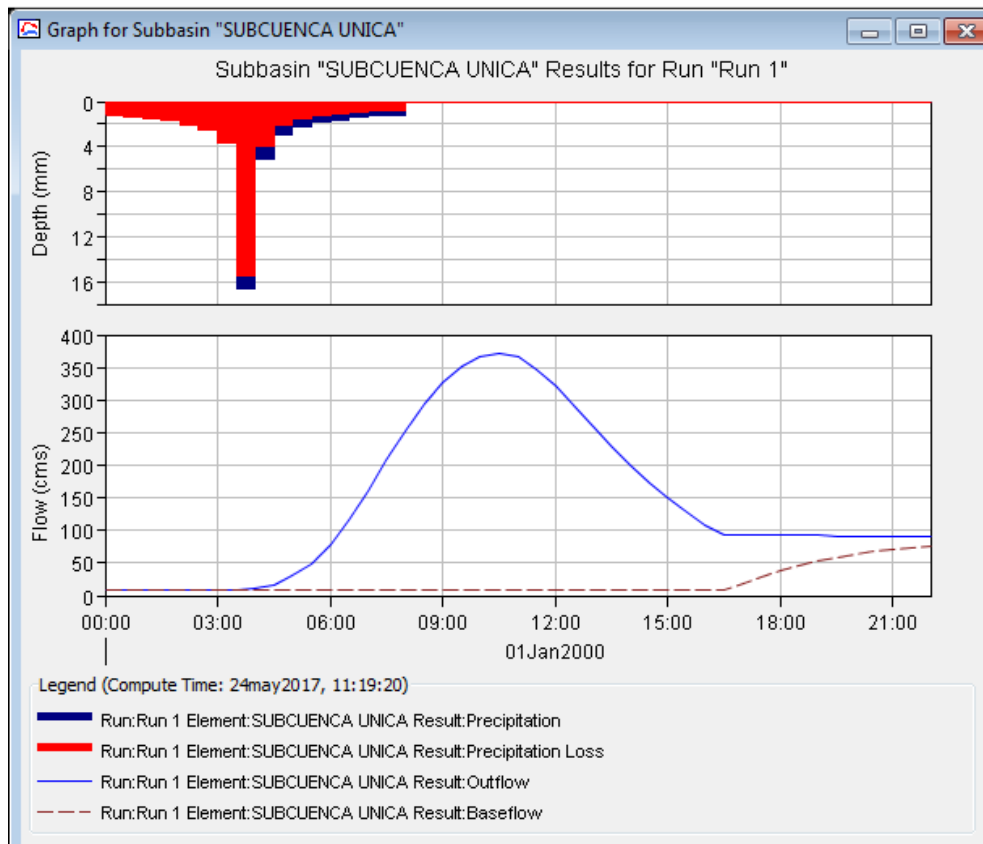


Figura 27. Caudal Máximo para Periodo de Retorno 200 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

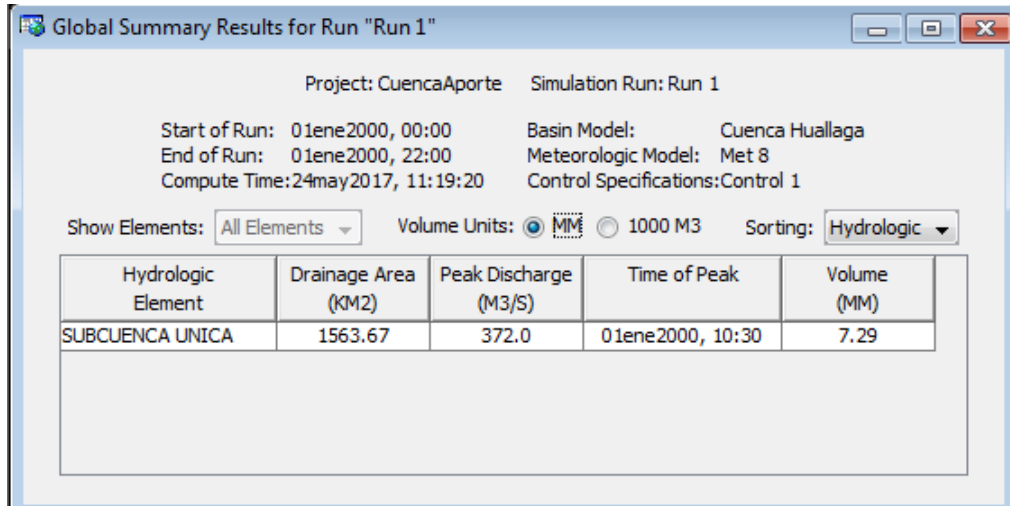
Figura 28. Hidrograma de Avenida para Periodo de Retorno 500 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.



Figura 29. Caudal Máximo para Periodo de Retorno 500 años.



Fuente: Elaboración propia - HEC-HMS.

Tabla 40.

Caudales de Máximas Avenidas Para Diferentes Periodos de Retorno.

CAUDALES DE MÁXIMAS AVENIDAS	
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	CAUDAL (m3/s)
10	43.60
25	82.10
50	123.90
100	178.10
200	249.20
500	372.00

Fuente: Elaboración propia.



2.6. Análisis Hidráulico.

2.6.1. Simulación Hidráulica con HEC-RAS.

Para realizar la simulación hidráulica se empleó el programa HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) Versión 4.1.0 creado por la United States Army Corps Engineers USACE. Dicho modelo permitirá evaluar el tramo del río Huallaga en estudio para eventos extremos, en donde se podrán obtener niveles de superficie de agua, profundidades, velocidades, zonas de desbordamiento, entre otros. Para ello, es importante definir previamente las condiciones iniciales para efectos de la simulación. Para aplicar el modelo se requiere de información topográfica, datos de flujo y condiciones de fronteras. Los levantamientos topográficos consisten fundamentalmente en la delineación del eje del cauce del río Huallaga, y la medición de secciones transversales a intervalos de 20 metros en promedio. Para efectos de este estudio, el levantamiento topográfico se contrató los servicios de terceros, especializados en ello.

2.6.2. Parámetros y Datos Necesarios para HEC-RAS.

Levantamiento Topográfico.

Mediante la contratación de los servicios profesionales de un topógrafo se obtuvo la configuración topográfica del tramo del río Huallaga en estudio que comprende 3.8 Km. de río entre las localidades de Huaylla y Ambo, donde se puede distinguir el eje o centro del río con sus respectivos márgenes y llanuras de inundación, detallados en planos topográficos, con curvas de nivel. La topografía es un insumo importantísimo para realizar la simulación hidráulica.



Figura 30.

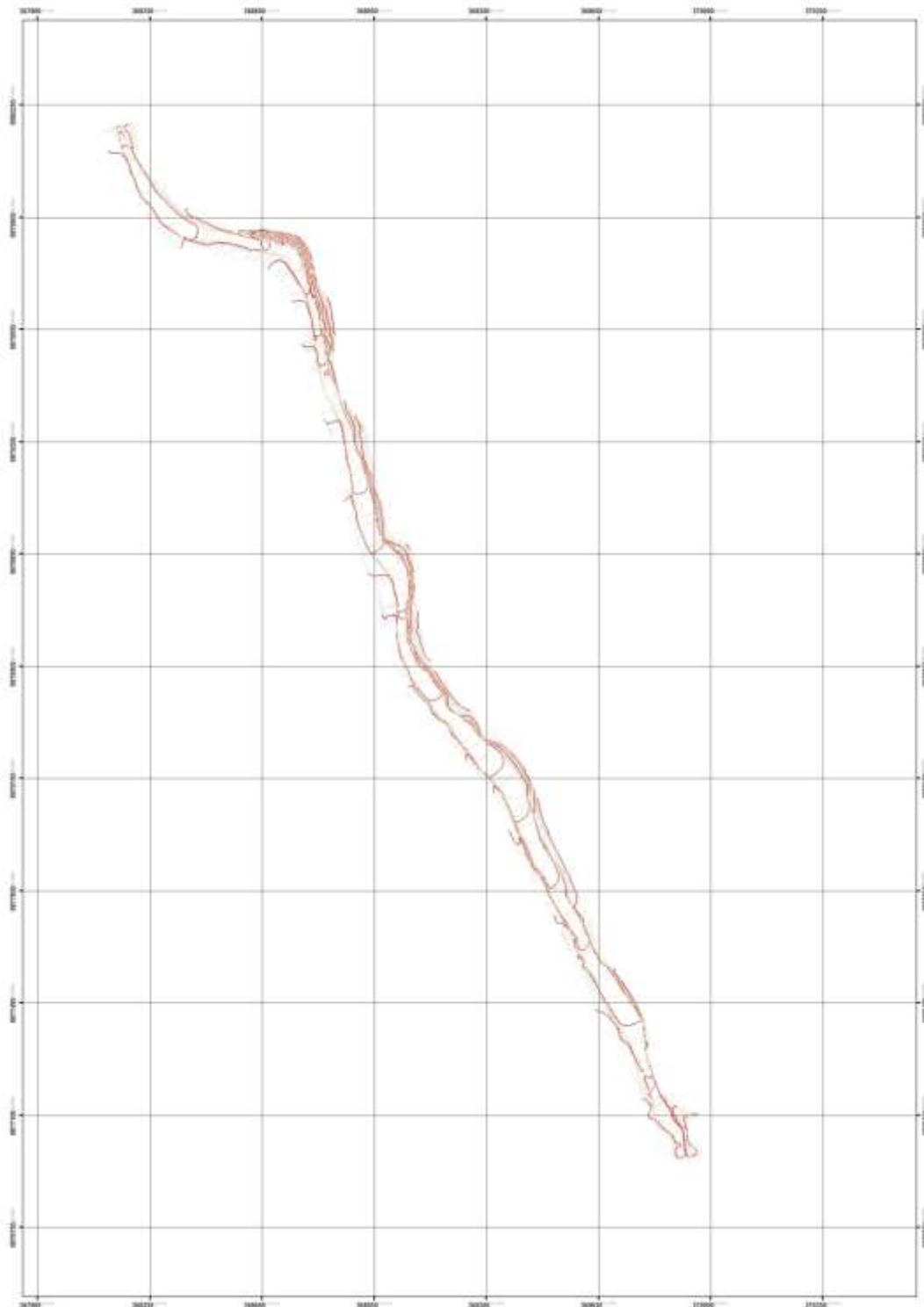
Tramo del Río Huallaga Levantado para Simulación.



Fuente: Elaboración propia – Google Earth.



Figura 31. Topografía del Río Huallaga - Tramo en Estudio.



Fuente: Elaboración equipo topográfico.



Datos de Caudales.

La información corresponde a los caudales máximos de la cuenca de aporte, la cual se determinó previamente en la simulación hidrológica de la cuenca. Para el caso de la simulación hidráulica del presente trabajo de investigación se trabajó con períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, respectivamente.

Selección del Coeficiente de Rugosidad de Manning.

Para seleccionar el coeficiente de rugosidad de manning adecuado para el cauce del tramo del río Huallaga de nuestro estudio, nos basamos en los valores recomendados para cauces naturales, que el propio HEC-RAS recomienda también en sus tablas de ayuda, y cuyos valores se recogen en la siguiente tabla.



Figura 32. Coeficientes de Rugosidad de Manning Para Cauces Naturales.

Descripción de la corriente	Mínimo	Normal	Máximo
A Cauces naturales			
A.1 Cursos secundarios (ancho de la superficie libre en crecida < 30 m)			
A.1.1 Cursos en planicies			
- Limpios, rectos, sin fallas ni pozos	0,025	0,030	0,033
- Rectos con algunas piedras y pastos	0,030	0,035	0,040
- Limpios con meandros, con algunos pozos y bancos	0,033	0,040	0,045
- Meandros con algunas piedras y pastos	0,035	0,045	0,050
- Meandros con muchas piedras	0,045	0,050	0,060
- Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0,050	0,070	0,080
- Tramo con mucho pasto, pozos profundos y cauce en crecida con muchos arbustos y matorral	0,075	0,100	0,150
A.1.2 Cursos montañosos, carentes de vegetación en el fondo, laderas con pendientes pronunciadas y árboles y arbustos en las laderas que se sumergen en niveles de crecida			
- Cauce de grava, cantos rodados y algunas rocas	0,030	0,040	0,050
- Cauce de cantos rodados, con grandes rocas	0,040	0,050	0,070
A.2 Cursos en planicies inundadas			
A.2.1 Zonas de pastos, sin arbustos			
- Pasto corto	0,025	0,030	0,035
- Pasto alto	0,030	0,035	0,050
A.2.2 Zonas cultivadas			
- Sin cultivo	0,020	0,030	0,030
- Cultivos sembrados en línea en fase de madurez fisiológica	0,025	0,035	0,045
- Cultivos sembrados a voleo en fase de madurez fisiológica	0,030	0,040	0,050
A.2.3 Zonas arbustivas			
- Escasos arbustos y pasto abundante	0,035	0,050	0,070
- Pequeños árboles y arbustos sin follaje (parada invernal)	0,035	0,050	0,060
- Pequeños árboles y arbustos con follaje (fase vegetativa)	0,040	0,060	0,080
- Arbustos medianos a densos durante la parada invernal	0,045	0,070	0,110
- Arbustos medianos a densos durante la fase vegetativa	0,070	0,100	0,160
A.2.4 Zonas arbóreas			
- Sauces densos, temporada invernal	0,110	0,150	0,200
- Terreno claro con ramas sin brotes	0,030	0,040	0,050
- Terreno claro con ramas con gran crecimiento de brotes	0,050	0,060	0,080
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación por debajo de las ramas	0,080	0,100	0,120
- Zonas de explotación maderera con árboles caídos, poco crecimiento en las zonas bajas y nivel de inundación que alcanza a las ramas	0,100	0,120	0,160
A.3 Cursos importantes (ancho de la superficie libre en crecida > 30 m)			
En este caso, los valores del coeficiente <i>n</i> son inferiores a los correspondientes de cauces secundarios análogos, ya que los bancos ofrecen una resistencia efectiva menor,			
- Sección regular sin rocas ni arbustos	0,025		0,060
- Sección irregular y rugosa	0,035		0,100

Fuente: Manual HEC-RAS.

Determinar el coeficiente de rugosidad de Manning de las secciones del cauce es una parte fundamental en el método, para ello se tuvo que recurrir a fotografías de ríos que presentaran características similares a la sección en estudio, la U.S.Geological Survey, dedicado a recopilar información medioambiental hay un apartado específico sobre el agua, y en él se puede encontrar documentos e informes relacionados con la



selección del coeficiente de rugosidad de manning en los que se recogen valores de n de manning verificados y comprobados para diferentes características de cauces.

Teniendo en cuenta las consideraciones hidráulicas tomadas en cuenta en la visita a campo se determinó que el coeficiente de manning más apropiado para la zona de estudio es de 0.045 para la zona central del río y de 0.048 para los márgenes y llanuras de inundación.

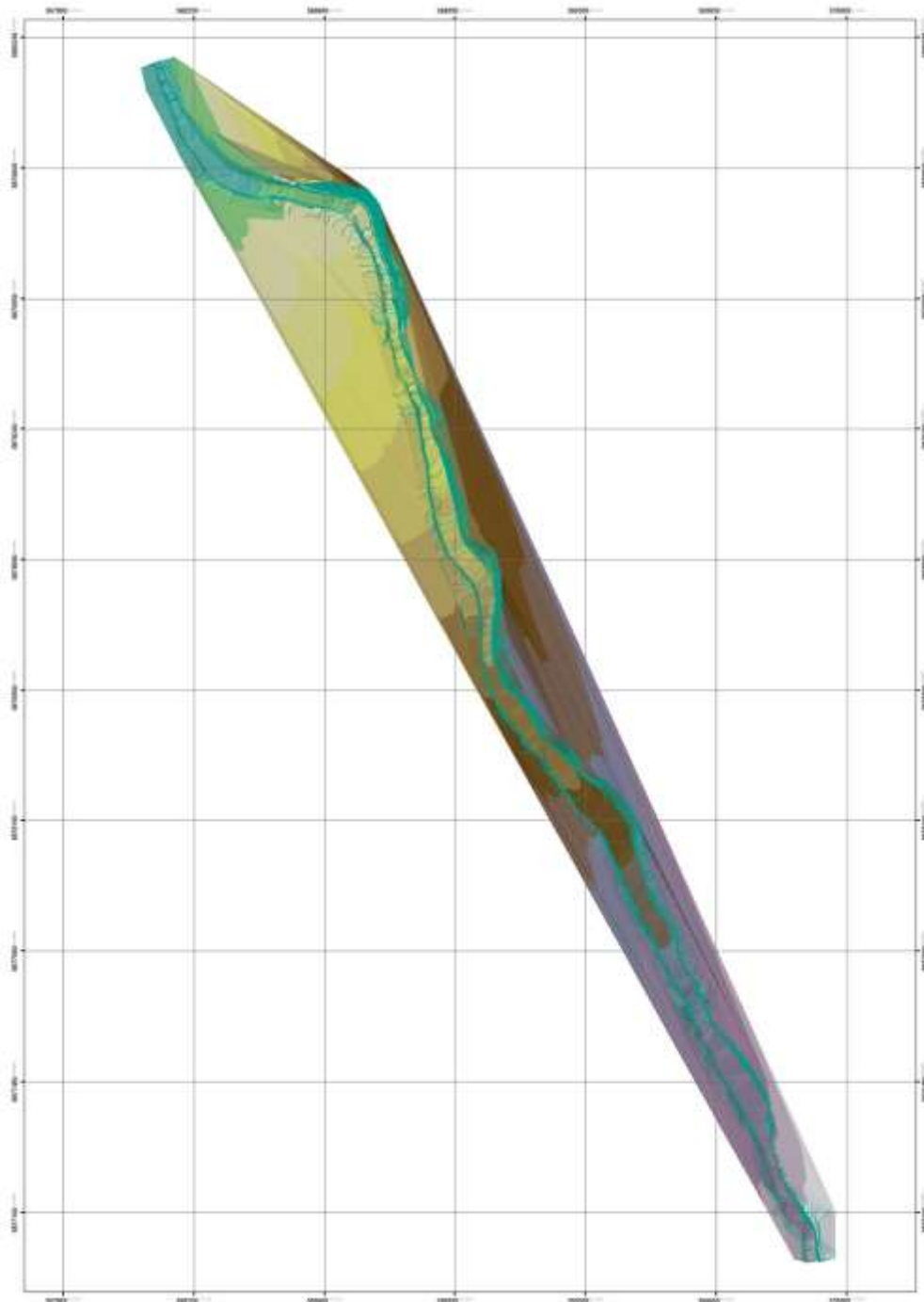
2.6.3. Aplicación SIG en la Simulación con HEC-RAS.

La aplicación del modelo HEC-RAS, para efectos de la investigación constituye tres pasos fundamentales:

- Crear por medio de herramientas de SIG, para esta investigación el ArcGIS 10.3 y la extensión HECGeoRAS, los modelos digitales del terreno – TIN o DEM con un archivo de importación para HECRAS, que contenga información geométrica de las secciones transversales, del cauce y las llanuras de inundación del río Huallaga en la zona de estudio, correspondiente a 3.8 Km. comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo. Para ello se utilizó los datos del levantamiento topográfico realizado.



Figura 33. Modelo Digital del Terreno Para Simulación en HEC.-RAS.

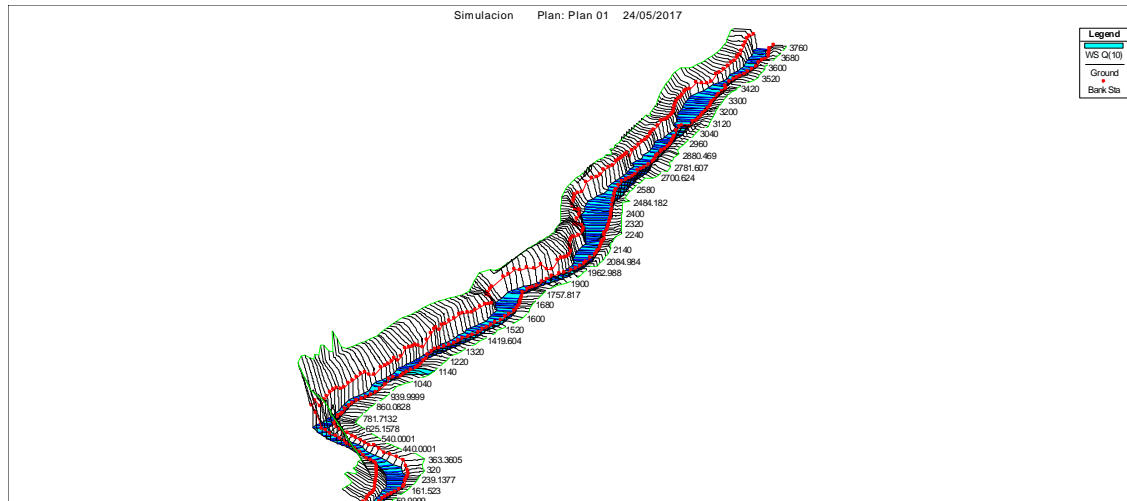


Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



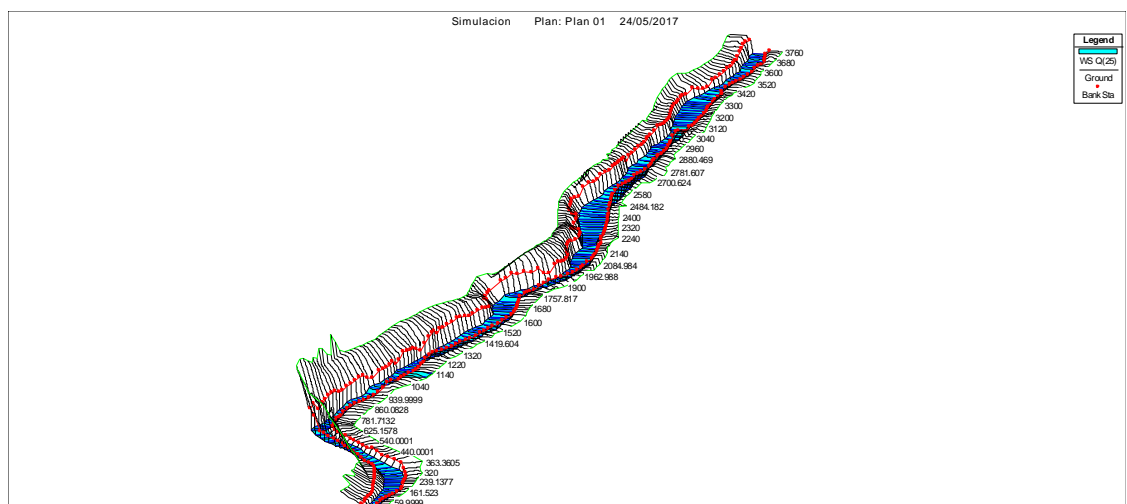
- Aplicar la modelización del flujo permanente con el modelo HEC-RAS 4.1.0, el cual genera un archivo de exportación para ArcGIS 10.3.

Figura 34. Simulación en HEC-RAS para Periodo de Retorno 10 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

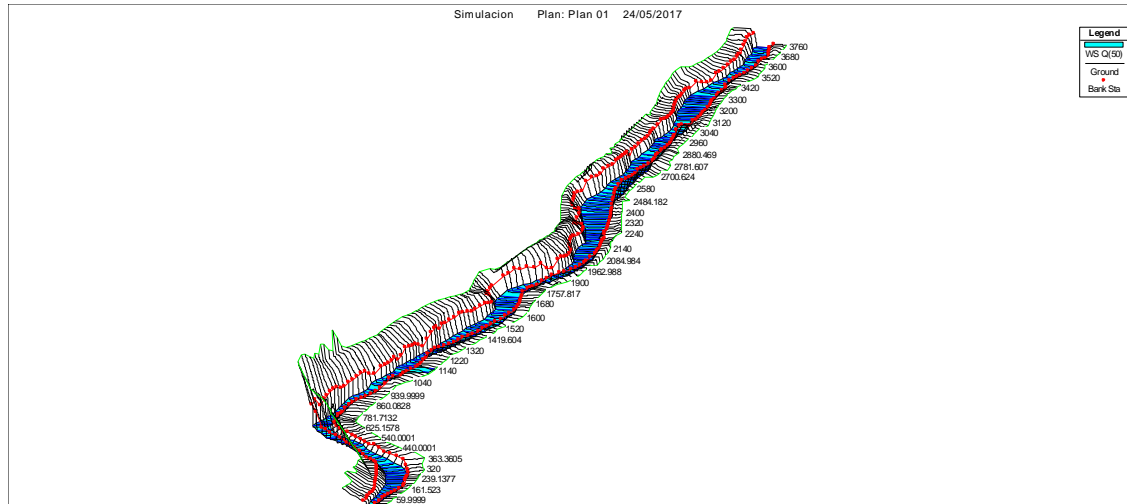
Figura 35. Simulación en HEC-RAS para Periodo de Retorno 25 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

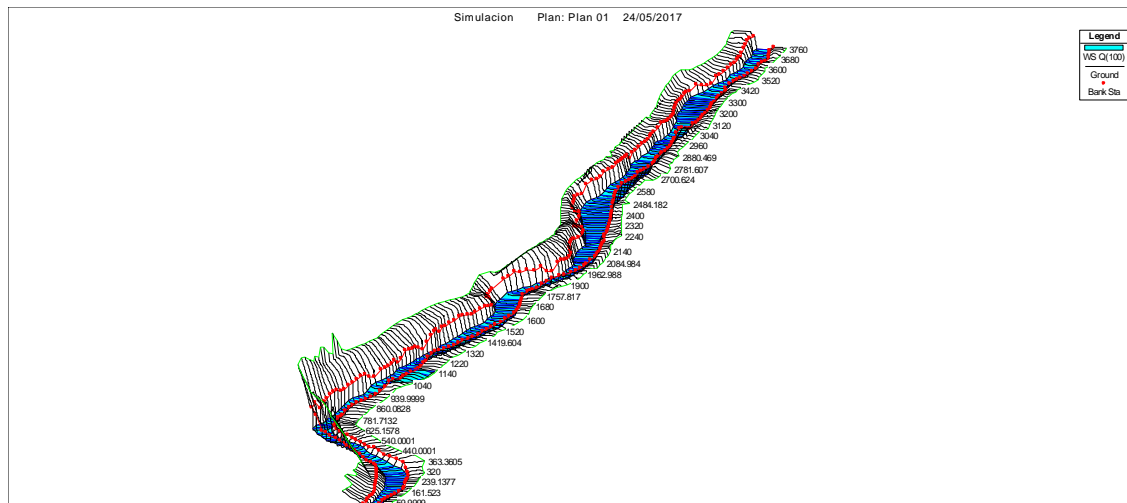


Figura 36. Simulación en HEC-RAS para Periodo de Retorno 50 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

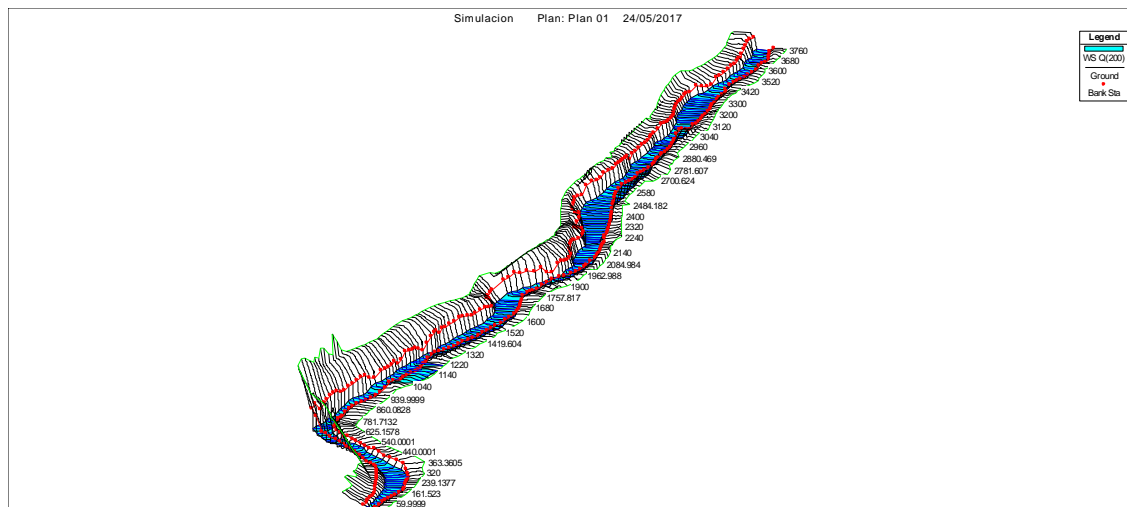
Figura 37. Simulación en HEC-RAS para Periodo de Retorno 100 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

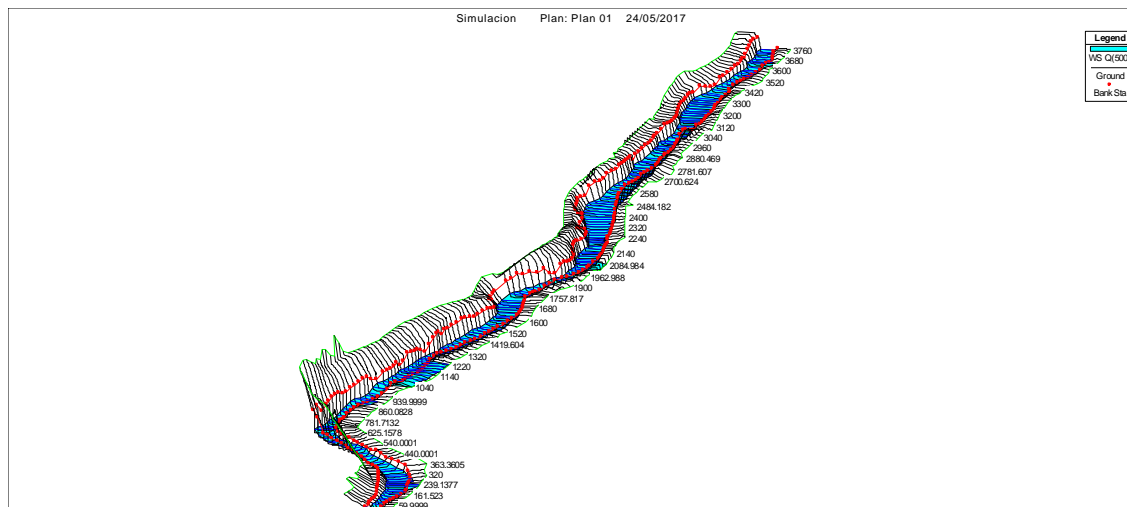


Figura 38. Simulación en HEC-RAS para Periodo de Retorno 200 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

Figura 39. Simulación en HEC-RAS para Periodo de Retorno 500 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

- El último paso es generar las manchas de agua, superficies o áreas de inundación y mapas de áreas inundables en el SIG ArcGIS 10.3. para lograr el objetivo del estudio.



Capítulo III. Discusión de Resultados.



3.1. Resultados del Análisis Hidrológico.

3.1.1. Análisis de Consistencia de los Datos de Precipitación.

Con los datos de registros históricos de precipitación máxima en 24 horas disponibles de las cuatro estaciones pluviométricas utilizadas, cada una de ellas con un registro de 21 años desde el año 1994 hasta el 2015.

Se realizó el análisis de consistencia mediante el análisis de doble masa y las pruebas estadísticas correspondientes, resultando:

- La estación con los datos más consistentes es la estación San Rafael.
- Los datos de las estaciones pluviométricas presentan inconsistencias, pero las inconsistencias no son significativas.
- Los datos de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones se pueden usar tal cual, sin realizar correcciones a las mismas.

3.1.2. Análisis de Distribución de Probabilidades y Pruebas de Bondad de Ajuste.

Se determinó los modelos de distribución hidrológica que mejor se ajustan para los datos de cada estación, estos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 41.

Modelos de Distribución que Mejor se Ajustan para Cada Estación.

DATOS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS	MODELO DE DISTRIBUCIÓN QUE MEJOR AJUSTE PRESENTA
ESTACIÓN HUÁNUCO	GAMMA 3 PARAMETROS
ESTACIÓN SAN RAFAEL	GUMBEL
ESTACIÓN YANAHUANCA	GUMBEL
ESTACIÓN CERRO DE PASCO	GAMMA 3 PARAMETROS

Fuente: Elaboración propia- HIDROESTA.



3.1.3 Precipitaciones Máximas Para Diferentes Periodos Retorno de Cada Estación.

Se determinó las precipitaciones máximas en 24 horas de cada estación para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, de acuerdo al modelo de distribución que mejor ajuste presenta cada uno de ellos, se presentan los resultados en las tablas siguientes.

Tabla 42. Precipitaciones Máximas en 24 Horas - Estación Huánuco.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS	
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm.)
2	23.66
5	31.34
10	36.27
25	42.25
50	46.53
100	50.66
200	54.66
500	59.78

Fuente: Elaboración propia- HIDROESTA.

Tabla 43. Precipitaciones Máximas en 24 Horas - Estación San Rafael.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS (mm.)
2	30.61
5	39.57
10	45.51
25	53.01
50	58.57
100	64.09
200	69.59
500	76.85

Fuente: Elaboración propia- HIDROESTA.



Tabla 44.

Precipitaciones Máximas en 24 Horas - Estación Yanahuanca.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GUMBEL	
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS <i>(mm.)</i>
2	24.27
5	33.47
10	39.56
25	47.25
50	52.96
100	58.63
200	64.27
500	71.72

Fuente: Elaboración propia- HIDROESTA.

Tabla 45.

Precipitaciones Máximas en 24 Horas - Estación Cerro de Pasco.

MODELO DE DISTRIBUCIÓN GAMMA 3 PARÁMETROS	
PERIODO DE RETORNO <i>Tr (años)</i>	PRECIPITACIÓN MÁXIMA 24 HORAS <i>(mm.)</i>
2	27.61
5	34.18
10	38.28
25	43.17
50	46.62
100	49.93
200	53.11
500	57.16

Fuente: Elaboración propia- HIDROESTA.



3.1.4. Precipitaciones Máximas Para Diferentes Periodos Retorno de Toda la Cuenca.

Se determinó las precipitaciones máximas en 24 horas de cada estación para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años para toda la cuenca, previo a ello se determinó los polígonos de Thiessen de la cuenca con sus áreas de influencia a la cuenca respectivo. Los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 46.

Precipitaciones Máximas en 24 Horas de Toda la Cuenca de Aporte.

PRECIPITACIONES MAXIMAS	
PERIODO DE RETORNO Tr (años)	Precipitacion Máxima 24 Horas (mm.)
2	29.305
5	37.314
10	42.521
25	48.981
50	53.699
100	58.336
200	62.909
500	68.885

Fuente: Elaboración propia.



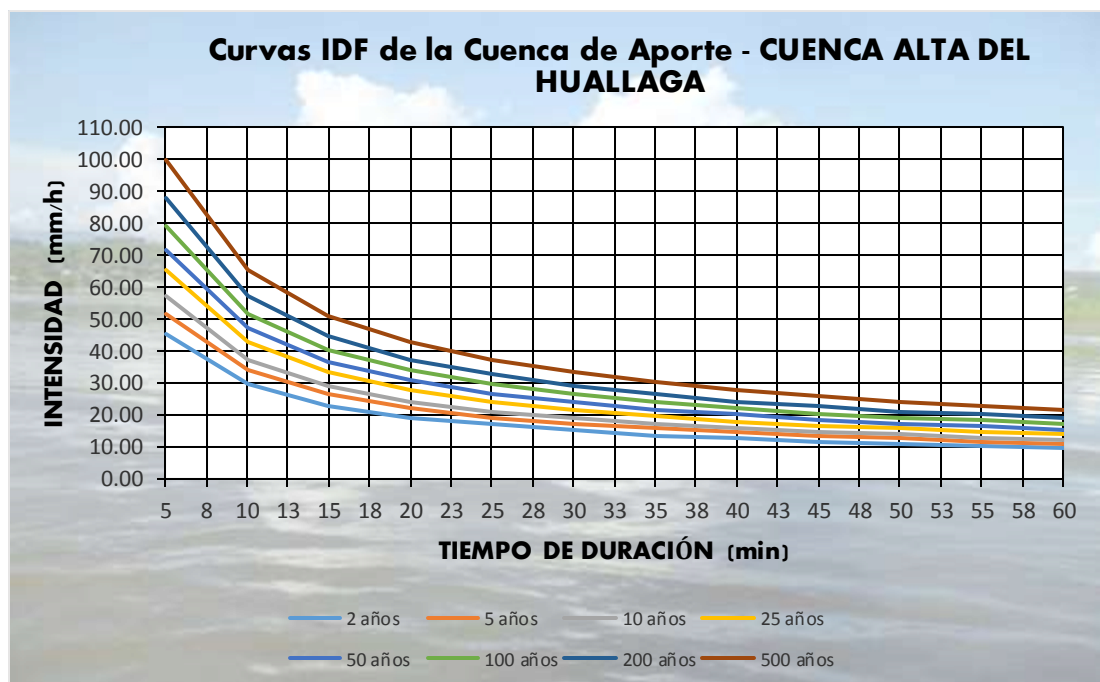
3.1.5. Curvas IDF de la Cuenca.

Se determinó la ecuación que describe el comportamiento de las intensidades de la cuenca y con ello a la vez se obtiene las curvas IDF de la cuenca, los resultados son los que se muestran a continuación.

Ecuación de Intensidades para generar Curvas IDF.

$$I = \frac{110.8888 * T^{0.142494}}{t^{0.61481}}$$

Figura 40. Curvas IDF de la Cuenca de Aporte.



Fuente: Elaboración propia.



3.1.6. Resultados de los Parámetros de la Cuenca.

Se determinó los principales parámetros de la Cuenca de aporte haciendo uso del ArcGIS 10.3. se procesó los datos para el cálculo de dichos parámetros, los resultados se muestran en las tablas siguientes.

Tabla 47. Parámetros de la Cuenca de Aporte - Cuenca Alta del Rio Huallaga.

PARAMETRO DE CUENCA	SIMBOLOGÍA	UNIDADES	VALOR
AREA DE LA CUENCA	A	Km2.	1563.674
PERIMETRO DE LA CUENCA	P	Km.	227.044
LONGITUD DE CUENCA	L	Km.	71.203
ANCHO MEDIO DE LA CUENCA	W	Km.	21.961
LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL	Lc	Km.	83.225
INDICE O FACTOR DE FORMA	Ff	----	0.308
COEFICIENTE DE COMPACIDAD O INDICE DE GRAVELIUS	K	----	1.608
RELACIÓN DE ELONGACIÓN	Re	-----	0.626
RELACIÓN DE CIRCULIDAD	Rc	-----	0.381
COTA MAS ALTA DE LA CUENCA	Hs	msnm	4950.00
COTA MAS BAJA DE LA CUENCA Y/O CAUCE	Hi	msnm	2100.00
COTA MÁS ALTA DEL CAUCE PRINCIPAL	Hr	msnm	4240.00
ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA	Hm	msnm	3525.00
ALTITUD MÁS FRECUENTE	Hf	msnm	4308.75
ALTITUD DE FRECUENCIA MEDIA	Hfm	msnm	3903.63
LADO MAYOR DEL RECTANGULO EQUIVALENTE	L	Km	97.481
LADO MENOR DEL RECTANGULO EQUIVALENTE	I	Km	16.041
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA	Ssp	%	22.03
PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL	Sr	%	2.57
DENSIDAD DE DRENAJE	Dd	Km/Km2	0.38
DENSIDAD DE CORRIENTE	Dc	Cauces/Km2	0.17
ORDEN DE LA CUENCA	Or	-----	04

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 48. Características de la Cuenca de Acuerdo a sus Parámetros.

POR SU TAMAÑO	La Cuenca es Intermedia Grande
POR SU FACTOR DE FORMA	La Cuenca es Ligeramente Alargada
POR SU COEFICIENTE DE COMPACIDAD	La Cuenca es Oval-Oblonga
POR SU RELACIÓN DE ELONGACIÓN	La Cuenca es Alargada
POR SU DENSIDAD DE DRENAJE	La Cuenca tiene un drenaje Bajo

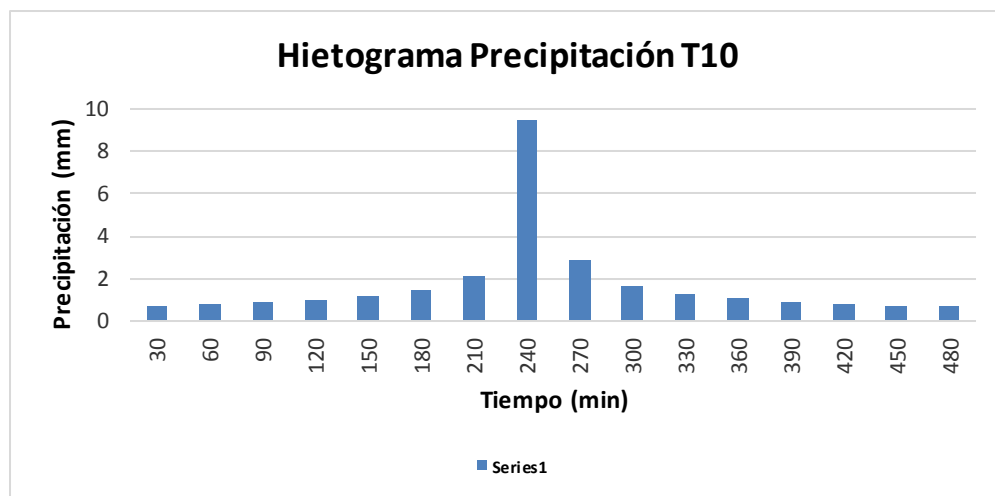
Fuente: Elaboración propia.



3.1.7. Hietogramas de Diseño Para diferentes Periodos de Retorno.

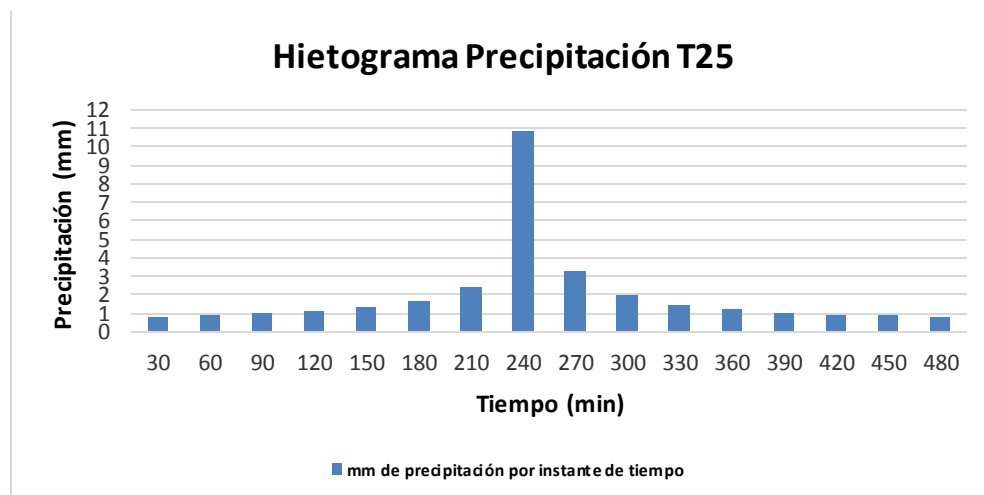
Los hietogramas determinados son para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años, estos hietogramas constituyen un resultado fundamental a utilizar en la simulación hidrológica y son los que se muestran en las figuras siguientes.

Figura 41. Hietograma de Diseño para Periodo de Retorno 10 años.



Fuente: Elaboración propia.

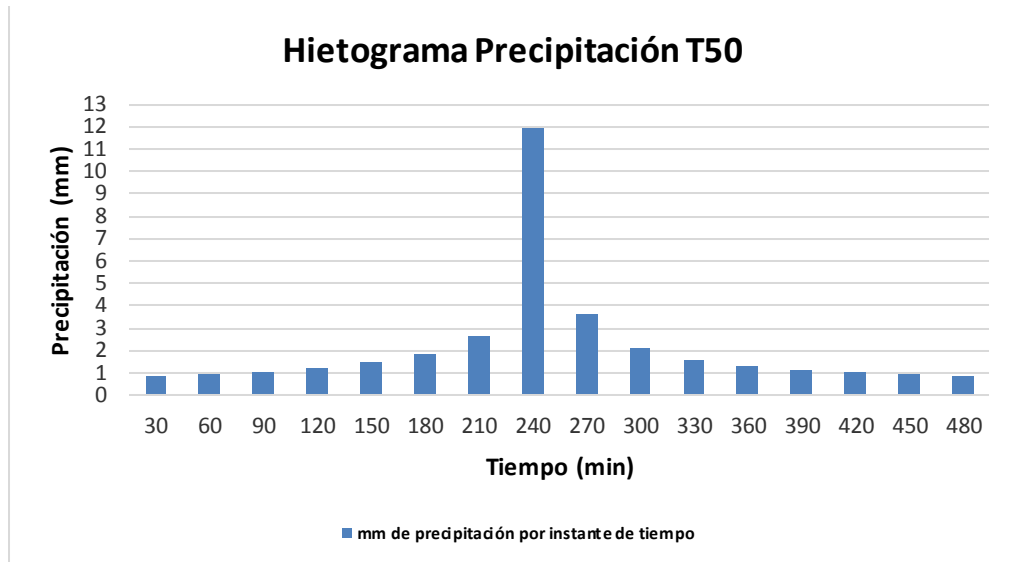
Figura 42. Hietograma de Diseño para Periodo de Retorno 25 años.



Fuente: Elaboración propia.

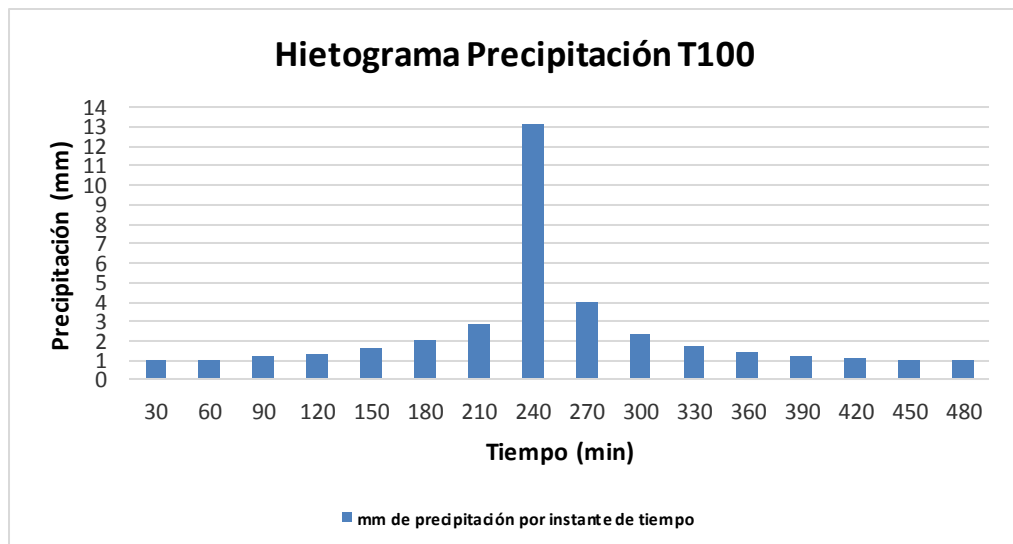


Figura 43. Hietograma de Diseño para Periodo de Retorno 50 años.



Fuente: Elaboración propia.

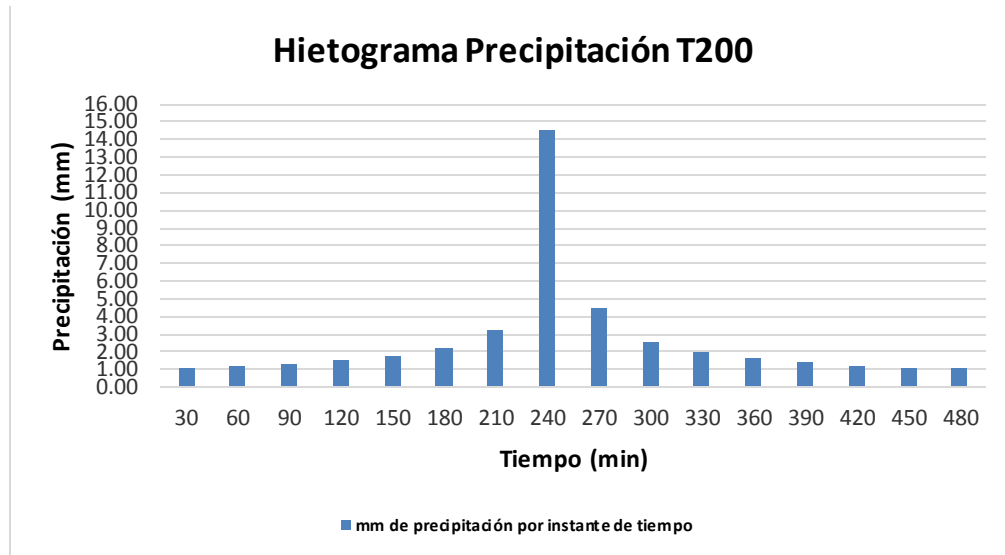
Figura 44. Hietograma de Diseño para Periodo de Retorno 100 años.



Fuente: Elaboración propia.

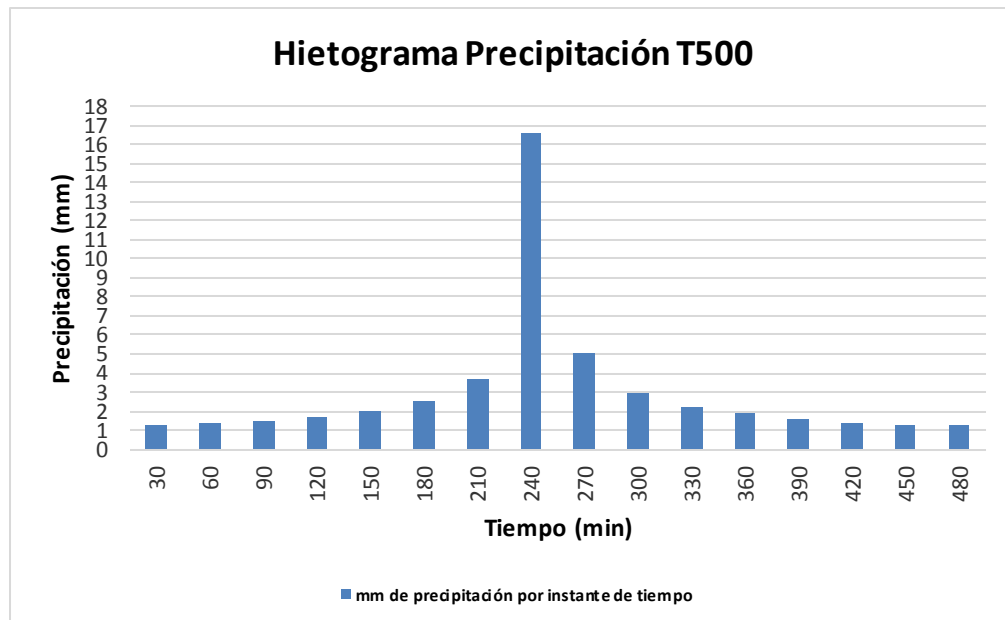


Figura 45. Hietograma de Diseño para Periodo de Retorno 200 años.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 46. Hietograma de Diseño para Periodo de Retorno 500 años.



Fuente: Elaboración propia.



3.1.8. Hidrogramas y Caudales de Máximas Avenidas para Diferentes

Periodos de Retorno.

Se determinaron los Caudales de máximas avenidas de la cuenca de aporte para los periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 años mediante la simulación hidrológica en el modelo matemático HEC-HMS, estos fueron calibrados con huellas de las máximas avenidas dejadas insitu. Los resultados se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 49. Caudales de Máximas Avenidas.

<i>PERIODO DE RETORNO Tr (años)</i>	<i>CAUDAL MÁXIMO(m³/s)</i>
10	43.60
25	82.10
50	123.90
100	178.10
200	249.20
500	372.00

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Resultados del Analisis Hidráulico.

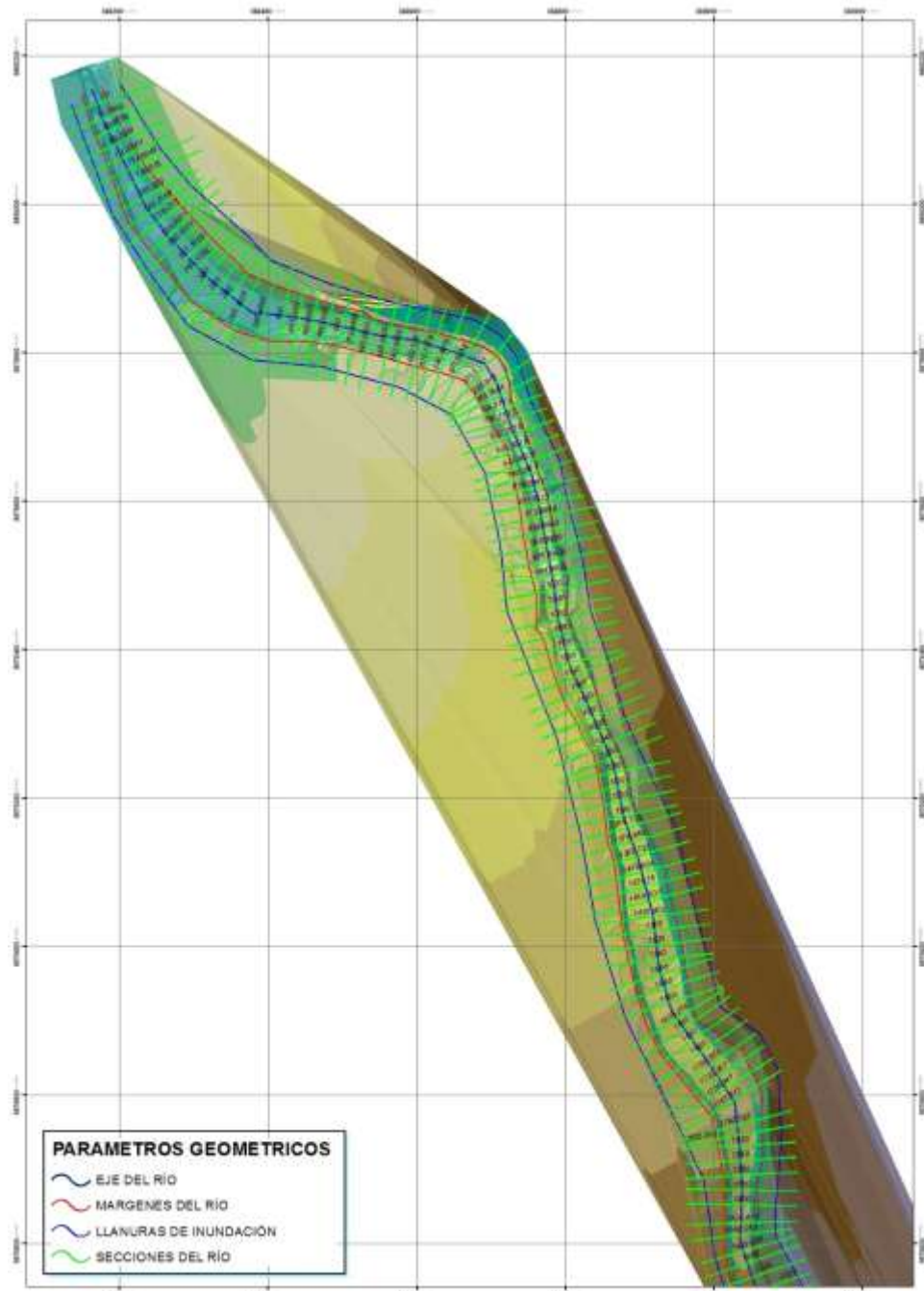
3.2.1. Parámetros geométricos del Tramo del Río Huallaga en Estudio.

Los parámetros geométricos del río se determinan a partir de la topografía del mismo mediante un procesamiento en ArcGIS 10.3. Los datos geométricos que se calculan son básicamente: el eje del río, márgenes del río, llanuras de inundación y secciones transversales. El tramo del río Huallaga analizado es de 3.78 Km. comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo. Se generaron 188 secciones de análisis separados cada 20 metros, las secciones van de aguas abajo hacia aguas arriba.



Los resultados se muestran en las figuras siguientes.

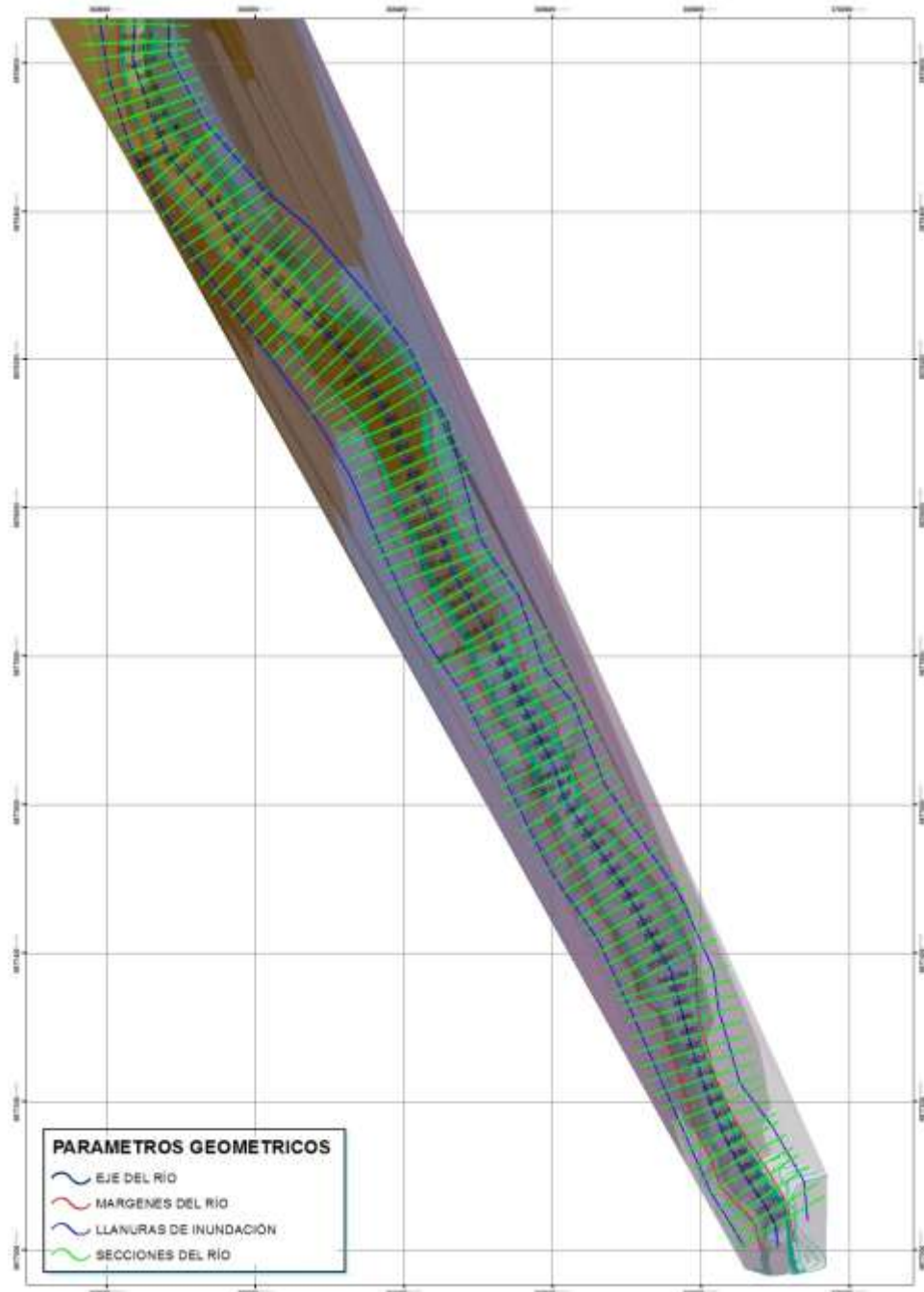
Figura 47. Parámetros Geométricos del tramo del río en Estudio - de 0.000Km a 2.000 Km.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



Figura 48. Parámetros Geométricos del tramo del río en Estudio - de 2.000Km a 3.780 Km.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



3.2.2. Características Hidráulicas del Tramo del Río Huallaga en Estudio.

Se determinó las características hidráulicas del río para diferentes periodos de retorno, mediante la simulación hidráulica con el modelo matemático HEC-RAS, las características hidráulicas se determinaron para cada sección del tramo, haciendo un total de 186 secciones analizadas. Los resultados se muestran en las tablas siguientes.



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



Tabla 50. Características Hidráulicas del Tramo del Río en Estudio – Periodo de Retorno 10 años.

SECCION DEL RIO	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL (m3/s)	ELEVACION DE COTA MAS PROFUNDA DE LA SECCIÓN (m.)	ELEVACION DEL ESPEJO DEL AGUA EN LA SECCIÓN (m.)	TIRANTE MÁXIMO EN LA SECCIÓN (m.)	ELEVACIÓN DE FLUJO CRÍTICO (m.)	ELEVACIÓN DE ENERGIA TOTAL (m.)	PENDIENTE (m/m)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA HIDRAULICA (m.2)	ESPEJO DE AGUA (m.)	NUMERO DE FROUD
186	10 años	43.6	2158.00	2159.12	1.12	2159.12	2159.41	0.0241	2.40	18.13	30.79	1.00
185	10 años	43.6	2158.00	2158.80	0.80	2158.80	2159.10	0.0242	2.43	17.96	30.39	1.01
184	10 años	43.6	2158.00	2158.91	0.91	2158.91	2159.21	0.0244	2.40	18.20	31.70	1.01
183	10 años	43.6	2157.36	2158.27	0.91	2158.33	2158.61	0.0367	2.58	16.87	35.46	1.20
182	10 años	43.6	2157.00	2157.89	0.89	2157.89	2158.16	0.0252	2.30	18.93	35.66	1.01
181	10 años	43.6	2157.00	2157.82	0.82	2157.82	2158.11	0.0244	2.38	18.29	32.12	1.01
180	10 años	43.6	2156.91	2157.75	0.84	2157.75	2158.08	0.0238	2.52	17.31	27.40	1.01
179	10 años	43.6	2155.59	2156.26	0.67	2156.52	2157.14	0.1095	4.14	10.54	24.87	2.03
178	10 años	43.6	2155.00	2155.93	0.93	2155.93	2156.22	0.0244	2.40	18.16	31.43	1.01
177	10 años	43.6	2155.00	2155.69	0.69	2155.69	2156.01	0.0241	2.51	17.37	27.42	1.01
176	10 años	43.6	2155.00	2155.66	0.66	2155.66	2155.96	0.0242	2.45	17.83	29.55	1.00
175	10 años	43.6	2154.54	2155.47	0.93	2155.47	2155.78	0.0243	2.47	17.66	28.91	1.01
174	10 años	43.6	2153.00	2153.91	0.91	2154.19	2154.84	0.1018	4.26	10.24	21.87	1.99
173	10 años	43.6	2153.00	2153.76	0.76	2153.76	2154.10	0.0233	2.58	16.87	25.14	1.01
172	10 años	43.6	2153.00	2153.61	0.61	2153.61	2153.90	0.0245	2.41	18.11	30.94	1.00
171	10 años	43.6	2152.85	2153.42	0.57	2153.42	2153.67	0.0255	2.25	19.34	37.90	1.01
170	10 años	43.6	2151.75	2152.29	0.54	2152.44	2152.80	0.0828	3.19	13.68	38.78	1.71
169	10 años	43.6	2150.86	2151.38	0.52	2151.43	2151.66	0.0376	2.33	18.73	46.94	1.18
168	10 años	43.6	2150.51	2151.08	0.57	2151.08	2151.28	0.0281	1.95	22.31	58.63	1.01
167	10 años	43.6	2150.00	2150.41	0.41	2150.44	2150.64	0.0360	2.13	20.46	56.72	1.13
166	10 años	43.6	2150.00	2150.36	0.36	2150.36	2150.54	0.0280	1.87	23.28	65.04	1.00
165	10 años	43.6	2150.00	2150.36	0.36	2150.36	2150.54	0.0285	1.87	23.30	65.90	1.00
164	10 años	43.6	2150.00	2150.36	0.36	2150.36	2150.53	0.0282	1.86	23.48	66.69	1.00
163	10 años	43.6	2149.61	2150.06	0.45	2150.06	2150.25	0.0286	1.89	23.04	64.42	1.01
162	10 años	43.6	2149.00	2149.52	0.52	2149.52	2149.73	0.0274	2.01	21.69	53.58	1.01
161	10 años	43.6	2149.00	2149.37	0.37	2149.37	2149.56	0.0287	1.92	22.70	62.12	1.01
160	10 años	43.6	2149.00	2149.38	0.38	2149.38	2149.56	0.0279	1.91	22.87	61.91	1.00
159	10 años	43.6	2148.76	2149.25	0.49	2149.25	2149.45	0.0278	1.96	22.20	57.48	1.01
158	10 años	43.6	2148.00	2148.54	0.54	2148.58	2148.81	0.0360	2.32	18.76	45.87	1.16
157	10 años	43.6	2148.00	2148.45	0.45	2148.45	2148.68	0.0265	2.09	20.82	46.95	1.00
156	10 años	43.6	2148.00	2148.49	0.49	2148.49	2148.73	0.0260	2.17	20.05	42.19	1.01
155	10 años	43.6	2147.00	2147.35	0.35	2147.50	2147.85	0.0832	3.13	13.92	40.61	1.71



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



154	10 años	43.6	2146.29	2147.10	0.81	2147.10	2147.40	0.0234	2.43	17.93	29.49	1.00
153	10 años	43.6	2144.99	2145.50	0.51	2145.75	2146.38	0.1456	4.18	10.44	30.18	2.27
152	10 años	43.6	2143.93	2144.53	0.60	2144.60	2144.89	0.0382	2.64	16.51	34.69	1.22
151	10 años	43.6	2143.05	2143.90	0.85	2143.93	2144.23	0.0283	2.55	17.10	30.24	1.08
150	10 años	43.6	2143.00	2143.59	0.59	2143.59	2143.87	0.0247	2.34	18.63	33.61	1.00
149	10 años	43.6	2143.56	2144.16	0.60	2144.16	2144.41	0.0257	2.20	19.80	40.63	1.01
148	10 años	43.6	2143.85	2144.45	0.60	2144.45	2144.68	0.0261	2.16	20.14	42.73	1.01
147	10 años	43.6	2143.00	2143.82	0.82	2143.86	2144.10	0.0321	2.34	18.60	41.14	1.11
146	10 años	43.6	2143.00	2143.96	0.96	2143.96	2144.21	0.0257	2.20	19.82	40.62	1.00
145	10 años	43.6	2143.00	2143.86	0.86	2143.86	2144.12	0.0249	2.27	19.19	36.64	1.00
144	10 años	43.6	2142.52	2143.16	0.64	2143.23	2143.50	0.0390	2.57	16.98	37.83	1.22
143	10 años	43.6	2141.27	2141.75	0.48	2141.92	2142.30	0.1001	3.27	13.34	42.06	1.85
142	10 años	43.6	2140.00	2140.50	0.50	2140.60	2140.88	0.0495	2.72	16.03	39.14	1.36
141	10 años	43.6	2140.00	2140.48	0.48	2140.48	2140.71	0.0261	2.12	20.60	45.42	1.00
140	10 años	43.6	2139.73	2140.27	0.54	2140.27	2140.49	0.0265	2.07	21.10	48.73	1.00
139	10 años	43.6	2139.00	2139.70	0.70	2139.71	2139.95	0.0269	2.21	19.74	41.71	1.02
138	10 años	43.6	2138.51	2139.15	0.64	2139.16	2139.38	0.0299	2.12	20.56	50.05	1.06
137	10 años	43.6	2138	2138.44	0.44	2138.49	2138.72	0.0361	2.32	18.77	45.94	1.16
136	10 años	43.6	2138	2138.45	0.45	2138.45	2138.68	0.0264	2.11	20.71	46.24	1.00
135	10 años	43.6	2137.23	2137.91	0.68	2137.91	2138.15	0.0262	2.2	19.83	41.47	1.02
134	10 años	43.6	2137	2137.53	0.53	2137.53	2137.78	0.0260	2.2	19.8	40.8	1.01
133	10 años	43.6	2136.73	2137.27	0.54	2137.27	2137.48	0.0273	2.03	21.45	51.81	1.01
132	10 años	43.6	2136.16	2136.73	0.57	2136.76	2136.97	0.0339	2.2	19.78	50.01	1.12
131	10 años	43.6	2135.27	2135.81	0.54	2135.89	2136.12	0.0537	2.5	17.43	51.44	1.37
130	10 años	43.6	2134.24	2134.86	0.62	2134.92	2135.16	0.0430	2.45	17.82	46.08	1.26
129	10 años	43.6	2133.09	2133.6	0.51	2133.72	2134.01	0.0800	2.83	15.43	51.15	1.64
128	10 años	43.6	2132.5	2133.04	0.54	2133.04	2133.23	0.0283	1.93	22.61	60.95	1.01
127	10 años	43.6	2132	2132.46	0.46	2132.48	2132.68	0.0320	2.07	21.02	55.67	1.08
126	10 años	43.6	2131.68	2132.23	0.55	2132.23	2132.4	0.0291	1.86	23.49	68.51	1.01
125	10 años	43.6	2131.34	2131.89	0.55	2131.89	2132.07	0.0286	1.89	23.1	64.83	1.01
124	10 años	43.6	2130.9	2131.37	0.47	2131.37	2131.54	0.0291	1.84	23.68	69.75	1.01
123	10 años	43.6	2130.37	2130.91	0.54	2130.91	2131.08	0.0289	1.87	23.3	66.89	1.01
122	10 años	43.6	2130	2130.49	0.49	2130.49	2130.68	0.0284	1.9	22.93	63.3	1.01
121	10 años	43.6	2129.66	2130.13	0.47	2130.13	2130.29	0.0295	1.8	24.28	75.08	1.01



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



120	10 años	43.6	2129.33	2129.84	0.51	2129.84	2130.01	0.0288	1.83	23.8	70.18	1.00
119	10 años	43.6	2128.99	2129.52	0.53	2129.52	2129.71	0.0281	1.91	22.84	62.25	1.01
118	10 años	43.6	2128.56	2129.13	0.57	2129.13	2129.31	0.0289	1.88	23.24	66.27	1.01
117	10 años	43.6	2128.14	2128.78	0.64	2128.78	2129	0.0274	2.04	21.34	51.48	1.01
116	10 años	43.6	2127.6	2128.11	0.51	2128.14	2128.35	0.0378	2.21	19.74	53.97	1.17
115	10 años	43.6	2127	2127.5	0.50	2127.53	2127.74	0.0317	2.18	20.05	49.17	1.09
114	10 años	43.6	2126.25	2127.1	0.85	2127.1	2127.29	0.0274	1.97	22.1	56.17	1.00
113	10 años	43.6	2126	2126.89	0.89	2126.89	2127.12	0.0265	2.11	20.67	46.19	1.01
112	10 años	43.6	2126	2126.9	0.90	2126.9	2127.15	0.0259	2.21	19.69	40.3	1.01
111	10 años	43.6	2126	2126.74	0.74	2126.74	2127.02	0.0253	2.35	18.55	33.55	1.01
110	10 años	43.6	2126	2127.04	1.04	2127.04	2127.32	0.0258	2.33	18.73	34.67	1.01
109	10 años	43.6	2126	2126.54	0.54	2126.55	2126.81	0.0256	2.31	18.89	35.75	1.01
108	10 años	43.6	2125.64	2126.22	0.58	2126.22	2126.46	0.0258	2.19	19.93	41.38	1.01
107	10 años	43.6	2125	2125.42	0.42	2125.5	2125.77	0.0479	2.61	16.7	42.4	1.33
106	10 años	43.6	2125	2125.43	0.43	2125.43	2125.65	0.0271	2.07	21.05	49.17	1.01
105	10 años	43.6	2124.83	2125.32	0.49	2125.32	2125.54	0.0270	2.05	21.22	50.05	1.01
104	10 años	43.6	2124	2124.5	0.50	2124.58	2124.84	0.0456	2.56	17.03	42.8	1.30
103	10 años	43.6	2124	2124.43	0.43	2124.43	2124.64	0.0269	2.03	21.47	51.29	1.00
102	10 años	43.6	2124	2124.43	0.43	2124.43	2124.65	0.0268	2.05	21.22	49.67	1.00
101	10 años	43.6	2123.34	2124.07	0.73	2124.07	2124.34	0.0252	2.31	18.89	35.59	1.01
100	10 años	43.6	2123	2123.59	0.59	2123.59	2123.88	0.0245	2.38	18.32	32.01	1.00
99	10 años	43.6	2123	2123.56	0.56	2123.56	2123.84	0.0246	2.33	18.74	33.99	1.00
98	10 años	43.6	2123	2123.59	0.59	2123.59	2123.88	0.0244	2.38	18.29	31.65	1.00
97	10 años	43.6	2122.04	2122.87	0.83	2122.95	2123.29	0.0353	2.86	15.25	26.83	1.21
96	10 años	43.6	2121.21	2122.04	0.83	2122.14	2122.5	0.0430	3.02	14.43	27.04	1.32
95	10 años	43.6	2121	2121.66	0.66	2121.66	2121.98	0.0244	2.54	17.19	26.76	1.01
94	10 años	43.6	2121	2121.64	0.64	2121.64	2121.96	0.0240	2.49	17.52	28.04	1.00
93	10 años	43.6	2120	2120.61	0.61	2120.79	2121.22	0.0572	3.47	12.55	23.64	1.52
92	10 años	43.6	2120	2120.74	0.74	2120.74	2121.08	0.0233	2.58	16.9	25.26	1.01
91	10 años	43.6	2119.03	2119.88	0.85	2120.02	2120.42	0.0469	3.26	13.39	23.99	1.39
90	10 años	43.6	2119	2119.94	0.94	2119.94	2120.23	0.0247	2.36	18.5	33.28	1.01
89	10 años	43.6	2118.74	2119.33	0.59	2119.38	2119.63	0.0366	2.41	18.07	41.94	1.17
88	10 años	43.6	2118.06	2118.96	0.90	2118.96	2119.19	0.0263	2.16	20.2	43.34	1.01
87	10 años	43.6	2118	2118.77	0.77	2118.77	2119.03	0.0256	2.23	19.59	39.21	1.00
86	10 años	43.6	2116.87	2117.21	0.34	2117.42	2117.93	0.1596	3.76	11.6	42.04	2.28
85	10 años	43.6	2116.13	2116.76	0.63	2116.76	2116.99	0.0266	2.1	20.77	47.09	1.01
84	10 años	43.6	2116	2116.41	0.41	2116.41	2116.61	0.0278	2	21.8	54.79	1.01



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



83	10 años	43.6	2116	2116.42	0.42	2116.42	2116.63	0.0276	2.02	21.55	52.98	1.01
82	10 años	43.6	2115.49	2116.08	0.59	2116.08	2116.28	0.0276	2.02	21.6	53.44	1.01
81	10 años	43.6	2114.75	2115.24	0.49	2115.32	2115.56	0.0470	2.51	17.36	46.12	1.31
80	10 años	43.6	2114	2114.42	0.42	2114.47	2114.7	0.0389	2.34	18.63	47.57	1.19
79	10 años	43.6	2114	2114.42	0.42	2114.42	2114.63	0.0269	2.02	21.56	51.9	1.00
78	10 años	43.6	2113.18	2113.81	0.63	2113.83	2114.05	0.0310	2.19	19.92	47.55	1.08
77	10 años	43.6	2112.2	2112.76	0.56	2112.88	2113.17	0.0635	2.85	15.3	42.15	1.51
76	10 años	43.6	2111.32	2111.84	0.52	2111.9	2112.12	0.0414	2.32	18.79	51.11	1.22
75	10 años	43.6	2111	2111.46	0.46	2111.46	2111.68	0.0269	2.07	21.11	49.46	1.01
74	10 años	43.6	2111	2111.5	0.50	2111.5	2111.73	0.0263	2.11	20.69	46.1	1.00
73	10 años	43.6	2110.61	2111.23	0.62	2111.23	2111.43	0.0280	1.99	21.88	55.55	1.01
72	10 años	43.6	2110.02	2110.66	0.64	2110.67	2110.89	0.0277	2.14	20.4	46.39	1.03
71	10 años	43.6	2109.44	2110.03	0.59	2110.06	2110.28	0.0342	2.22	19.68	49.72	1.12
70	10 años	43.6	2108.84	2109.53	0.69	2109.53	2109.78	0.0260	2.2	19.86	41.22	1.01
69	10 años	43.6	2108.11	2108.91	0.80	2108.95	2109.2	0.0318	2.38	18.32	39.22	1.11
68	10 años	43.6	2108	2108.59	0.59	2108.59	2108.85	0.0253	2.28	19.16	36.81	1.01
67	10 años	43.6	2108	2108.49	0.49	2108.49	2108.73	0.0261	2.18	19.97	41.6	1.01
66	10 años	43.6	2108	2108.56	0.56	2108.56	2108.84	0.0249	2.33	18.67	33.88	1.00
65	10 años	43.6	2107	2107.56	0.56	2107.71	2108.1	0.0552	3.26	13.38	26.94	1.48
64	10 años	43.6	2107	2107.66	0.66	2107.66	2107.98	0.0241	2.53	17.23	26.72	1.01
63	10 años	43.6	2107	2107.69	0.69	2107.69	2108.02	0.0239	2.58	16.92	25.39	1.01
62	10 años	43.6	2106.05	2107.08	1.03	2107.13	2107.5	0.0286	2.85	15.28	22.92	1.12
61	10 años	43.6	2106	2106.89	0.89	2106.89	2107.3	0.0227	2.83	15.4	19.11	1.01
60	10 años	43.6	2106	2107.21	1.21	2107.21	2107.6	0.0235	2.77	15.75	20.58	1.01
59	10 años	43.6	2106	2107.19	1.19	2107.19	2107.57	0.0229	2.72	16	21.6	1.01
58	10 años	43.6	2106.67	2107.48	0.81	2107.48	2107.83	0.0233	2.61	16.7	24.27	1.01
57	10 años	43.6	2106	2107.06	1.06	2107.06	2107.39	0.0244	2.56	17.06	26.22	1.01
56	10 años	43.6	2106	2106.97	0.97	2106.97	2107.25	0.0246	2.35	18.58	33.59	1.01
55	10 años	43.6	2106.99	2107.56	0.57	2107.56	2107.81	0.0239	2.22	19.92	42.36	0.98
54	10 años	43.6	2106.6	2107.32	0.72	2107.32	2107.58	0.0232	2.3	19.81	39.91	0.98
53	10 años	43.6	2105.36	2106	0.64	2106.21	2106.72	0.0887	3.75	11.62	27.2	1.83
52	10 años	43.6	2105	2106.07	1.07	2106.07	2106.42	0.0229	2.6	16.8	24.54	1.00
51	10 años	43.6	2105	2105.83	0.83	2105.83	2106.17	0.0233	2.59	16.87	25.15	1.01
50	10 años	43.6	2104.01	2104.88	0.87	2105.05	2105.47	0.0548	3.4	12.81	24.14	1.49
49	10 años	43.6	2104	2104.69	0.69	2104.69	2105.02	0.0236	2.54	17.13	26.24	1.01
48	10 años	43.6	2103.08	2103.81	0.73	2103.95	2104.33	0.0511	3.2	13.62	26.68	1.43
47	10 años	43.6	2100	2101.33	1.33	2101.64	2102.5	0.1883	4.8	9.09	25.5	2.56
46	10 años	43.6	2099.36	2100.37	1.01	2100.47	2100.87	0.0374	3.13	13.93	22.06	1.26



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



45	10 años	43.6	2099	2099.98	0.98	2099.98	2100.34	0.0226	2.67	16.35	22.74	1.00
44	10 años	43.6	2099	2099.96	0.96	2099.96	2100.31	0.0237	2.62	16.64	23.92	1.00
43	10 años	43.6	2098.37	2099.26	0.89	2099.35	2099.73	0.0345	3.05	14.31	22.23	1.21
42	10 años	43.6	2097	2097.72	0.72	2098.01	2098.66	0.0845	4.3	10.14	18	1.83
41	10 años	43.6	2096	2097.01	1.01	2097.11	2097.54	0.0327	3.22	13.53	18.54	1.20
40	10 años	43.6	2095.16	2096.32	1.16	2096.43	2096.87	0.0339	3.3	13.23	17.88	1.22
39	10 años	43.6	2094.28	2095.13	0.85	2095.37	2095.94	0.0640	3.99	10.94	18.05	1.64
38	10 años	43.6	2093	2093.95	0.95	2094.15	2094.66	0.0611	3.72	11.72	20.87	1.58
37	10 años	43.6	2093.6	2094.4	0.80	2094.4	2094.72	0.0241	2.54	17.16	26.67	1.01
36	10 años	43.6	2093.18	2094.23	1.05	2094.23	2094.56	0.0238	2.55	17.13	26.4	1.01
35	10 años	43.6	2093	2093.46	0.46	2093.57	2093.89	0.0494	2.88	15.12	33.39	1.37
34	10 años	43.6	2093	2093.52	0.52	2093.52	2093.77	0.0256	2.23	19.58	38.99	1.00
33	10 años	43.6	2093	2093.53	0.53	2093.53	2093.79	0.0256	2.24	19.5	38.55	1.00
32	10 años	43.6	2092	2092.44	0.44	2092.59	2092.97	0.0702	3.23	13.51	33.21	1.62
31	10 años	43.6	2090.97	2091.76	0.79	2091.78	2092.08	0.0271	2.49	17.54	31.25	1.06
30	10 años	43.6	2090	2090.68	0.68	2090.86	2091.27	0.0619	3.38	12.89	26.81	1.56
29	10 años	43.6	2090	2090.96	0.96	2090.96	2091.25	0.0242	2.35	18.53	32.93	1.00
28	10 años	43.6	2090	2090.56	0.56	2090.56	2090.83	0.0250	2.33	18.71	34.07	1.00
27	10 años	43.6	2090	2090.55	0.55	2090.55	2090.82	0.0251	2.3	18.96	35.53	1.00
26	10 años	43.6	2090	2090.56	0.56	2090.56	2090.84	0.0250	2.32	18.76	34.6	1.01
25	10 años	43.6	2090	2090.55	0.55	2090.55	2090.82	0.0251	2.29	19.02	35.87	1.01
24	10 años	43.6	2088.81	2089.37	0.56	2089.55	2089.98	0.0730	3.49	12.51	28.2	1.67
23	10 años	43.6	2088	2088.72	0.72	2088.74	2089.05	0.0277	2.57	16.96	29.19	1.08
22	10 años	43.6	2087.41	2088.11	0.70	2088.16	2088.44	0.0334	2.58	16.9	33.26	1.16
21	10 años	43.6	2086.58	2087.21	0.63	2087.31	2087.62	0.0515	2.83	15.38	36.43	1.39
20	10 años	43.6	2085.86	2086.45	0.59	2086.5	2086.77	0.0333	2.48	17.61	36.86	1.14
19	10 años	43.6	2085	2085.4	0.40	2085.53	2085.84	0.0666	2.92	14.92	40.95	1.55
18	10 años	43.6	2085	2085.42	0.42	2085.42	2085.63	0.0273	2.03	21.44	51.71	1.01
17	10 años	43.6	2084.1	2084.79	0.69	2084.81	2085.04	0.0314	2.25	19.39	44.89	1.09
16	10 años	43.6	2084	2084.55	0.55	2084.55	2084.78	0.0259	2.15	20.29	43.54	1.00
15	10 años	43.6	2084	2084.44	0.44	2084.44	2084.65	0.0269	2.04	21.35	50.84	1.01
14	10 años	43.6	2084	2084.43	0.43	2084.43	2084.64	0.0268	2.03	21.46	51.29	1.00
13	10 años	43.6	2084	2084.47	0.47	2084.47	2084.69	0.0265	2.12	20.6	45.82	1.01
12	10 años	43.6	2084	2084.51	0.51	2084.51	2084.76	0.0255	2.2	19.84	40.66	1.00
11	10 años	43.6	2084	2084.52	0.52	2084.52	2084.77	0.0255	2.21	19.7	39.81	1.00



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



10	10 años	43.6	2083.22	2084	0.78	2084	2084.26	0.0258	2.25	19.37	38.63	1.02
9	10 años	43.6	2083	2083.59	0.59	2083.59	2083.85	0.0250	2.29	19.06	36.22	1.01
8	10 años	43.6	2083	2083.55	0.55	2083.55	2083.81	0.0253	2.29	19.07	36.5	1.01
7	10 años	43.6	2082.34	2083.13	0.79	2083.13	2083.43	0.0241	2.41	18.09	30.83	1.00
6	10 años	43.6	2082	2082.67	0.67	2082.67	2082.99	0.0238	2.51	17.38	27.45	1.01
5	10 años	43.6	2082	2082.66	0.66	2082.66	2082.98	0.0239	2.52	17.28	26.85	1.00
4	10 años	43.6	2081	2081.88	0.88	2081.99	2082.38	0.0363	3.15	13.86	21.44	1.25
3	10 años	43.6	2081	2081.95	0.95	2081.95	2082.33	0.0227	2.75	15.86	20.92	1.01
2	10 años	43.6	2080	2080.95	0.95	2081.13	2081.59	0.0641	3.55	12.27	23.95	1.58
1	10 años	43.6	2080.87	2081.76	0.89	2081.76	2082.16	0.0228	2.81	15.51	19.41	1.00

Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.



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



Tabla 51. Características Hidráulicas del Tramo del Río en Estudio – Periodo de Retorno 25 años.

SECCION DEL RIO	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL (m ³ /s)	ELEVACION DE COTA MAS PROFUNDA DE LA SECCIÓN (m.)	ELEVACION DEL ESPEJO DEL AGUA EN LA SECCIÓN (m.)	TIRANTE MÁXIMO EN LA SECCIÓN (m.)	ELEVACIÓN DE FLUJO CRÍTICO (m.)	ELEVACIÓN DE ENERGIA TOTAL (m.)	PENDIENTE (m/m)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA HIDRAULICA (m ² .)	ESPEJO DE AGUA (m.)	NUMERO DE FROUD
186	25 años	82.1	2158.00	2159.43	1.43	2159.43	2159.87	0.0218	2.96	27.73	31.65	1.01
185	25 años	82.1	2158.00	2159.13	1.13	2159.13	2159.55	0.0216	2.88	28.47	33.98	1.01
184	25 años	82.1	2158.00	2159.23	1.23	2159.23	2159.64	0.0218	2.85	28.78	35.31	1.01
183	25 años	82.1	2157.36	2158.48	1.12	2158.61	2159.05	0.0393	3.34	24.55	36.79	1.31
182	25 años	82.1	2157.00	2158.17	1.17	2158.17	2158.55	0.0225	2.73	30.10	40.34	1.01
181	25 años	82.1	2157.00	2158.14	1.14	2158.14	2158.53	0.0219	2.78	29.55	37.88	1.00
180	25 años	82.1	2156.91	2158.11	1.20	2158.11	2158.56	0.0208	2.99	27.49	30.28	1.00
179	25 años	82.1	2155.59	2156.50	0.91	2156.87	2157.72	0.0917	4.89	16.80	27.01	1.98
178	25 años	82.1	2155.00	2156.22	1.22	2156.24	2156.67	0.0232	2.96	27.75	33.69	1.04
177	25 años	82.1	2155.00	2156.04	1.04	2156.04	2156.50	0.0215	3.02	27.23	29.70	1.01
176	25 años	82.1	2155.00	2155.99	0.99	2155.99	2156.43	0.0216	2.94	27.90	31.96	1.01
175	25 años	82.1	2154.54	2155.80	1.26	2155.80	2156.24	0.0219	2.94	27.93	32.34	1.01
174	25 años	82.1	2153.00	2154.19	1.19	2154.56	2155.40	0.0824	4.87	16.84	24.98	1.90
173	25 años	82.1	2153.00	2154.12	1.12	2154.12	2154.61	0.0207	3.10	26.45	27.29	1.01
172	25 años	82.1	2153.00	2153.92	0.92	2153.92	2154.36	0.0217	2.94	27.96	32.12	1.00
171	25 años	82.1	2152.85	2153.69	0.84	2153.69	2154.07	0.0223	2.75	29.81	38.96	1.01
170	25 años	82.1	2151.75	2152.46	0.71	2152.70	2153.27	0.0799	3.98	20.63	40.74	1.79
169	25 años	82.1	2150.86	2151.55	0.69	2151.67	2152.02	0.0428	3.04	27.01	49.92	1.32
168	25 años	82.1	2150.51	2151.29	0.78	2151.29	2151.58	0.0244	2.39	34.31	59.76	1.01
167	25 años	82.1	2150.00	2150.57	0.57	2150.65	2150.95	0.0397	2.74	29.99	61.45	1.25
166	25 años	82.1	2150.00	2150.55	0.55	2150.55	2150.82	0.0250	2.32	35.45	66.02	1.01
165	25 años	82.1	2150.00	2150.54	0.54	2150.54	2150.81	0.0252	2.31	35.51	66.70	1.01
164	25 años	82.1	2150.00	2150.54	0.54	2150.54	2150.81	0.0250	2.29	35.80	67.67	1.01
163	25 años	82.1	2149.61	2150.25	0.64	2150.25	2150.53	0.0250	2.33	35.28	65.30	1.01
162	25 años	82.1	2149.00	2149.74	0.74	2149.75	2150.04	0.0250	2.41	34.06	59.70	1.02
161	25 años	82.1	2149.00	2149.57	0.57	2149.57	2149.85	0.0247	2.35	34.92	63.00	1.01
160	25 años	82.1	2149.00	2149.57	0.57	2149.57	2149.85	0.0243	2.34	35.07	62.85	1.00
159	25 años	82.1	2148.76	2149.46	0.70	2149.46	2149.75	0.0244	2.41	34.07	58.61	1.01
158	25 años	82.1	2148.00	2148.74	0.74	2148.82	2149.17	0.0344	2.88	28.51	48.79	1.20
157	25 años	82.1	2148.00	2148.69	0.69	2148.69	2149.02	0.0232	2.57	31.99	48.03	1.00
156	25 años	82.1	2148.00	2148.75	0.75	2148.75	2149.11	0.0227	2.65	31.02	43.79	1.00



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



155	25 años	82.1	2147.00	2147.52	0.52	2147.76	2148.30	0.0769	3.90	21.03	41.47	1.75
154	25 años	82.1	2146.29	2147.42	1.13	2147.42	2147.85	0.0212	2.90	28.26	33.00	1.00
153	25 años	82.1	2144.99	2145.69	0.70	2146.05	2146.91	0.1298	4.90	16.75	34.92	2.26
152	25 años	82.1	2143.93	2144.74	0.81	2144.89	2145.34	0.0430	3.45	23.81	36.58	1.36
151	25 años	82.1	2143.05	2144.22	1.17	2144.24	2144.68	0.0233	3.02	27.17	32.01	1.05
150	25 años	82.1	2143.00	2143.88	0.88	2143.88	2144.30	0.0219	2.85	28.81	35.11	1.00
149	25 años	82.1	2143.56	2144.42	0.86	2144.42	2144.80	0.0226	2.71	30.30	41.10	1.01
148	25 años	82.1	2143.85	2144.69	0.84	2144.69	2145.05	0.0229	2.66	30.88	43.40	1.01
147	25 años	82.1	2143.00	2144.03	1.03	2144.11	2144.49	0.0344	3.02	27.17	43.08	1.21
146	25 años	82.1	2143.00	2144.22	1.22	2144.22	2144.59	0.0230	2.68	30.60	42.59	1.01
145	25 años	82.1	2143.00	2144.14	1.14	2144.14	2144.51	0.0221	2.70	30.45	41.12	1.00
144	25 años	82.1	2142.52	2143.38	0.86	2143.50	2143.92	0.0392	3.24	25.30	39.75	1.30
143	25 años	82.1	2141.27	2141.92	0.65	2142.16	2142.72	0.0960	3.98	20.65	47.06	1.92
142	25 años	82.1	2140.00	2140.70	0.70	2140.86	2141.29	0.0512	3.39	24.20	43.44	1.45
141	25 años	82.1	2140.00	2140.72	0.72	2140.72	2141.06	0.0232	2.58	31.83	47.59	1.01
140	25 años	82.1	2139.73	2140.50	0.77	2140.50	2140.82	0.0231	2.52	32.61	50.52	1.00
139	25 años	82.1	2139.00	2139.93	0.93	2139.97	2140.31	0.0283	2.72	30.22	48.65	1.10
138	25 años	82.1	2138.51	2139.34	0.83	2139.39	2139.72	0.0309	2.73	30.09	51.38	1.14
137	25 años	82.1	2138	2138.66	0.66	2138.73	2139.07	0.0334	2.85	28.80	48.88	1.19
136	25 años	82.1	2138	2138.69	0.69	2138.69	2139.03	0.0231	2.59	31.72	46.86	1.00
135	25 años	82.1	2137.23	2138.12	0.89	2138.16	2138.52	0.0275	2.8	29.31	44.13	1.10
134	25 años	82.1	2137	2137.8	0.80	2137.8	2138.15	0.0229	2.64	31.06	44.14	1.01
133	25 años	82.1	2136.73	2137.49	0.76	2137.49	2137.81	0.0240	2.51	32.75	52.07	1.01
132	25 años	82.1	2136.16	2136.96	0.80	2136.99	2137.29	0.0278	2.57	31.98	55.34	1.08
131	25 años	82.1	2135.27	2135.95	0.68	2136.1	2136.49	0.0601	3.23	25.41	55.55	1.53
130	25 años	82.1	2134.24	2135.07	0.83	2135.16	2135.5	0.0389	2.93	28.06	51.42	1.26
129	25 años	82.1	2133.09	2133.75	0.66	2133.94	2134.39	0.0813	3.56	23.04	54.53	1.75
128	25 años	82.1	2132.5	2133.24	0.74	2133.24	2133.52	0.0247	2.38	34.54	61.23	1.01
127	25 años	82.1	2132	2132.67	0.67	2132.7	2132.99	0.0290	2.51	32.74	60.67	1.09
126	25 años	82.1	2131.68	2132.41	0.73	2132.41	2132.67	0.0255	2.27	36.12	70.27	1.01
125	25 años	82.1	2131.34	2132.08	0.74	2132.08	2132.34	0.0254	2.27	36.16	70.35	1.01
124	25 años	82.1	2130.9	2131.53	0.63	2131.55	2131.8	0.0284	2.32	35.34	71.96	1.06
123	25 años	82.1	2130.37	2131.1	0.73	2131.1	2131.34	0.0261	2.2	37.36	77.88	1.01



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



122	25 años	82.1	2130	2130.69	0.69	2130.69	2130.95	0.0253	2.27	36.22	70.59	1.01
121	25 años	82.1	2129.66	2130.3	0.64	2130.3	2130.55	0.0256	2.2	37.25	76.11	1.01
120	25 años	82.1	2129.33	2130.03	0.70	2130.03	2130.27	0.0261	2.17	37.8	80.36	1.01
119	25 años	82.1	2128.99	2129.72	0.73	2129.72	2129.99	0.0251	2.29	35.79	67.95	1.01
118	25 años	82.1	2128.56	2129.32	0.76	2129.32	2129.59	0.0252	2.31	35.51	66.56	1.01
117	25 años	82.1	2128.14	2129.01	0.87	2129.01	2129.31	0.0243	2.41	34.05	58.58	1.01
116	25 años	82.1	2127.6	2128.27	0.67	2128.36	2128.69	0.0398	2.86	28.74	55.47	1.27
115	25 años	82.1	2127	2127.74	0.74	2127.76	2128.07	0.0260	2.56	32.09	53.09	1.05
114	25 años	82.1	2126.25	2127.3	1.05	2127.3	2127.6	0.0238	2.42	33.88	56.82	1.00
113	25 años	82.1	2126	2127.14	1.14	2127.14	2127.45	0.0233	2.5	32.88	51.84	1.00
112	25 años	82.1	2126	2127.16	1.16	2127.16	2127.52	0.0230	2.65	30.95	44.06	1.01
111	25 años	82.1	2126	2127.04	1.04	2127.04	2127.44	0.0225	2.8	29.34	37.33	1.01
110	25 años	82.1	2126	2127.33	1.33	2127.33	2127.74	0.0228	2.85	28.77	35.42	1.01
109	25 años	82.1	2126	2126.77	0.77	2126.83	2127.24	0.0280	3.02	27.14	36.47	1.12
108	25 años	82.1	2125.64	2126.48	0.84	2126.48	2126.84	0.0226	2.68	30.67	42.47	1.01
107	25 años	82.1	2125	2125.6	0.60	2125.75	2126.17	0.0504	3.36	24.46	44.22	1.44
106	25 años	82.1	2125	2125.66	0.66	2125.66	2125.99	0.0237	2.55	32.26	49.8	1.01
105	25 años	82.1	2124.83	2125.55	0.72	2125.55	2125.87	0.0234	2.52	32.59	50.79	1.00
104	25 años	82.1	2124	2124.7	0.70	2124.83	2125.21	0.0463	3.18	25.84	47.56	1.38
103	25 años	82.1	2124	2124.65	0.65	2124.65	2124.96	0.0236	2.5	32.85	52.07	1.00
102	25 años	82.1	2124	2124.65	0.65	2124.65	2124.98	0.0238	2.54	32.34	50.16	1.01
101	25 años	82.1	2123.34	2124.35	1.01	2124.35	2124.76	0.0220	2.83	29.05	36.21	1.01
100	25 años	82.1	2123	2123.89	0.89	2123.89	2124.33	0.0221	2.93	28	32.88	1.01
99	25 años	82.1	2123	2123.85	0.85	2123.85	2124.27	0.0219	2.86	28.71	34.79	1.01
98	25 años	82.1	2123	2123.89	0.89	2123.89	2124.33	0.0218	2.93	27.98	32.31	1.01
97	25 años	82.1	2122.04	2123.17	1.13	2123.28	2123.79	0.0324	3.5	23.48	28.48	1.23
96	25 años	82.1	2121.21	2122.3	1.09	2122.49	2123.04	0.0420	3.83	21.46	27.52	1.38
95	25 años	82.1	2121	2122	1.00	2122	2122.49	0.0213	3.1	26.52	27.3	1.00
94	25 años	82.1	2121	2121.98	0.98	2121.98	2122.45	0.0212	3.04	26.98	28.8	1.00
93	25 años	82.1	2120	2120.9	0.90	2121.14	2121.77	0.0520	4.16	19.76	26.43	1.53
92	25 años	82.1	2120	2121.1	1.10	2121.1	2121.59	0.0208	3.11	26.36	27.15	1.01
91	25 años	82.1	2119.03	2120.16	1.13	2120.38	2120.97	0.0457	3.99	20.57	26.45	1.44
90	25 años	82.1	2119	2120.24	1.24	2120.24	2120.65	0.0215	2.84	28.94	35.41	1.00



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



89	25 años	82.1	2118.74	2119.5	0.76	2119.63	2120.05	0.0438	3.26	25.16	42.37	1.35
88	25 años	82.1	2118.06	2119.2	1.14	2119.2	2119.55	0.0232	2.62	31.32	45.63	1.01
87	25 años	82.1	2118	2119.05	1.05	2119.05	2119.39	0.0231	2.58	31.77	46.94	1.00
86	25 años	82.1	2116.87	2117.37	0.50	2117.66	2118.4	0.1352	4.5	18.26	44.67	2.24
85	25 años	82.1	2116.13	2117	0.87	2117	2117.32	0.0236	2.5	32.78	52.05	1.01
84	25 años	82.1	2116	2116.62	0.62	2116.62	2116.92	0.0239	2.44	33.65	56.02	1.00
83	25 años	82.1	2116	2116.63	0.63	2116.63	2116.95	0.0239	2.47	33.24	54.26	1.01
82	25 años	82.1	2115.49	2116.29	0.80	2116.29	2116.6	0.0239	2.47	33.23	54.25	1.01
81	25 años	82.1	2114.75	2115.42	0.67	2115.55	2115.93	0.0465	3.17	25.89	47.98	1.38
80	25 años	82.1	2114	2114.6	0.60	2114.7	2115.05	0.0403	2.98	27.57	50.18	1.28
79	25 años	82.1	2114	2114.64	0.64	2114.64	2114.95	0.0238	2.5	32.88	52.43	1.01
78	25 años	82.1	2113.18	2114	0.82	2114.06	2114.39	0.0327	2.76	29.73	52.09	1.17
77	25 años	82.1	2112.2	2112.96	0.76	2113.12	2113.54	0.0554	3.36	24.47	47.58	1.49
76	25 años	82.1	2111.32	2112	0.68	2112.12	2112.46	0.0492	3	27.34	57.43	1.39
75	25 años	82.1	2111	2111.69	0.69	2111.69	2112.01	0.0235	2.48	33.08	53.1	1.00
74	25 años	82.1	2111	2111.75	0.75	2111.75	2112.07	0.0235	2.52	32.61	51.03	1.01
73	25 años	82.1	2110.61	2111.44	0.83	2111.44	2111.74	0.0242	2.45	33.55	56.12	1.01
72	25 años	82.1	2110.02	2110.89	0.87	2110.91	2111.23	0.0263	2.61	31.47	51	1.06
71	25 años	82.1	2109.44	2110.21	0.77	2110.28	2110.62	0.0350	2.86	28.71	50.16	1.21
70	25 años	82.1	2108.84	2109.8	0.96	2109.8	2110.15	0.0229	2.63	31.26	45	1.01
69	25 años	82.1	2108.11	2109.13	1.02	2109.21	2109.59	0.0338	3.01	27.24	42.83	1.21
68	25 años	82.1	2108	2108.87	0.87	2108.87	2109.25	0.0223	2.75	29.8	39.09	1.01
67	25 años	82.1	2108	2108.74	0.74	2108.74	2109.11	0.0230	2.69	30.53	42.09	1.01
66	25 años	82.1	2108	2108.86	0.86	2108.86	2109.27	0.0218	2.86	28.71	34.58	1.00
65	25 años	82.1	2107	2107.83	0.83	2108.05	2108.61	0.0481	3.92	20.97	28.82	1.47
64	25 años	82.1	2107	2108	1.00	2108	2108.49	0.0213	3.1	26.46	27.24	1.01
63	25 años	82.1	2107	2108.04	1.04	2108.04	2108.55	0.0211	3.15	26.1	26.14	1.00
62	25 años	82.1	2106.05	2107.42	1.37	2107.51	2108.06	0.0271	3.55	23.12	23.71	1.15
61	25 años	82.1	2106	2107.33	1.33	2107.33	2107.92	0.0204	3.42	24.01	20.34	1.00
60	25 años	82.1	2106	2107.62	1.62	2107.62	2108.19	0.0210	3.34	24.55	21.84	1.01
59	25 años	82.1	2106	2107.59	1.59	2107.59	2108.15	0.0205	3.29	24.95	23.04	1.01



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



58	25 años	82.1	2106.67	2107.85	1.18	2107.85	2108.36	0.0209	3.15	26.05	26.05	1.01
57	25 años	82.1	2106	2107.37	1.37	2107.42	2107.9	0.0250	3.22	25.46	27.89	1.08
56	25 años	82.1	2106	2107.27	1.27	2107.27	2107.68	0.0220	2.82	29.07	36.41	1.01
55	25 años	82.1	2106.99	2107.83	0.84	2107.83	2108.18	0.0204	2.63	32.64	49.74	0.96
54	25 años	82.1	2106.6	2107.6	1.00	2107.6	2107.96	0.0202	2.73	32.22	46.88	0.97
53	25 años	82.1	2105.36	2106.27	0.91	2106.55	2107.23	0.0655	4.35	18.86	27.95	1.69
52	25 años	82.1	2105	2106.44	1.44	2106.44	2106.95	0.0206	3.17	25.87	25.54	1.01
51	25 años	82.1	2105	2106.2	1.20	2106.2	2106.68	0.0208	3.06	26.81	28.35	1.01
50	25 años	82.1	2104.01	2105.15	1.14	2105.39	2106.02	0.0526	4.13	19.86	27	1.54
49	25 años	82.1	2104	2105.04	1.04	2105.04	2105.53	0.0209	3.1	26.5	27.45	1.01
48	25 años	82.1	2103.08	2104.06	0.98	2104.29	2104.87	0.0522	3.99	20.58	29.42	1.52
47	25 años	82.1	2100	2101.54	1.54	2101.98	2103.13	0.1516	5.59	14.7	27.86	2.46
46	25 años	82.1	2099.36	2100.65	1.29	2100.87	2101.48	0.0408	4.04	20.33	23.29	1.38
45	25 años	82.1	2099	2100.36	1.36	2100.36	2100.89	0.0205	3.23	25.42	24.27	1.01
44	25 años	82.1	2099	2100.33	1.33	2100.33	2100.84	0.0215	3.14	26.11	26.27	1.01
43	25 años	82.1	2098.37	2099.6	1.23	2099.74	2100.3	0.0319	3.71	22.13	23.88	1.23
42	25 años	82.1	2097	2098.04	1.04	2098.43	2099.32	0.0725	5.01	16.39	20.43	1.78
41	25 años	82.1	2096	2097.34	1.34	2097.55	2098.22	0.0351	4.15	19.79	19.25	1.31
40	25 años	82.1	2095.16	2096.7	1.54	2096.88	2097.53	0.0323	4.05	20.29	19.25	1.26
39	25 años	82.1	2094.28	2095.45	1.17	2095.81	2096.66	0.0566	4.86	16.89	18.56	1.63
38	25 años	82.1	2093	2094.19	1.19	2094.55	2095.4	0.0697	4.88	16.82	21.75	1.77
37	25 años	82.1	2093.6	2094.74	1.14	2094.74	2095.23	0.0212	3.08	26.65	27.82	1.00
36	25 años	82.1	2093.18	2094.58	1.40	2094.58	2095.07	0.0208	3.09	26.58	27.39	1.00
35	25 años	82.1	2093	2093.65	0.65	2093.86	2094.4	0.0562	3.83	21.46	34.04	1.54
34	25 años	82.1	2093	2093.79	0.79	2093.79	2094.16	0.0225	2.72	30.18	40.19	1.00
33	25 años	82.1	2093	2093.8	0.80	2093.8	2094.18	0.0228	2.72	30.19	40.59	1.01
32	25 años	82.1	2092	2092.66	0.66	2092.89	2093.43	0.0623	3.91	21.02	35.48	1.62
31	25 años	82.1	2090.97	2092.03	1.06	2092.1	2092.53	0.0292	3.14	26.17	34.67	1.15
30	25 años	82.1	2090	2090.96	0.96	2091.18	2091.72	0.0548	3.87	21.23	33	1.54
29	25 años	82.1	2090	2091.26	1.26	2091.26	2091.68	0.0215	2.86	28.67	34.45	1.00
28	25 años	82.1	2090	2090.83	0.83	2090.85	2091.27	0.0239	2.94	27.93	34.47	1.04
27	25 años	82.1	2090	2090.84	0.84	2090.84	2091.24	0.0219	2.81	29.25	36.6	1.00
26	25 años	82.1	2090	2090.85	0.85	2090.85	2091.26	0.0221	2.84	28.94	35.83	1.01
25	25 años	82.1	2090	2090.83	0.83	2090.83	2091.23	0.0219	2.8	29.37	37.12	1.00
24	25 años	82.1	2088.81	2089.61	0.80	2089.88	2090.49	0.0633	4.15	19.8	30.86	1.65
23	25 años	82.1	2088	2088.97	0.97	2089.07	2089.52	0.0315	3.28	25.01	32.83	1.20



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



22	25 años	82.1	2087.41	2088.36	0.95	2088.45	2088.89	0.0313	3.21	25.56	34.45	1.19
21	25 años	82.1	2086.58	2087.4	0.82	2087.59	2088.07	0.0531	3.62	22.69	38.09	1.50
20	25 años	82.1	2085.86	2086.68	0.82	2086.78	2087.17	0.0343	3.1	26.46	40.35	1.22
19	25 años	82.1	2085	2085.59	0.59	2085.79	2086.25	0.0622	3.6	22.78	43.33	1.59
18	25 años	82.1	2085	2085.65	0.65	2085.65	2085.96	0.0235	2.48	33.04	52.73	1.00
17	25 años	82.1	2084.1	2084.99	0.89	2085.06	2085.39	0.0341	2.8	29.34	52.06	1.19
16	25 años	82.1	2084	2084.8	0.80	2084.8	2085.13	0.0234	2.56	32.13	49.23	1.01
15	25 años	82.1	2084	2084.66	0.66	2084.66	2084.98	0.0236	2.49	32.97	52.76	1.01
14	25 años	82.1	2084	2084.65	0.65	2084.65	2084.97	0.0237	2.5	32.9	52.64	1.01
13	25 años	82.1	2084	2084.71	0.71	2084.71	2085.05	0.0230	2.58	31.83	47.36	1.00
12	25 años	82.1	2084	2084.78	0.78	2084.78	2085.14	0.0224	2.67	30.8	42.69	1.00
11	25 años	82.1	2084	2084.78	0.78	2084.78	2085.15	0.0225	2.69	30.48	41.67	1.01
10	25 años	82.1	2083.22	2084.22	1.00	2084.27	2084.65	0.0276	2.9	28.34	40.64	1.11
9	25 años	82.1	2083	2083.87	0.87	2083.87	2084.26	0.0221	2.74	30.01	39.69	1.00
8	25 años	82.1	2083	2083.83	0.83	2083.83	2084.22	0.0220	2.77	29.68	38.29	1.00
7	25 años	82.1	2082.34	2083.45	1.11	2083.45	2083.89	0.0212	2.94	27.92	31.91	1.00
6	25 años	82.1	2082	2082.99	0.99	2083.01	2083.48	0.0224	3.1	26.52	29.09	1.03
5	25 años	82.1	2082	2083	1.00	2083	2083.49	0.0211	3.09	26.55	27.47	1.00
4	25 años	82.1	2081	2082.23	1.23	2082.37	2082.95	0.0318	3.76	21.85	23.25	1.24
3	25 años	82.1	2081	2082.36	1.36	2082.36	2082.92	0.0202	3.34	24.61	21.89	1.00
2	25 años	82.1	2080	2081.2	1.20	2081.5	2082.22	0.0616	4.48	18.32	24.22	1.64
1	25 años	82.1	2080.87	2082.19	1.32	2082.19	2082.78	0.0204	3.43	23.95	20.13	1.00

Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.



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



Tabla 52. Características Hidráulicas del Tramo del Río en Estudio – Periodo de Retorno 50 años.

SECCION DEL RIO	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL (m3/s)	ELEVACION DE COTA MAS PROFUNDA DE LA SECCIÓN (m.)	ELEVACION DEL ESPEJO DEL AGUA EN LA SECCIÓN (m.)	TIRANTE MÁXIMO EN LA SECCIÓN (m.)	ELEVACIÓN DE FLUJO CRÍTICO (m.)	ELEVACIÓN DE ENERGÍA TOTAL (m.)	PENDIENTE (m/m)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA HIDRAULICA (m2.)	ESPEJO DE AGUA (m.)	NUMERO DE FROUD
186	50 años	123.9	2158.00	2159.71	1.71	2159.71	2160.29	0.0201	3.36	36.84	32.45	1.01
185	50 años	123.9	2158.00	2159.41	1.41	2159.41	2159.94	0.0198	3.25	38.16	35.59	1.00
184	50 años	123.9	2158.00	2159.50	1.50	2159.50	2160.02	0.0201	3.21	38.56	37.18	1.01
183	50 años	123.9	2157.36	2158.68	1.32	2158.87	2159.45	0.0395	3.89	31.82	38.01	1.36
182	50 años	123.9	2157.00	2158.42	1.42	2158.42	2158.90	0.0205	3.06	40.43	42.38	1.00
181	50 años	123.9	2157.00	2158.39	1.39	2158.39	2158.89	0.0205	3.12	39.66	40.50	1.01
180	50 años	123.9	2156.91	2158.41	1.50	2158.41	2158.98	0.0194	3.34	37.06	32.70	1.00
179	50 años	123.9	2155.59	2156.73	1.14	2157.18	2158.20	0.0790	5.37	23.07	28.74	1.91
178	50 años	123.9	2155.00	2156.40	1.40	2156.52	2157.08	0.0279	3.64	34.00	34.52	1.17
177	50 años	123.9	2155.00	2156.34	1.34	2156.34	2156.92	0.0200	3.37	36.72	31.82	1.00
176	50 años	123.9	2155.00	2156.28	1.28	2156.28	2156.83	0.0201	3.30	37.54	34.12	1.00
175	50 años	123.9	2154.54	2156.09	1.55	2156.09	2156.64	0.0203	3.28	37.76	34.86	1.01
174	50 años	123.9	2153.00	2154.45	1.45	2154.89	2155.87	0.0681	5.29	23.40	26.49	1.80
173	50 años	123.9	2153.00	2154.44	1.44	2154.44	2155.06	0.0194	3.49	35.49	28.86	1.00
172	50 años	123.9	2153.00	2154.20	1.20	2154.20	2154.77	0.0201	3.33	37.17	33.19	1.01
171	50 años	123.9	2152.85	2153.93	1.08	2153.93	2154.43	0.0206	3.13	39.55	39.92	1.00
170	50 años	123.9	2151.75	2152.62	0.87	2152.94	2153.67	0.0750	4.54	27.31	42.20	1.80
169	50 años	123.9	2150.86	2151.69	0.83	2151.88	2152.37	0.0483	3.67	33.79	51.55	1.45
168	50 años	123.9	2150.51	2151.47	0.96	2151.47	2151.85	0.0224	2.73	45.41	60.78	1.01
167	50 años	123.9	2150.00	2150.71	0.71	2150.84	2151.24	0.0421	3.22	38.47	64.43	1.33
166	50 años	123.9	2150.00	2150.72	0.72	2150.72	2151.08	0.0226	2.63	47.03	66.87	1.00
165	50 años	123.9	2150.00	2150.71	0.71	2150.71	2151.07	0.0229	2.63	47.04	67.44	1.01
164	50 años	123.9	2150.00	2150.71	0.71	2150.71	2151.06	0.0227	2.61	47.41	68.59	1.00
163	50 años	123.9	2149.61	2150.43	0.82	2150.43	2150.78	0.0225	2.64	46.87	66.13	1.00
162	50 años	123.9	2149.00	2149.91	0.91	2149.94	2150.31	0.0251	2.79	44.43	62.81	1.06
161	50 años	123.9	2149.00	2149.74	0.74	2149.74	2150.11	0.0226	2.68	46.19	63.81	1.01
160	50 años	123.9	2149.00	2149.75	0.75	2149.75	2150.11	0.0225	2.68	46.19	63.69	1.01
159	50 años	123.9	2148.76	2149.64	0.88	2149.64	2150.03	0.0222	2.74	45.16	59.64	1.01
158	50 años	123.9	2148.00	2148.93	0.93	2149.03	2149.48	0.0327	3.28	37.74	51.05	1.22



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



157	50 años	123.9	2148.00	2148.90	0.90	2148.90	2149.34	0.0212	2.92	42.42	49.00	1.00
156	50 años	123.9	2148.00	2148.98	0.98	2148.98	2149.44	0.0210	3.01	41.21	45.23	1.01
155	50 años	123.9	2147.00	2147.69	0.69	2147.99	2148.69	0.0692	4.42	28.05	42.38	1.73
154	50 años	123.9	2146.29	2147.71	1.42	2147.71	2148.25	0.0200	3.26	37.98	35.55	1.01
153	50 años	123.9	2144.99	2145.86	0.87	2146.28	2147.35	0.1170	5.42	22.85	37.86	2.23
152	50 años	123.9	2143.93	2144.91	0.98	2145.15	2145.76	0.0465	4.09	30.32	38.31	1.47
151	50 años	123.9	2143.05	2144.51	1.46	2144.52	2145.09	0.0204	3.39	36.55	32.42	1.02
150	50 años	123.9	2143.00	2144.14	1.14	2144.15	2144.68	0.0206	3.27	37.87	35.75	1.01
149	50 años	123.9	2143.56	2144.66	1.10	2144.66	2145.14	0.0208	3.10	40.03	41.53	1.01
148	50 años	123.9	2143.85	2144.92	1.07	2144.92	2145.39	0.0211	3.04	40.79	44.00	1.01
147	50 años	123.9	2143.00	2144.21	1.21	2144.34	2144.85	0.0343	3.54	34.97	43.46	1.26
146	50 años	123.9	2143.00	2144.45	1.45	2144.45	2144.93	0.0211	3.06	40.44	43.16	1.01
145	50 años	123.9	2143.00	2144.38	1.38	2144.38	2144.86	0.0204	3.08	40.23	41.69	1.00
144	50 años	123.9	2142.52	2143.57	1.05	2143.74	2144.29	0.0387	3.76	32.95	41.03	1.34
143	50 años	123.9	2141.27	2142.05	0.78	2142.36	2143.11	0.0937	4.56	27.19	49.54	1.96
142	50 años	123.9	2140.00	2140.86	0.86	2141.09	2141.65	0.0528	3.92	31.57	46.59	1.52
141	50 años	123.9	2140.00	2140.94	0.94	2140.94	2141.38	0.0213	2.92	42.50	49.55	1.00
140	50 años	123.9	2139.73	2140.70	0.97	2140.70	2141.13	0.0216	2.87	43.14	52.01	1.01
139	50 años	123.9	2139.00	2140.11	1.11	2140.18	2140.62	0.0290	3.18	39.00	50.43	1.15
138	50 años	123.9	2138.51	2139.50	0.99	2139.59	2140.02	0.0308	3.19	38.84	52.25	1.18
137	50 años	123.9	2138	2138.83	0.83	2138.94	2139.38	0.0329	3.28	37.75	51.27	1.22
136	50 años	123.9	2138	2138.91	0.91	2138.91	2139.35	0.0214	2.96	41.82	47.42	1.01
135	50 años	123.9	2137.23	2138.32	1.09	2138.39	2138.86	0.0271	3.27	37.91	44.64	1.13
134	50 años	123.9	2137	2138.03	1.03	2138.03	2138.48	0.0213	2.98	41.61	46.62	1.01
133	50 años	123.9	2136.73	2137.69	0.96	2137.69	2138.11	0.0219	2.87	43.22	52.31	1.01
132	50 años	123.9	2136.16	2137.1	0.94	2137.18	2137.59	0.0307	3.09	40.09	56.51	1.17
131	50 años	123.9	2135.27	2136.11	0.84	2136.29	2136.78	0.0528	3.63	34.15	56.89	1.49
130	50 años	123.9	2134.24	2135.21	0.97	2135.37	2135.82	0.0420	3.46	35.77	53.75	1.36
129	50 años	123.9	2133.09	2133.89	0.80	2134.13	2134.7	0.0751	4	30.95	58.03	1.75
128	50 años	123.9	2132.5	2133.4	0.90	2133.42	2133.79	0.0240	2.77	44.73	61.47	1.04



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



127	50 años	123.9	2132	2132.82	0.82	2132.89	2133.25	0.0300	2.91	42.54	64.61	1.15
126	50 años	123.9	2131.68	2132.58	0.90	2132.58	2132.91	0.0231	2.58	48.05	71.82	1.01
125	50 años	123.9	2131.34	2132.24	0.90	2132.24	2132.59	0.0231	2.59	47.84	71.08	1.01
124	50 años	123.9	2130.9	2131.65	0.75	2131.71	2132.05	0.0308	2.79	44.42	72.96	1.14
123	50 años	123.9	2130.37	2131.25	0.88	2131.25	2131.57	0.0237	2.51	49.37	78.34	1.01
122	50 años	123.9	2130	2130.86	0.86	2130.86	2131.19	0.0233	2.55	48.68	74.8	1.01
121	50 años	123.9	2129.66	2130.46	0.80	2130.46	2130.78	0.0236	2.52	49.13	76.89	1.01
120	50 años	123.9	2129.33	2130.18	0.85	2130.18	2130.49	0.0240	2.49	49.77	80.78	1.01
119	50 años	123.9	2128.99	2129.9	0.91	2129.9	2130.23	0.0230	2.56	48.34	72.87	1.00
118	50 años	123.9	2128.56	2129.49	0.93	2129.49	2129.84	0.0228	2.64	46.94	66.83	1.01
117	50 años	123.9	2128.14	2129.2	1.06	2129.2	2129.59	0.0224	2.76	44.84	58.96	1.01
116	50 años	123.9	2127.6	2128.42	0.82	2128.55	2128.99	0.0392	3.33	37.2	56.29	1.31
115	50 años	123.9	2127	2127.96	0.96	2127.96	2128.36	0.0223	2.8	44.19	56.76	1.01
114	50 años	123.9	2126.25	2127.46	1.21	2127.49	2127.89	0.0249	2.88	42.95	57.31	1.06
113	50 años	123.9	2126	2127.33	1.33	2127.33	2127.75	0.0218	2.87	43.19	52.5	1.01
112	50 años	123.9	2126	2127.39	1.39	2127.39	2127.85	0.0211	3.02	40.98	44.74	1.01
111	50 años	123.9	2126	2127.3	1.30	2127.3	2127.81	0.0205	3.18	39	38	1.00
110	50 años	123.9	2126	2127.59	1.59	2127.59	2128.13	0.0209	3.25	38.16	36.1	1.01
109	50 años	123.9	2126	2126.97	0.97	2127.08	2127.63	0.0292	3.58	34.59	37.09	1.18
108	50 años	123.9	2125.64	2126.71	1.07	2126.71	2127.18	0.0208	3.05	40.68	43.5	1.01
107	50 años	123.9	2125	2125.76	0.76	2125.98	2126.54	0.0500	3.9	31.76	45.5	1.49
106	50 años	123.9	2125	2125.87	0.87	2125.87	2126.3	0.0215	2.9	42.76	50.38	1.00
105	50 años	123.9	2124.83	2125.76	0.93	2125.76	2126.18	0.0214	2.87	43.12	51.45	1.00
104	50 años	123.9	2124	2124.86	0.86	2125.04	2125.54	0.0461	3.66	33.86	50.16	1.42
103	50 años	123.9	2124	2124.85	0.85	2124.85	2125.26	0.0218	2.86	43.36	52.79	1.01
102	50 años	123.9	2124	2124.86	0.86	2124.86	2125.29	0.0217	2.9	42.75	50.61	1.01
101	50 años	123.9	2123.34	2124.61	1.27	2124.61	2125.14	0.0201	3.22	38.5	36.78	1.00
100	50 años	123.9	2123	2124.16	1.16	2124.17	2124.73	0.0204	3.34	37.09	33.59	1.01
99	50 años	123.9	2123	2124.12	1.12	2124.12	2124.66	0.0203	3.26	38.01	35.52	1.01
98	50 años	123.9	2123	2124.17	1.17	2124.17	2124.74	0.0200	3.34	37.13	32.97	1.00
97	50 años	123.9	2122.04	2123.43	1.39	2123.58	2124.24	0.0296	3.97	31.23	29	1.22
96	50 años	123.9	2121.21	2122.53	1.32	2122.79	2123.53	0.0406	4.42	28.03	27.97	1.41



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



95	50 años	123.9	2121	2122.31	1.31	2122.31	2122.95	0.0198	3.53	35.09	27.89	1.00
94	50 años	123.9	2121	2122.28	1.28	2122.28	2122.89	0.0196	3.47	35.76	29.51	1.00
93	50 años	123.9	2120	2121.15	1.15	2121.46	2122.26	0.0466	4.67	26.5	27.17	1.51
92	50 años	123.9	2120	2121.42	1.42	2121.42	2122.05	0.0192	3.53	35.08	27.92	1.01
91	50 años	123.9	2119.03	2120.41	1.38	2120.69	2121.46	0.0431	4.55	27.24	27.3	1.45
90	50 años	123.9	2119	2120.5	1.50	2120.5	2121.04	0.0202	3.24	38.2	36.37	1.01
89	50 años	123.9	2118.74	2119.66	0.92	2119.86	2120.43	0.0460	3.88	31.91	42.78	1.43
88	50 años	123.9	2118.06	2119.42	1.36	2119.42	2119.88	0.0213	2.99	41.39	46.19	1.01
87	50 años	123.9	2118	2119.27	1.27	2119.27	2119.71	0.0211	2.95	42.04	47.56	1.00
86	50 años	123.9	2116.87	2117.51	0.64	2117.88	2118.79	0.1190	5.01	24.71	46.59	2.20
85	50 años	123.9	2116.13	2117.18	1.05	2117.21	2117.62	0.0241	2.95	41.98	52.9	1.06
84	50 años	123.9	2116	2116.81	0.81	2116.81	2117.21	0.0218	2.78	44.63	57.14	1.00
83	50 años	123.9	2116	2116.83	0.83	2116.83	2117.23	0.0217	2.81	44.16	55.41	1.00
82	50 años	123.9	2115.49	2116.49	1.00	2116.49	2116.89	0.0219	2.82	43.9	54.98	1.01
81	50 años	123.9	2114.75	2115.59	0.84	2115.77	2116.26	0.0444	3.63	34.11	49.78	1.40
80	50 años	123.9	2114	2114.75	0.75	2114.91	2115.38	0.0425	3.53	35.09	51.39	1.36
79	50 años	123.9	2114	2114.84	0.84	2114.84	2115.25	0.0217	2.85	43.51	52.92	1.00
78	50 años	123.9	2113.18	2114.16	0.98	2114.26	2114.7	0.0336	3.27	37.87	52.39	1.23
77	50 años	123.9	2112.2	2113.13	0.93	2113.33	2113.86	0.0514	3.79	32.69	50	1.50
76	50 años	123.9	2111.32	2112.12	0.80	2112.3	2112.79	0.0543	3.64	34.06	57.71	1.51
75	50 años	123.9	2111	2111.9	0.90	2111.9	2112.3	0.0219	2.8	44.28	56.29	1.01
74	50 años	123.9	2111	2111.97	0.97	2111.97	2112.37	0.0218	2.81	44.17	55.51	1.00
73	50 años	123.9	2110.61	2111.63	1.02	2111.63	2112.02	0.0221	2.79	44.34	56.64	1.01
72	50 años	123.9	2110.02	2111.06	1.04	2111.11	2111.53	0.0267	3.03	40.87	53.45	1.11
71	50 años	123.9	2109.44	2110.38	0.94	2110.48	2110.93	0.0327	3.29	37.68	50.59	1.22
70	50 años	123.9	2108.84	2110.03	1.19	2110.03	2110.47	0.0214	2.96	41.93	47.94	1.01
69	50 años	123.9	2108.11	2109.32	1.21	2109.44	2109.94	0.0323	3.48	35.58	43.33	1.23
68	50 años	123.9	2108	2109.11	1.11	2109.11	2109.61	0.0205	3.12	39.69	40.35	1.00
67	50 años	123.9	2108	2108.97	0.97	2108.97	2109.45	0.0210	3.07	40.38	42.54	1.01
66	50 años	123.9	2108	2109.12	1.12	2109.12	2109.66	0.0202	3.27	37.94	35.21	1.00
65	50 años	123.9	2107	2108.08	1.08	2108.34	2109.06	0.0426	4.37	28.36	30.08	1.44
64	50 años	123.9	2107	2108.31	1.31	2108.31	2108.95	0.0198	3.54	35.02	27.73	1.00
63	50 años	123.9	2107	2108.37	1.37	2108.37	2109.02	0.0196	3.57	34.66	26.82	1.00



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



62	50 años	123.9	2106.05	2107.74	1.69	2107.85	2108.56	0.0251	4.02	30.8	24.47	1.14
61	50 años	123.9	2106	2107.71	1.71	2107.71	2108.48	0.0192	3.87	32.06	21.28	1.01
60	50 años	123.9	2106	2108	2.00	2108	2108.72	0.0195	3.76	32.94	22.96	1.00
59	50 años	123.9	2106	2107.95	1.95	2107.95	2108.65	0.0192	3.7	33.48	24.34	1.01
58	50 años	123.9	2106.67	2108.19	1.52	2108.19	2108.82	0.0195	3.54	35.02	27.66	1.00
57	50 años	123.9	2106	2107.62	1.62	2107.73	2108.36	0.0273	3.82	32.42	29.2	1.16
56	50 años	123.9	2106	2107.54	1.54	2107.54	2108.05	0.0204	3.18	38.99	38.36	1.01
55	50 años	123.9	2106.99	2108.08	1.09	2108.08	2108.48	0.0188	2.88	45.71	57.68	0.95
54	50 años	123.9	2106.6	2107.85	1.25	2107.85	2108.28	0.0187	3.04	44.37	52.74	0.96
53	50 años	123.9	2105.36	2106.54	1.18	2106.86	2107.64	0.0494	4.65	26.65	28.74	1.54
52	50 años	123.9	2105	2106.77	1.77	2106.77	2107.43	0.0189	3.59	34.54	26.4	1.00
51	50 años	123.9	2105	2106.52	1.52	2106.52	2107.12	0.0195	3.42	36.25	30.7	1.00
50	50 años	123.9	2104.01	2105.4	1.39	2105.71	2106.49	0.0470	4.64	26.72	27.92	1.51
49	50 años	123.9	2104	2105.36	1.36	2105.36	2105.98	0.0192	3.5	35.4	28.41	1.00
48	50 años	123.9	2103.08	2104.27	1.19	2104.59	2105.34	0.0517	4.59	26.98	30.84	1.57
47	50 años	123.9	2100	2101.72	1.72	2102.26	2103.68	0.1352	6.19	20	29.81	2.41
46	50 años	123.9	2099.36	2100.9	1.54	2101.21	2102.04	0.0425	4.72	26.23	24.35	1.45
45	50 años	123.9	2099	2100.68	1.68	2100.71	2101.38	0.0203	3.71	33.38	25.39	1.03
44	50 años	123.9	2099	2100.66	1.66	2100.66	2101.3	0.0201	3.54	35.03	27.96	1.01
43	50 años	123.9	2098.37	2099.91	1.54	2100.09	2100.79	0.0298	4.16	29.76	25.39	1.23
42	50 años	123.9	2097	2098.33	1.33	2098.8	2099.89	0.0627	5.53	22.39	21.32	1.72
41	50 años	123.9	2096	2097.63	1.63	2097.94	2098.84	0.0367	4.86	25.49	19.88	1.37
40	50 años	123.9	2095.16	2097.02	1.86	2097.27	2098.12	0.0321	4.65	26.63	20.21	1.29
39	50 años	123.9	2094.28	2095.76	1.48	2096.21	2097.28	0.0512	5.46	22.68	19.08	1.60
38	50 años	123.9	2093	2094.41	1.41	2094.9	2096.08	0.0704	5.72	21.68	22.04	1.84
37	50 años	123.9	2093.6	2095.06	1.46	2095.06	2095.68	0.0197	3.49	35.48	28.82	1.00
36	50 años	123.9	2093.18	2094.89	1.71	2094.89	2095.52	0.0196	3.52	35.19	28.21	1.01
35	50 años	123.9	2093	2093.83	0.83	2094.13	2094.86	0.0573	4.49	27.58	34.68	1.61
34	50 años	123.9	2093	2094.03	1.03	2094.03	2094.52	0.0210	3.1	39.99	41.28	1.00
33	50 años	123.9	2093	2094.05	1.05	2094.05	2094.53	0.0212	3.08	40.28	42.35	1.01
32	50 años	123.9	2092	2092.86	0.86	2093.14	2093.83	0.0561	4.37	28.35	37.28	1.60
31	50 años	123.9	2090.97	2092.23	1.26	2092.37	2092.93	0.0310	3.72	33.31	35.6	1.23
30	50 años	123.9	2090	2091.18	1.18	2091.45	2092.14	0.0493	4.33	28.59	34.4	1.52
29	50 años	123.9	2090	2091.53	1.53	2091.53	2092.07	0.0201	3.28	37.81	35.04	1.01
28	50 años	123.9	2090	2091.1	1.10	2091.11	2091.66	0.0213	3.32	37.32	34.91	1.02



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



27	50 años	123.9	2090	2091.09	1.09	2091.09	2091.61	0.0203	3.19	38.8	37.57	1.00
26	50 años	123.9	2090	2091.12	1.12	2091.12	2091.64	0.0202	3.22	38.54	36.96	1.01
25	50 años	123.9	2090	2091.09	1.09	2091.09	2091.6	0.0203	3.18	39.02	38.25	1.00
24	50 años	123.9	2088.81	2089.84	1.03	2090.15	2090.91	0.0558	4.6	26.95	32.69	1.62
23	50 años	123.9	2088	2089.17	1.17	2089.35	2089.96	0.0347	3.93	31.51	33.87	1.30
22	50 años	123.9	2087.41	2088.59	1.18	2088.72	2089.28	0.0300	3.69	33.61	35.58	1.21
21	50 años	123.9	2086.58	2087.58	1.00	2087.84	2088.48	0.0532	4.21	29.44	39.41	1.55
20	50 años	123.9	2085.86	2086.87	1.01	2087.03	2087.54	0.0364	3.63	34.12	42.95	1.30
19	50 años	123.9	2085	2085.76	0.76	2086.01	2086.61	0.0585	4.08	30.34	45.72	1.60
18	50 años	123.9	2085	2085.84	0.84	2085.84	2086.26	0.0217	2.84	43.65	53.65	1.00
17	50 años	123.9	2084.1	2085.15	1.05	2085.26	2085.7	0.0345	3.28	37.75	53.12	1.24
16	50 años	123.9	2084	2085.02	1.02	2085.02	2085.44	0.0214	2.85	43.41	52.68	1.00
15	50 años	123.9	2084	2084.87	0.87	2084.87	2085.27	0.0216	2.82	43.93	54.51	1.00
14	50 años	123.9	2084	2084.85	0.85	2084.85	2085.26	0.0215	2.83	43.79	53.89	1.00
13	50 años	123.9	2084	2084.92	0.92	2084.92	2085.36	0.0212	2.93	42.29	48.74	1.00
12	50 años	123.9	2084	2085.01	1.01	2085.01	2085.48	0.0208	3.02	41.02	44.53	1.00
11	50 años	123.9	2084	2085.02	1.02	2085.02	2085.5	0.0207	3.05	40.66	43.36	1.00
10	50 años	123.9	2083.22	2084.42	1.20	2084.52	2085.01	0.0282	3.38	36.65	42.36	1.16
9	50 años	123.9	2083	2084.12	1.12	2084.12	2084.61	0.0205	3.08	40.24	42.02	1.00
8	50 años	123.9	2083	2084.08	1.08	2084.08	2084.58	0.0204	3.14	39.52	39.86	1.01
7	50 años	123.9	2082.34	2083.73	1.39	2083.73	2084.3	0.0195	3.33	37.16	32.89	1.00
6	50 años	123.9	2082	2083.3	1.30	2083.31	2083.92	0.0200	3.47	35.68	30.16	1.02
5	50 años	123.9	2082	2083.31	1.31	2083.31	2083.94	0.0196	3.52	35.17	28.03	1.00
4	50 años	123.9	2081	2082.56	1.56	2082.72	2083.45	0.0278	4.19	29.57	23.88	1.20
3	50 años	123.9	2081	2082.72	1.72	2082.72	2083.45	0.0189	3.79	32.72	22.68	1.01
2	50 años	123.9	2080	2081.44	1.44	2081.83	2082.78	0.0573	5.12	24.19	24.48	1.64
1	50 años	123.9	2080.87	2082.57	1.70	2082.57	2083.34	0.0193	3.9	31.81	20.78	1.00

Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS



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



Tabla 53. Características Hidráulicas del Tramo del Río en Estudio – Periodo de Retorno 100 años.

SECCION DEL RIO	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL (m3/s)	ELEVACION DE COTA MAS PROFUNDA DE LA SECCIÓN (m.)	ELEVACION DEL ESPEJO DEL AGUA EN LA SECCIÓN (m.)	TIRANTE MÁXIMO EN LA SECCIÓN (m.)	ELEVACIÓN DE FLUJO CRÍTICO (m.)	ELEVACIÓN DE ENERGIA TOTAL (m.)	PENDIENTE (m/m)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA HIDRAULICA (m2.)	ESPEJO DE AGUA (m.)	NUMERO DE FROUD
186	100 años	178.1	2158.00	2160.03	2.03	2160.03	2160.75	0.0190	3.77	47.23	33.35	1.01
185	100 años	178.1	2158.00	2159.69	1.69	2159.71	2160.38	0.0196	3.67	48.55	37.30	1.03
184	100 años	178.1	2158.00	2159.79	1.79	2159.79	2160.44	0.0188	3.56	50.00	39.22	1.01
183	100 años	178.1	2157.36	2158.90	1.54	2159.16	2159.89	0.0384	4.40	40.51	39.42	1.38
182	100 años	178.1	2157.00	2158.69	1.69	2158.69	2159.29	0.0195	3.41	52.18	44.62	1.01
181	100 años	178.1	2157.00	2158.68	1.68	2158.68	2159.29	0.0192	3.44	51.80	43.48	1.01
180	100 años	178.1	2156.91	2158.74	1.83	2158.74	2159.43	0.0183	3.68	48.38	35.38	1.00
179	100 años	178.1	2155.59	2156.99	1.40	2157.51	2158.69	0.0687	5.79	30.75	30.73	1.85
178	100 años	178.1	2155.00	2156.61	1.61	2156.82	2157.57	0.0321	4.34	41.03	35.45	1.29
177	100 años	178.1	2155.00	2156.68	1.68	2156.68	2157.39	0.0189	3.72	47.83	34.17	1.00
176	100 años	178.1	2155.00	2156.60	1.60	2156.60	2157.27	0.0190	3.64	48.87	36.51	1.01
175	100 años	178.1	2154.54	2156.41	1.87	2156.41	2157.08	0.0190	3.61	49.32	37.26	1.00
174	100 años	178.1	2153.00	2154.74	1.74	2155.24	2156.37	0.0570	5.65	31.52	28.23	1.71
173	100 años	178.1	2153.00	2154.80	1.80	2154.80	2155.56	0.0183	3.87	46.07	30.61	1.01
172	100 años	178.1	2153.00	2154.52	1.52	2154.52	2155.22	0.0189	3.72	47.90	34.40	1.01
171	100 años	178.1	2152.85	2154.20	1.35	2154.21	2154.84	0.0202	3.55	50.10	41.08	1.03
170	100 años	178.1	2151.75	2152.81	1.06	2153.19	2154.10	0.0687	5.02	35.44	43.95	1.79
169	100 años	178.1	2150.86	2151.83	0.97	2152.10	2152.78	0.0540	4.33	41.10	53.00	1.57
168	100 años	178.1	2150.51	2151.68	1.17	2151.68	2152.16	0.0208	3.06	58.24	61.95	1.01
167	100 años	178.1	2150.00	2150.85	0.85	2151.03	2151.55	0.0434	3.71	48.03	66.67	1.39
166	100 años	178.1	2150.00	2150.92	0.92	2150.92	2151.37	0.0212	2.97	60.03	67.81	1.01
165	100 años	178.1	2150.00	2150.91	0.91	2150.91	2151.35	0.0211	2.96	60.22	68.27	1.01
164	100 años	178.1	2150.00	2150.90	0.90	2150.90	2151.34	0.0211	2.94	60.65	69.62	1.00
163	100 años	178.1	2149.61	2150.63	1.02	2150.63	2151.07	0.0209	2.97	59.95	67.06	1.00
162	100 años	178.1	2149.00	2150.09	1.09	2150.14	2150.61	0.0255	3.20	55.67	64.86	1.10
161	100 años	178.1	2149.00	2149.95	0.95	2149.95	2150.41	0.0209	3.01	59.11	64.72	1.01
160	100 años	178.1	2149.00	2149.95	0.95	2149.95	2150.41	0.0208	3.01	59.19	64.65	1.00



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



159	100 años	178.1	2148.76	2149.86	1.10	2149.86	2150.34	0.0206	3.07	57.93	60.81	1.01
158	100 años	178.1	2148.00	2149.14	1.14	2149.27	2149.82	0.0305	3.67	48.54	52.65	1.22
157	100 años	178.1	2148.00	2149.15	1.15	2149.15	2149.69	0.0197	3.27	54.49	50.15	1.00
156	100 años	178.1	2148.00	2149.24	1.24	2149.24	2149.81	0.0196	3.35	53.11	46.83	1.01
155	100 años	178.1	2147.00	2147.89	0.89	2148.25	2149.10	0.0618	4.88	36.47	43.45	1.70
154	100 años	178.1	2146.29	2148.02	1.73	2148.02	2148.68	0.0187	3.61	49.40	37.85	1.01
153	100 años	178.1	2144.99	2146.04	1.05	2146.55	2147.83	0.1059	5.92	30.08	40.48	2.19
152	100 años	178.1	2143.93	2145.10	1.17	2145.42	2146.25	0.0491	4.75	37.50	39.27	1.55
151	100 años	178.1	2143.05	2144.82	1.77	2144.83	2145.56	0.0190	3.81	46.79	32.87	1.02
150	100 años	178.1	2143.00	2144.34	1.34	2144.44	2145.13	0.0239	3.93	45.31	36.09	1.12
149	100 años	178.1	2143.56	2144.93	1.37	2144.93	2145.54	0.0191	3.47	51.37	42.04	1.00
148	100 años	178.1	2143.85	2145.18	1.33	2145.18	2145.77	0.0195	3.41	52.30	44.72	1.01
147	100 años	178.1	2143.00	2144.41	1.41	2144.60	2145.25	0.0333	4.04	44.09	43.90	1.29
146	100 años	178.1	2143.00	2144.71	1.71	2144.71	2145.31	0.0196	3.44	51.84	43.81	1.01
145	100 años	178.1	2143.00	2144.64	1.64	2144.64	2145.25	0.0192	3.47	51.32	42.32	1.01
144	100 años	178.1	2142.52	2143.79	1.27	2144.02	2144.70	0.0372	4.24	41.97	42.26	1.36
143	100 años	178.1	2141.27	2142.20	0.93	2142.60	2143.56	0.0898	5.17	34.48	50.35	1.99
142	100 años	178.1	2140.00	2141.03	1.03	2141.33	2142.06	0.0556	4.51	39.51	49.18	1.61
141	100 años	178.1	2140.00	2141.18	1.18	2141.18	2141.73	0.0199	3.27	54.44	50.51	1.01
140	100 años	178.1	2139.73	2140.94	1.21	2140.94	2141.46	0.0201	3.20	55.57	53.72	1.01
139	100 años	178.1	2139.00	2140.31	1.31	2140.41	2140.98	0.0283	3.63	49.07	50.85	1.18
138	100 años	178.1	2138.51	2139.68	1.17	2139.82	2140.38	0.0315	3.69	48.29	53.16	1.24
137	100 años	178.1	2138	2139.03	1.03	2139.17	2139.73	0.0325	3.73	47.75	53.02	1.25
136	100 años	178.1	2138	2139.15	1.15	2139.15	2139.71	0.0198	3.32	53.58	48.08	1.01
135	100 años	178.1	2137.23	2138.54	1.31	2138.64	2139.25	0.0264	3.73	47.81	45.22	1.16
134	100 años	178.1	2137	2138.28	1.28	2138.28	2138.85	0.0196	3.34	53.35	47.06	1.00
133	100 años	178.1	2136.73	2137.91	1.18	2137.92	2138.45	0.0210	3.26	54.65	52.58	1.02
132	100 años	178.1	2136.16	2137.27	1.11	2137.39	2137.93	0.0315	3.59	49.62	56.83	1.23
131	100 años	178.1	2135.27	2136.27	1.00	2136.51	2137.13	0.0492	4.09	43.51	57.13	1.50
130	100 años	178.1	2134.24	2135.37	1.13	2135.59	2136.18	0.0440	3.99	44.69	56.31	1.43
129	100 años	178.1	2133.09	2134.03	0.94	2134.33	2135.06	0.0706	4.49	39.7	59.84	1.76



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



128	100 años	178.1	2132.5	2133.56	1.06	2133.62	2134.11	0.0263	3.29	54.2	61.69	1.12
127	100 años	178.1	2132	2133	1.00	2133.09	2133.54	0.0294	3.26	54.63	69.02	1.17
126	100 años	178.1	2131.68	2132.76	1.08	2132.76	2133.19	0.0215	2.89	61.66	73.43	1.01
125	100 años	178.1	2131.34	2132.43	1.09	2132.43	2132.86	0.0214	2.91	61.24	71.96	1.01
124	100 años	178.1	2130.9	2131.8	0.90	2131.89	2132.33	0.0322	3.24	54.92	74.42	1.20
123	100 años	178.1	2130.37	2131.43	1.06	2131.43	2131.83	0.0218	2.82	63.12	78.85	1.01
122	100 años	178.1	2130	2131.05	1.05	2131.05	2131.46	0.0217	2.83	62.94	78.18	1.01
121	100 años	178.1	2129.66	2130.61	0.95	2130.63	2131.04	0.0235	2.9	61.43	77.69	1.04
120	100 años	178.1	2129.33	2130.35	1.02	2130.35	2130.75	0.0220	2.79	63.75	81.28	1.01
119	100 años	178.1	2128.99	2130.09	1.10	2130.09	2130.5	0.0215	2.86	62.33	75.84	1.01
118	100 años	178.1	2128.56	2129.68	1.12	2129.68	2130.13	0.0209	2.96	60.08	67.14	1.00
117	100 años	178.1	2128.14	2129.41	1.27	2129.41	2129.9	0.0205	3.1	57.48	59.41	1.01
116	100 años	178.1	2127.6	2128.59	0.99	2128.77	2129.33	0.0383	3.8	46.89	57.13	1.34
115	100 años	178.1	2127	2128.14	1.14	2128.18	2128.68	0.0235	3.27	54.53	57.8	1.07
114	100 años	178.1	2126.25	2127.66	1.41	2127.71	2128.21	0.0241	3.28	54.24	57.91	1.08
113	100 años	178.1	2126	2127.56	1.56	2127.56	2128.09	0.0202	3.22	55.35	53.26	1.01
112	100 años	178.1	2126	2127.65	1.65	2127.65	2128.23	0.0193	3.37	52.78	45.54	1.00
111	100 años	178.1	2126	2127.58	1.58	2127.58	2128.23	0.0192	3.57	49.92	38.72	1.00
110	100 años	178.1	2126	2127.89	1.89	2127.89	2128.56	0.0193	3.62	49.18	36.88	1.00
109	100 años	178.1	2126	2127.2	1.20	2127.37	2128.07	0.0297	4.12	43.2	37.88	1.23
108	100 años	178.1	2125.64	2126.97	1.33	2126.97	2127.56	0.0194	3.41	52.24	44.65	1.01
107	100 años	178.1	2125	2125.95	0.95	2126.23	2126.94	0.0485	4.41	40.36	46.88	1.52
106	100 años	178.1	2125	2126.11	1.11	2126.11	2126.65	0.0199	3.25	54.8	51.07	1.00
105	100 años	178.1	2124.83	2125.99	1.16	2125.99	2126.52	0.0200	3.23	55.08	52.2	1.00
104	100 años	178.1	2124	2125.04	1.04	2125.27	2125.91	0.0450	4.13	43.16	52.43	1.45
103	100 años	178.1	2124	2125.08	1.08	2125.08	2125.6	0.0201	3.2	55.58	53.55	1.00
102	100 años	178.1	2124	2125.1	1.10	2125.1	2125.64	0.0201	3.26	54.68	51.11	1.01
101	100 años	178.1	2123.34	2124.9	1.56	2124.9	2125.57	0.0189	3.62	49.25	37.41	1.01
100	100 años	178.1	2123	2124.47	1.47	2124.48	2125.18	0.0190	3.74	47.6	34.32	1.01
99	100 años	178.1	2123	2124.42	1.42	2124.42	2125.1	0.0188	3.64	48.86	36.34	1.00
98	100 años	178.1	2123	2124.49	1.49	2124.49	2125.2	0.0188	3.74	47.61	33.72	1.00
97	100 años	178.1	2122.04	2123.76	1.72	2123.93	2124.73	0.0264	4.38	40.66	29.61	1.19
96	100 años	178.1	2121.21	2122.81	1.60	2123.14	2124.07	0.0386	4.98	35.76	28.48	1.42
95	100 años	178.1	2121	2122.66	1.66	2122.66	2123.46	0.0186	3.96	45.03	28.57	1.01



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



94	100 años	178.1	2121	2122.62	1.62	2122.62	2123.38	0.0185	3.88	45.91	30.31	1.01
93	100 años	178.1	2120	2121.44	1.44	2121.81	2122.79	0.0412	5.15	34.56	27.55	1.47
92	100 años	178.1	2120	2121.77	1.77	2121.77	2122.56	0.0181	3.95	45.12	28.76	1.01
91	100 años	178.1	2119.03	2120.69	1.66	2121.05	2122	0.0402	5.06	35.17	28.27	1.45
90	100 años	178.1	2119	2120.8	1.80	2120.8	2121.47	0.0188	3.62	49.25	37.48	1.01
89	100 años	178.1	2118.74	2119.84	1.10	2120.12	2120.87	0.0467	4.48	39.73	43.24	1.49
88	100 años	178.1	2118.06	2119.68	1.62	2119.68	2120.25	0.0195	3.35	53.21	46.83	1.00
87	100 años	178.1	2118	2119.51	1.51	2119.51	2120.07	0.0199	3.32	53.6	48.24	1.01
86	100 años	178.1	2116.87	2117.67	0.80	2118.12	2119.21	0.1044	5.49	32.47	48.49	2.14
85	100 años	178.1	2116.13	2117.34	1.21	2117.44	2117.97	0.0276	3.53	50.42	53.68	1.16
84	100 años	178.1	2116	2117.03	1.03	2117.03	2117.53	0.0203	3.11	57.25	58.37	1.00
83	100 años	178.1	2116	2117.05	1.05	2117.05	2117.56	0.0204	3.15	56.5	56.61	1.01
82	100 años	178.1	2115.49	2116.71	1.22	2116.71	2117.22	0.0203	3.17	56.19	55.79	1.01
81	100 años	178.1	2114.75	2115.78	1.03	2116	2116.62	0.0422	4.07	43.81	51.96	1.41
80	100 años	178.1	2114	2114.91	0.91	2115.14	2115.76	0.0440	4.08	43.65	52.75	1.43
79	100 años	178.1	2114	2115.07	1.07	2115.07	2115.59	0.0201	3.2	55.67	53.47	1.00
78	100 años	178.1	2113.18	2114.34	1.16	2114.49	2115.06	0.0334	3.76	47.38	52.75	1.27
77	100 años	178.1	2112.2	2113.31	1.11	2113.57	2114.24	0.0491	4.27	41.74	51.58	1.51
76	100 años	178.1	2111.32	2112.25	0.93	2112.52	2113.18	0.0574	4.26	41.76	58.01	1.60
75	100 años	178.1	2111	2112.12	1.12	2112.12	2112.62	0.0204	3.13	56.97	57.94	1.01
74	100 años	178.1	2111	2112.19	1.19	2112.19	2112.69	0.0204	3.15	56.58	56.7	1.01
73	100 años	178.1	2110.61	2111.85	1.24	2111.85	2112.35	0.0202	3.13	56.96	57.25	1.00
72	100 años	178.1	2110.02	2111.25	1.23	2111.34	2111.87	0.0267	3.49	51.03	53.88	1.14
71	100 años	178.1	2109.44	2110.58	1.14	2110.72	2111.29	0.0311	3.73	47.77	51.07	1.23
70	100 años	178.1	2108.84	2110.27	1.43	2110.27	2110.83	0.0198	3.32	53.63	48.45	1.01
69	100 años	178.1	2108.11	2109.55	1.44	2109.7	2110.33	0.0300	3.91	45.51	43.94	1.23
68	100 años	178.1	2108	2109.39	1.39	2109.39	2110.01	0.0190	3.5	50.84	40.89	1.00
67	100 años	178.1	2108	2109.23	1.23	2109.23	2109.84	0.0196	3.45	51.59	43.03	1.01
66	100 años	178.1	2108	2109.42	1.42	2109.42	2110.1	0.0190	3.67	48.57	35.92	1.01
65	100 años	178.1	2107	2108.38	1.38	2108.67	2109.54	0.0369	4.79	37.22	30.63	1.39



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



64	100 años	178.1	2107	2108.67	1.67	2108.67	2109.47	0.0185	3.96	44.96	28.28	1.00
63	100 años	178.1	2107	2108.73	1.73	2108.73	2109.54	0.0185	4	44.55	27.58	1.00
62	100 años	178.1	2106.05	2108.11	2.06	2108.24	2109.11	0.0230	4.44	40.08	25.36	1.13
61	100 años	178.1	2106	2108.15	2.15	2108.15	2109.09	0.0181	4.29	41.54	22.36	1.00
60	100 años	178.1	2106	2108.41	2.41	2108.41	2109.3	0.0186	4.18	42.57	24.18	1.01
59	100 años	178.1	2106	2108.36	2.36	2108.36	2109.21	0.0181	4.08	43.62	25.89	1.00
58	100 años	178.1	2106.67	2108.56	1.89	2108.56	2109.33	0.0183	3.9	45.69	29.63	1.00
57	100 años	178.1	2106	2107.9	1.90	2108.09	2108.87	0.0282	4.36	40.82	30.73	1.21
56	100 años	178.1	2106	2107.83	1.83	2107.83	2108.46	0.0191	3.51	50.7	40.65	1.00
55	100 años	178.1	2106.99	2108.33	1.34	2108.33	2108.8	0.0173	3.15	61.38	69.9	0.94
54	100 años	178.1	2106.6	2108.12	1.52	2108.12	2108.6	0.0188	3.22	60.55	67.12	0.98
53	100 años	178.1	2105.36	2106.93	1.57	2107.23	2108.05	0.0332	4.68	38.11	31.61	1.32
52	100 años	178.1	2105	2107.19	2.19	2107.19	2107.94	0.0163	3.86	47.32	35.2	0.96
51	100 años	178.1	2105	2106.88	1.88	2106.89	2107.59	0.0182	3.73	47.92	36.35	1.00
50	100 años	178.1	2104.01	2105.69	1.68	2106.06	2107	0.0415	5.08	35.09	28.99	1.47
49	100 años	178.1	2104	2105.7	1.70	2105.7	2106.49	0.0182	3.91	45.5	29.48	1.01
48	100 años	178.1	2103.08	2104.51	1.43	2104.91	2105.86	0.0503	5.16	34.55	32.45	1.59
47	100 años	178.1	2100	2101.93	1.93	2102.59	2104.27	0.1218	6.78	26.25	31.54	2.37
46	100 años	178.1	2099.36	2101.18	1.82	2101.6	2102.65	0.0433	5.38	33.11	25.53	1.51
45	100 años	178.1	2099	2101.1	2.10	2101.11	2101.92	0.0181	4.01	44.46	27.36	1.00
44	100 años	178.1	2099	2101.04	2.04	2101.04	2101.8	0.0190	3.88	45.92	30.34	1.01
43	100 años	178.1	2098.37	2100.26	1.89	2100.47	2101.32	0.0274	4.56	39.08	27.05	1.21
42	100 años	178.1	2097	2098.66	1.66	2099.22	2100.49	0.0546	5.99	29.73	22.37	1.66
41	100 años	178.1	2096	2097.97	1.97	2098.38	2099.52	0.0369	5.52	32.29	20.61	1.41
40	100 años	178.1	2095.16	2097.36	2.20	2097.7	2098.8	0.0324	5.31	33.54	20.67	1.33
39	100 años	178.1	2094.28	2096.11	1.83	2096.66	2097.98	0.0472	6.05	29.43	19.67	1.58
38	100 años	178.1	2093	2094.67	1.67	2095.31	2096.82	0.0688	6.49	27.45	22.38	1.87
37	100 años	178.1	2093.6	2095.4	1.80	2095.4	2096.18	0.0186	3.9	45.7	29.78	1.00
36	100 años	178.1	2093.18	2095.24	2.06	2095.24	2096.03	0.0185	3.93	45.27	29.11	1.01
35	100 años	178.1	2093	2094.03	1.03	2094.43	2095.38	0.0569	5.13	34.7	35.39	1.65
34	100 años	178.1	2093	2094.3	1.30	2094.3	2094.91	0.0196	3.46	51.47	42.52	1.00
33	100 años	178.1	2093	2094.32	1.32	2094.32	2094.92	0.0199	3.41	52.26	44.71	1.01
32	100 años	178.1	2092	2093.09	1.09	2093.43	2094.26	0.0500	4.79	37.18	38.97	1.57



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



31	100 años	178.1	2090.97	2092.46	1.49	2092.67	2093.39	0.0322	4.29	41.52	36.65	1.29
30	100 años	178.1	2090	2091.41	1.41	2091.75	2092.61	0.0456	4.84	36.82	35.23	1.51
29	100 años	178.1	2090	2091.83	1.83	2091.83	2092.51	0.0185	3.66	48.69	35.72	1.00
28	100 años	178.1	2090	2091.35	1.35	2091.41	2092.11	0.0218	3.84	46.39	35.33	1.07
27	100 años	178.1	2090	2091.38	1.38	2091.38	2092.03	0.0190	3.57	49.88	38.69	1.00
26	100 años	178.1	2090	2091.41	1.41	2091.41	2092.07	0.0189	3.59	49.63	38.2	1.00
25	100 años	178.1	2090	2091.38	1.38	2091.38	2092.02	0.0190	3.55	50.21	39.55	1.00
24	100 años	178.1	2088.81	2090.09	1.28	2090.47	2091.38	0.0494	5.02	35.46	34.3	1.58
23	100 años	178.1	2088	2089.38	1.38	2089.66	2090.46	0.0376	4.6	38.72	34.78	1.39
22	100 años	178.1	2087.41	2088.83	1.42	2089.02	2089.73	0.0301	4.21	42.35	36.83	1.25
21	100 años	178.1	2086.58	2087.78	1.20	2088.12	2088.93	0.0521	4.76	37.41	40.9	1.59
20	100 años	178.1	2085.86	2087.05	1.19	2087.29	2087.95	0.0393	4.21	42.33	45.21	1.39
19	100 años	178.1	2085	2085.95	0.95	2086.26	2087.01	0.0559	4.57	38.99	47.95	1.62
18	100 años	178.1	2085	2086.07	1.07	2086.07	2086.59	0.0202	3.18	55.98	54.72	1.00
17	100 años	178.1	2084.1	2085.33	1.23	2085.49	2086.05	0.0342	3.76	47.38	54.01	1.28
16	100 años	178.1	2084	2085.25	1.25	2085.25	2085.77	0.0201	3.19	55.75	54.33	1.01
15	100 años	178.1	2084	2085.09	1.09	2085.09	2085.6	0.0201	3.15	56.6	56.41	1.00
14	100 años	178.1	2084	2085.08	1.08	2085.08	2085.59	0.0202	3.17	56.1	55.28	1.01
13	100 años	178.1	2084	2085.17	1.17	2085.17	2085.71	0.0198	3.27	54.43	50.39	1.00
12	100 años	178.1	2084	2085.27	1.27	2085.27	2085.85	0.0194	3.36	52.99	46.47	1.00
11	100 años	178.1	2084	2085.29	1.29	2085.29	2085.88	0.0193	3.39	52.55	45.36	1.01
10	100 años	178.1	2083.22	2084.65	1.43	2084.79	2085.4	0.0281	3.83	46.44	44.26	1.19
9	100 años	178.1	2083	2084.4	1.40	2084.4	2085	0.0191	3.42	52.05	43.97	1.00
8	100 años	178.1	2083	2084.37	1.37	2084.37	2084.99	0.0190	3.49	51.02	41.55	1.01
7	100 años	178.1	2082.34	2084.05	1.71	2084.05	2084.76	0.0184	3.73	47.74	34.02	1.01
6	100 años	178.1	2082	2083.64	1.64	2083.65	2084.4	0.0187	3.87	46.01	31.26	1.02
5	100 años	178.1	2082	2083.66	1.66	2083.66	2084.46	0.0184	3.95	45.13	28.67	1.00
4	100 años	178.1	2081	2082.95	1.95	2083.11	2084.01	0.0241	4.56	39.06	24.65	1.16
3	100 años	178.1	2081	2083.15	2.15	2083.15	2084.03	0.0179	4.16	42.8	24.53	1.01
2	100 años	178.1	2080	2081.73	1.73	2082.21	2083.39	0.0523	5.7	31.22	24.79	1.62
1	100 años	178.1	2080.87	2083	2.13	2083	2083.97	0.0183	4.35	40.99	21.51	1.00

Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS



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



Tabla 54. Características Hidráulicas del Tramo del Río en Estudio – Periodo de Retorno 200 años.

SECCION DEL RIO	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL (m ³ /s)	ELEVACION DE COTA MAS PROFUNDA DE LA SECCIÓN (m.)	ELEVACION DEL ESPEJO DEL AGUA EN LA SECCIÓN (m.)	TIRANTE MÁXIMO EN LA SECCIÓN (m.)	ELEVACIÓN DE FLUJO CRÍTICO (m.)	ELEVACIÓN DE ENERGIA TOTAL (m.)	PENDIENTE (m/m)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA HIDRAULICA (m ² .)	ESPEJO DE AGUA (m.)	NUMERO DE FROUD
186	200 años	249.2	2158.00	2160.37	2.37	2160.40	2161.28	0.0190	4.25	58.67	34.41	1.04
185	200 años	249.2	2158.00	2159.95	1.95	2160.07	2160.88	0.0219	4.26	58.52	38.90	1.11
184	200 años	249.2	2158.00	2160.14	2.14	2160.14	2160.91	0.0177	3.91	63.81	41.57	1.01
183	200 años	249.2	2157.36	2159.16	1.80	2159.49	2160.37	0.0367	4.87	51.15	41.18	1.40
182	200 años	249.2	2157.00	2159.01	2.01	2159.01	2159.72	0.0184	3.75	66.46	47.23	1.01
181	200 años	249.2	2157.00	2159.01	2.01	2159.01	2159.72	0.0182	3.75	66.41	46.88	1.01
180	200 años	249.2	2156.91	2159.12	2.21	2159.12	2159.94	0.0174	3.99	62.40	38.79	1.01
179	200 años	249.2	2155.59	2157.29	1.70	2157.89	2159.24	0.0588	6.18	40.30	32.31	1.77
178	200 años	249.2	2155.00	2156.83	1.83	2157.18	2158.14	0.0360	5.07	49.14	36.50	1.40
177	200 años	249.2	2155.00	2157.07	2.07	2157.07	2157.90	0.0178	4.06	61.44	36.73	1.00
176	200 años	249.2	2155.00	2156.96	1.96	2156.96	2157.77	0.0180	3.98	62.58	39.20	1.01
175	200 años	249.2	2154.54	2156.77	2.23	2156.77	2157.57	0.0182	3.96	62.92	39.94	1.01
174	200 años	249.2	2153.00	2155.09	2.09	2155.64	2156.91	0.0480	5.96	41.80	30.20	1.62
173	200 años	249.2	2153.00	2155.19	2.19	2155.21	2156.12	0.0178	4.26	58.43	32.55	1.02
172	200 años	249.2	2153.00	2154.88	1.88	2154.89	2155.74	0.0179	4.11	60.69	35.81	1.01
171	200 años	249.2	2152.85	2154.39	1.54	2154.54	2155.32	0.0245	4.27	58.38	41.96	1.16
170	200 años	249.2	2151.75	2153.05	1.30	2153.49	2154.54	0.0592	5.42	46.00	45.49	1.72
169	200 años	249.2	2150.86	2151.98	1.12	2152.37	2153.28	0.0604	5.07	49.19	54.55	1.70
168	200 años	249.2	2150.51	2151.92	1.41	2151.92	2152.51	0.0194	3.39	73.41	63.31	1.01
167	200 años	249.2	2150.00	2151.02	1.02	2151.26	2151.92	0.0440	4.20	59.38	69.02	1.44
166	200 años	249.2	2150.00	2151.15	1.15	2151.15	2151.70	0.0196	3.29	75.66	68.81	1.00
165	200 años	249.2	2150.00	2151.14	1.14	2151.14	2151.69	0.0196	3.29	75.81	69.27	1.00
164	200 años	249.2	2150.00	2151.13	1.13	2151.13	2151.67	0.0197	3.27	76.31	70.80	1.00
163	200 años	249.2	2149.61	2150.85	1.24	2150.85	2151.41	0.0195	3.31	75.36	68.14	1.00
162	200 años	249.2	2149.00	2150.28	1.28	2150.37	2150.96	0.0255	3.64	68.54	65.77	1.14
161	200 años	249.2	2149.00	2150.18	1.18	2150.18	2150.75	0.0194	3.34	74.52	65.86	1.00
160	200 años	249.2	2149.00	2150.18	1.18	2150.18	2150.75	0.0194	3.35	74.44	65.81	1.00



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



159	200 años	249.2	2148.76	2150.10	1.34	2150.10	2150.69	0.0193	3.42	72.96	62.19	1.01
158	200 años	249.2	2148.00	2149.38	1.38	2149.54	2150.21	0.0279	4.04	61.72	54.15	1.21
157	200 años	249.2	2148.00	2149.43	1.43	2149.43	2150.10	0.0186	3.63	68.62	51.47	1.00
156	200 años	249.2	2148.00	2149.54	1.54	2149.54	2150.23	0.0183	3.70	67.42	48.69	1.00
155	200 años	249.2	2147.00	2148.12	1.12	2148.55	2149.57	0.0551	5.33	46.76	44.75	1.66
154	200 años	249.2	2146.29	2148.36	2.07	2148.36	2149.17	0.0176	3.99	62.51	39.16	1.01
153	200 años	249.2	2144.99	2146.25	1.26	2146.87	2148.36	0.0915	6.43	38.76	41.21	2.12
152	200 años	249.2	2143.93	2145.29	1.36	2145.75	2146.83	0.0522	5.49	45.36	39.81	1.64
151	200 años	249.2	2143.05	2145.19	2.14	2145.21	2146.10	0.0180	4.23	58.88	33.42	1.02
150	200 años	249.2	2143.00	2144.60	1.60	2144.79	2145.66	0.0256	4.55	54.72	36.51	1.19
149	200 años	249.2	2143.56	2145.24	1.68	2145.24	2146.00	0.0179	3.86	64.58	42.64	1.00
148	200 años	249.2	2143.85	2145.48	1.63	2145.48	2146.21	0.0183	3.79	65.81	45.55	1.01
147	200 años	249.2	2143.00	2144.66	1.66	2144.90	2145.71	0.0316	4.52	55.15	44.42	1.29
146	200 años	249.2	2143.00	2145.01	2.01	2145.01	2145.76	0.0183	3.82	65.27	44.55	1.01
145	200 años	249.2	2143.00	2144.95	1.95	2144.95	2145.71	0.0181	3.86	64.51	43.07	1.01
144	200 años	249.2	2142.52	2144.03	1.51	2144.32	2145.18	0.0360	4.74	52.55	43.58	1.38
143	200 años	249.2	2141.27	2142.37	1.10	2142.87	2144.06	0.0851	5.77	43.22	51.30	2.00
142	200 años	249.2	2140.00	2141.20	1.20	2141.60	2142.57	0.0580	5.20	47.95	49.69	1.69
141	200 años	249.2	2140.00	2141.46	1.46	2141.46	2142.13	0.0185	3.64	68.52	51.24	1.00
140	200 años	249.2	2139.73	2141.20	1.47	2141.20	2141.85	0.0188	3.56	69.93	54.67	1.01
139	200 años	249.2	2139.00	2140.54	1.54	2140.69	2141.39	0.0270	4.07	61.22	51.36	1.19
138	200 años	249.2	2138.51	2139.89	1.38	2140.09	2140.79	0.0322	4.21	59.18	54.20	1.29
137	200 años	249.2	2138	2139.24	1.24	2139.44	2140.15	0.0320	4.23	58.96	53.46	1.28
136	200 años	249.2	2138	2139.44	1.44	2139.44	2140.13	0.0185	3.7	67.42	48.84	1.00
135	200 años	249.2	2137.23	2138.8	1.57	2138.94	2139.69	0.0251	4.16	59.84	45.9	1.16
134	200 años	249.2	2137	2138.56	1.56	2138.56	2139.27	0.0185	3.73	66.77	47.55	1.01
133	200 años	249.2	2136.73	2138.1	1.37	2138.18	2138.85	0.0237	3.85	64.69	52.83	1.11
132	200 años	249.2	2136.16	2137.48	1.32	2137.65	2138.31	0.0305	4.05	61.56	57.22	1.25
131	200 años	249.2	2135.27	2136.46	1.19	2136.76	2137.54	0.0472	4.61	54.06	57.4	1.52
130	200 años	249.2	2134.24	2135.55	1.31	2135.85	2136.6	0.0454	4.54	54.86	57.99	1.49



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



129	200 años	249.2	2133.09	2134.2	1.11	2134.58	2135.49	0.0671	5.03	49.54	60.42	1.77
128	200 años	249.2	2132.5	2133.72	1.22	2133.86	2134.48	0.0291	3.86	64.51	61.93	1.21
127	200 años	249.2	2132	2133.19	1.19	2133.31	2133.88	0.0288	3.69	67.5	69.35	1.19
126	200 años	249.2	2131.68	2132.98	1.30	2132.98	2133.5	0.0200	3.2	77.86	75.3	1.00
125	200 años	249.2	2131.34	2132.65	1.31	2132.65	2133.18	0.0200	3.24	76.94	73.03	1.01
124	200 años	249.2	2130.9	2131.96	1.06	2132.11	2132.66	0.0328	3.71	67.26	75.46	1.25
123	200 años	249.2	2130.37	2131.63	1.26	2131.63	2132.13	0.0203	3.15	79.23	79.46	1.01
122	200 años	249.2	2130	2131.22	1.22	2131.25	2131.76	0.0225	3.26	76.41	78.7	1.06
121	200 años	249.2	2129.66	2130.82	1.16	2130.84	2131.35	0.0217	3.22	77.4	78.71	1.04
120	200 años	249.2	2129.33	2130.55	1.22	2130.55	2131.04	0.0204	3.11	80.06	81.85	1.00
119	200 años	249.2	2128.99	2130.29	1.30	2130.29	2130.81	0.0200	3.19	78.12	76.21	1.01
118	200 años	249.2	2128.56	2129.91	1.35	2129.91	2130.47	0.0197	3.32	75.08	67.49	1.00
117	200 años	249.2	2128.14	2129.66	1.52	2129.66	2130.26	0.0191	3.46	72.11	59.93	1.01
116	200 años	249.2	2127.6	2128.8	1.20	2129.02	2129.72	0.0364	4.25	58.65	58.14	1.35
115	200 años	249.2	2127	2128.33	1.33	2128.43	2129.06	0.0250	3.79	65.74	58.24	1.14
114	200 años	249.2	2126.25	2127.91	1.66	2127.96	2128.58	0.0220	3.63	68.61	58.69	1.07
113	200 años	249.2	2126	2127.83	1.83	2127.83	2128.48	0.0189	3.58	69.68	54.16	1.01
112	200 años	249.2	2126	2127.95	1.95	2127.95	2128.66	0.0181	3.75	66.44	46.44	1.00
111	200 años	249.2	2126	2127.91	1.91	2127.91	2128.72	0.0183	3.97	62.73	39.55	1.01
110	200 años	249.2	2126	2128.24	2.24	2128.24	2129.06	0.0182	4.02	62.01	37.86	1.00
109	200 años	249.2	2126	2127.47	1.47	2127.71	2128.57	0.0295	4.65	53.59	38.82	1.26
108	200 años	249.2	2125.64	2127.26	1.62	2127.27	2128	0.0189	3.83	65.11	45.63	1.02
107	200 años	249.2	2125	2126.17	1.17	2126.51	2127.4	0.0456	4.91	50.73	47.72	1.52
106	200 años	249.2	2125	2126.38	1.38	2126.38	2127.05	0.0186	3.62	68.86	51.91	1.00
105	200 años	249.2	2124.83	2126.26	1.43	2126.26	2126.92	0.0187	3.6	69.3	53.09	1.00
104	200 años	249.2	2124	2125.25	1.25	2125.54	2126.33	0.0424	4.61	54.07	53.08	1.46
103	200 años	249.2	2124	2125.34	1.34	2125.34	2125.99	0.0188	3.56	69.92	54.28	1.00
102	200 años	249.2	2124	2125.37	1.37	2125.37	2126.04	0.0188	3.63	68.65	51.68	1.01
101	200 años	249.2	2123.34	2125.24	1.90	2125.24	2126.06	0.0177	4.01	62.09	38.18	1.00
100	200 años	249.2	2123	2124.84	1.84	2124.84	2125.71	0.0176	4.13	60.4	35.19	1.01
99	200 años	249.2	2123	2124.77	1.77	2124.77	2125.6	0.0178	4.05	61.56	37.29	1.01
98	200 años	249.2	2123	2124.85	1.85	2124.85	2125.73	0.0177	4.15	60.07	34.58	1.00
97	200 años	249.2	2122.04	2124.15	2.11	2124.33	2125.3	0.0232	4.75	52.43	30.37	1.15



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



96	200 años	249.2	2121.21	2123.13	1.92	2123.54	2124.69	0.0362	5.52	45.11	29.03	1.41
95	200 años	249.2	2121	2123.05	2.05	2123.08	2124.05	0.0182	4.43	56.29	29.34	1.02
94	200 años	249.2	2121	2123.01	2.01	2123.01	2123.95	0.0174	4.29	58.07	31.21	1.00
93	200 años	249.2	2120	2121.8	1.80	2122.22	2123.4	0.0362	5.61	44.45	28.02	1.42
92	200 años	249.2	2120	2122.18	2.18	2122.18	2123.15	0.0171	4.35	57.23	29.89	1.00
91	200 años	249.2	2119.03	2121.02	1.99	2121.45	2122.6	0.0377	5.57	44.72	29.41	1.44
90	200 años	249.2	2119	2121.15	2.15	2121.15	2121.96	0.0176	4	62.37	38.8	1.01
89	200 años	249.2	2118.74	2120.06	1.32	2120.43	2121.37	0.0460	5.07	49.12	43.74	1.53
88	200 años	249.2	2118.06	2119.96	1.90	2119.96	2120.67	0.0185	3.74	66.68	47.55	1.01
87	200 años	249.2	2118	2119.8	1.80	2119.8	2120.49	0.0186	3.69	67.48	49.06	1.01
86	200 años	249.2	2116.87	2117.86	0.99	2118.39	2119.67	0.0932	5.96	41.81	50.56	2.09
85	200 años	249.2	2116.13	2117.51	1.38	2117.7	2118.39	0.0311	4.16	59.91	54.53	1.27
84	200 años	249.2	2116	2117.28	1.28	2117.28	2117.89	0.0190	3.46	72.08	59.69	1.00
83	200 años	249.2	2116	2117.31	1.31	2117.31	2117.94	0.0190	3.5	71.2	57.75	1.01
82	200 años	249.2	2115.49	2116.97	1.48	2116.97	2117.6	0.0190	3.53	70.68	56.71	1.01
81	200 años	249.2	2114.75	2116	1.25	2116.27	2117.03	0.0392	4.5	55.32	53.09	1.41
80	200 años	249.2	2114	2115.1	1.10	2115.4	2116.2	0.0442	4.63	53.79	53.73	1.48
79	200 años	249.2	2114	2115.33	1.33	2115.33	2115.98	0.0189	3.57	69.71	54.11	1.01
78	200 años	249.2	2113.18	2114.56	1.38	2114.76	2115.47	0.0319	4.22	59	53.19	1.28
77	200 años	249.2	2112.2	2113.51	1.31	2113.84	2114.67	0.0476	4.77	52.19	53.15	1.54
76	200 años	249.2	2111.32	2112.41	1.09	2112.76	2113.62	0.0577	4.87	51.19	58.38	1.66
75	200 años	249.2	2111	2112.37	1.37	2112.37	2112.99	0.0189	3.48	71.66	58.39	1.00
74	200 años	249.2	2111	2112.44	1.44	2112.44	2113.07	0.0190	3.5	71.15	57.38	1.00
73	200 años	249.2	2110.61	2112.07	1.46	2112.1	2112.72	0.0206	3.58	69.61	57.83	1.04
72	200 años	249.2	2110.02	2111.5	1.48	2111.6	2112.26	0.0245	3.87	64.37	54.42	1.14
71	200 años	249.2	2109.44	2110.81	1.37	2110.99	2111.71	0.0302	4.2	59.31	51.63	1.25
70	200 años	249.2	2108.84	2110.55	1.71	2110.55	2111.25	0.0185	3.69	67.47	49.05	1.01
69	200 años	249.2	2108.11	2109.82	1.71	2110	2110.78	0.0278	4.33	57.49	44.77	1.22
68	200 años	249.2	2108	2109.71	1.71	2109.71	2110.48	0.0178	3.89	64.01	41.52	1.00
67	200 años	249.2	2108	2109.54	1.54	2109.54	2110.29	0.0184	3.84	64.86	43.6	1.01
66	200 años	249.2	2108	2109.77	1.77	2109.77	2110.61	0.0178	4.06	61.31	36.76	1.00
65	200 años	249.2	2107	2108.73	1.73	2109.06	2110.09	0.0318	5.17	48.21	31.3	1.33
64	200 años	249.2	2107	2109.07	2.07	2109.07	2110.06	0.0176	4.4	56.58	28.92	1.01



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



63	200 años	249.2	2107	2109.15	2.15	2109.15	2110.15	0.0176	4.43	56.28	28.46	1.01
62	200 años	249.2	2106.05	2108.54	2.49	2108.69	2109.74	0.0211	4.85	51.37	26.4	1.11
61	200 años	249.2	2106	2108.64	2.64	2108.64	2109.77	0.0174	4.72	52.84	23.59	1.01
60	200 años	249.2	2106	2108.88	2.88	2108.88	2109.95	0.0178	4.59	54.26	25.57	1.01
59	200 años	249.2	2106	2108.81	2.81	2108.81	2109.83	0.0173	4.47	55.77	27.64	1.00
58	200 años	249.2	2106.67	2109.26	2.59	2109.26	2109.86	0.0106	3.49	81.11	84.67	0.79
57	200 años	249.2	2106	2108.18	2.18	2108.62	2109.45	0.0325	4.99	49.95	34.12	1.32
56	200 años	249.2	2106	2108.24	2.24	2108.24	2108.9	0.0156	3.63	70.91	61.79	0.94
55	200 años	249.2	2106.99	2108.61	1.62	2108.61	2109.13	0.0149	3.38	83.7	86.65	0.91
54	200 años	249.2	2106.6	2108.4	1.80	2108.4	2108.94	0.0163	3.47	81.56	83.54	0.94
53	200 años	249.2	2105.36	2107.41	2.05	2107.65	2108.5	0.0228	4.67	55.47	41.16	1.14
52	200 años	249.2	2105	2107.65	2.65	2107.65	2108.46	0.0141	4.05	66.14	45.47	0.92
51	200 años	249.2	2105	2107.15	2.15	2107.33	2108.1	0.0223	4.33	58.83	45.06	1.12
50	200 años	249.2	2104.01	2106.1	2.09	2106.45	2107.52	0.0324	5.27	47.3	30.46	1.35
49	200 años	249.2	2104	2106.11	2.11	2106.11	2107.06	0.0172	4.32	57.69	30.71	1.01
48	200 años	249.2	2103.08	2104.78	1.70	2105.32	2106.44	0.0495	5.72	43.54	34.43	1.62
47	200 años	249.2	2100	2102.16	2.16	2102.94	2104.92	0.1091	7.36	33.85	33.06	2.32
46	200 años	249.2	2099.36	2101.49	2.13	2102.06	2103.34	0.0435	6.02	41.37	26.87	1.55
45	200 años	249.2	2099	2101.44	2.44	2101.58	2102.52	0.0213	4.61	54.07	30.25	1.10
44	200 años	249.2	2099	2101.52	2.52	2101.52	2102.32	0.0186	3.97	62.86	40.94	1.00
43	200 años	249.2	2098.37	2100.76	2.39	2100.9	2101.88	0.0220	4.7	52.97	29.31	1.12
42	200 años	249.2	2097	2099.06	2.06	2099.69	2101.16	0.0480	6.42	38.8	23.58	1.60
41	200 años	249.2	2096	2098.38	2.38	2098.89	2100.27	0.0357	6.1	40.86	21.5	1.41
40	200 años	249.2	2095.16	2097.75	2.59	2098.21	2099.57	0.0327	5.98	41.66	21.21	1.36
39	200 años	249.2	2094.28	2096.51	2.23	2097.18	2098.77	0.0446	6.66	37.42	20.35	1.57
38	200 años	249.2	2093	2094.98	1.98	2095.79	2097.65	0.0663	7.24	34.41	22.77	1.88
37	200 años	249.2	2093.6	2095.81	2.21	2095.81	2096.75	0.0175	4.3	58	30.89	1.00
36	200 años	249.2	2093.18	2095.65	2.47	2095.65	2096.61	0.0176	4.35	57.32	30.13	1.01
35	200 años	249.2	2093	2094.27	1.27	2094.77	2095.97	0.0553	5.76	43.23	36.03	1.68
34	200 años	249.2	2093	2094.61	1.61	2094.61	2095.36	0.0185	3.83	65	43.88	1.01
33	200 años	249.2	2093	2094.64	1.64	2094.64	2095.35	0.0188	3.74	66.67	47.4	1.01
32	200 años	249.2	2092	2093.36	1.36	2093.75	2094.73	0.0438	5.18	48.09	40.3	1.51



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



31	200 años	249.2	2090.97	2092.71	1.74	2093.02	2093.92	0.0332	4.87	51.13	37.83	1.34
30	200 años	249.2	2090	2091.69	1.69	2092.1	2093.15	0.0429	5.36	46.53	36.26	1.51
29	200 años	249.2	2090	2092.18	2.18	2092.18	2093.02	0.0175	4.06	61.33	36.5	1.00
28	200 años	249.2	2090	2091.66	1.66	2091.76	2092.63	0.0217	4.35	57.31	35.83	1.10
27	200 años	249.2	2090	2091.72	1.72	2091.72	2092.51	0.0179	3.95	63.01	39.98	1.01
26	200 años	249.2	2090	2091.75	1.75	2091.75	2092.55	0.0178	3.97	62.84	39.63	1.01
25	200 años	249.2	2090	2091.71	1.71	2091.71	2092.49	0.0178	3.92	63.65	41.14	1.00
24	200 años	249.2	2088.81	2090.39	1.58	2090.82	2091.89	0.0432	5.43	45.9	35.6	1.53
23	200 años	249.2	2088	2089.62	1.62	2090.01	2091.04	0.0397	5.28	47.2	35.83	1.47
22	200 años	249.2	2087.41	2089.09	1.68	2089.37	2090.26	0.0315	4.8	51.88	38.14	1.31
21	200 años	249.2	2086.58	2088	1.42	2088.44	2089.45	0.0510	5.32	46.8	42.59	1.62
20	200 años	249.2	2085.86	2087.25	1.39	2087.59	2088.45	0.0419	4.84	51.45	46.64	1.47
19	200 años	249.2	2085	2086.14	1.14	2086.54	2087.48	0.0546	5.12	48.66	49.5	1.65
18	200 años	249.2	2085	2086.34	1.34	2086.34	2086.97	0.0189	3.53	70.55	55.96	1.00
17	200 años	249.2	2084.1	2085.54	1.44	2085.75	2086.45	0.0334	4.23	58.92	55.07	1.31
16	200 años	249.2	2084	2085.52	1.52	2085.52	2086.16	0.0188	3.53	70.62	56.26	1.01
15	200 años	249.2	2084	2085.35	1.35	2085.35	2085.97	0.0189	3.48	71.52	58.47	1.01
14	200 años	249.2	2084	2085.34	1.34	2085.34	2085.97	0.0188	3.52	70.77	56.89	1.00
13	200 años	249.2	2084	2085.45	1.45	2085.45	2086.12	0.0185	3.61	68.98	52.35	1.00
12	200 años	249.2	2084	2085.58	1.58	2085.58	2086.27	0.0182	3.7	67.32	48.7	1.00
11	200 años	249.2	2084	2085.6	1.60	2085.6	2086.31	0.0182	3.73	66.81	47.64	1.01
10	200 años	249.2	2083.22	2084.91	1.69	2085.11	2085.84	0.0275	4.27	58.32	46.44	1.22
9	200 años	249.2	2083	2084.71	1.71	2084.71	2085.43	0.0180	3.77	66.1	46.16	1.01
8	200 años	249.2	2083	2084.69	1.69	2084.69	2085.44	0.0179	3.84	64.84	43.49	1.00
7	200 años	249.2	2082.34	2084.42	2.08	2084.42	2085.28	0.0174	4.11	60.67	35.65	1.01
6	200 años	249.2	2082	2084.02	2.02	2084.04	2084.96	0.0180	4.3	58.01	32.5	1.03
5	200 años	249.2	2082	2084.07	2.07	2084.07	2085.04	0.0174	4.37	57.02	29.47	1.00
4	200 años	249.2	2081	2083.43	2.43	2083.57	2084.64	0.0207	4.88	51.05	25.6	1.10
3	200 años	249.2	2081	2083.62	2.62	2083.62	2084.68	0.0170	4.56	54.64	26.04	1.01
2	200 años	249.2	2080	2082.08	2.08	2082.64	2084.06	0.0467	6.23	39.99	25.16	1.58
1	200 años	249.2	2080.87	2083.5	2.63	2083.5	2084.68	0.0175	4.8	51.89	22.26	1.00

Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.



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



Tabla 55. Características Hidráulicas del Tramo del Río en Estudio – Periodo de Retorno 500 años.

SECCION DEL RIO	PERIODO DE RETORNO	CAUDAL (m ³ /s)	ELEVACION DE COTA MAS PROFUNDA DE LA SECCIÓN (m.)	ELEVACION DEL ESPEJO DEL AGUA EN LA SECCIÓN (m.)	TIRANTE MÁXIMO EN LA SECCIÓN (m.)	ELEVACIÓN DE FLUJO CRÍTICO (m.)	ELEVACIÓN DE ENERGIA TOTAL (m.)	PENDIENTE (m/m)	VELOCIDAD DE FLUJO (m/s)	ÁREA HIDRAULICA (m ² .)	ESPEJO DE AGUA (m.)	NUMERO DE FROUD
186	500 años	372	2158.00	2160.86	2.86	2160.96	2162.08	0.0190	4.88	76.21	35.98	1.07
185	500 años	372	2158.00	2160.32	2.32	2160.58	2161.63	0.0249	5.07	73.40	41.26	1.21
184	500 años	372	2158.00	2160.64	2.64	2160.64	2161.60	0.0161	4.36	85.51	45.16	1.00
183	500 años	372	2157.36	2159.56	2.20	2159.97	2161.09	0.0349	5.49	67.79	43.87	1.41
182	500 años	372	2157.00	2159.27	2.27	2159.48	2160.39	0.0241	4.69	79.37	49.31	1.18
181	500 años	372	2157.00	2159.49	2.49	2159.49	2160.35	0.0162	4.10	91.25	56.98	0.98
180	500 años	372	2156.91	2159.67	2.76	2159.67	2160.64	0.0166	4.35	85.50	45.28	1.01
179	500 años	372	2155.59	2157.77	2.18	2158.44	2159.99	0.0478	6.60	56.34	34.83	1.66
178	500 años	372	2155.00	2157.18	2.18	2157.71	2159.00	0.0392	5.97	62.30	38.42	1.50
177	500 años	372	2155.00	2157.63	2.63	2157.63	2158.64	0.0170	4.46	83.45	41.80	1.01
176	500 años	372	2155.00	2157.48	2.48	2157.48	2158.48	0.0163	4.44	84.13	43.51	0.99
175	500 años	372	2154.54	2157.28	2.74	2157.28	2158.27	0.0166	4.42	84.41	44.69	1.00
174	500 años	372	2153.00	2155.63	2.63	2156.25	2157.68	0.0387	6.35	58.62	32.51	1.51
173	500 años	372	2153.00	2155.80	2.80	2155.80	2156.92	0.0165	4.70	79.17	35.60	1.01
172	500 años	372	2153.00	2155.26	2.26	2155.44	2156.53	0.0216	5.00	74.42	37.36	1.13
171	500 años	372	2152.85	2154.75	1.90	2155.04	2156.05	0.0267	5.05	73.65	43.84	1.24
170	500 años	372	2151.75	2153.37	1.62	2153.94	2155.26	0.0531	6.09	61.13	46.62	1.70
169	500 años	372	2150.86	2152.20	1.34	2152.76	2154.07	0.0666	6.06	61.36	55.75	1.84
168	500 años	372	2150.51	2152.18	1.67	2152.29	2153.05	0.0224	4.12	90.26	64.78	1.11
167	500 años	372	2150.00	2151.30	1.30	2151.60	2152.44	0.0395	4.73	78.62	70.20	1.43
166	500 años	372	2150.00	2151.49	1.49	2151.49	2152.20	0.0181	3.74	99.35	70.18	1.00
165	500 años	372	2150.00	2151.48	1.48	2151.48	2152.19	0.0181	3.73	99.71	70.80	1.00
164	500 años	372	2150.00	2151.47	1.47	2151.47	2152.16	0.0181	3.70	100.61	72.54	1.00
163	500 años	372	2149.61	2151.20	1.59	2151.20	2151.92	0.0180	3.75	99.18	69.75	1.00
162	500 años	372	2149.00	2150.59	1.59	2150.73	2151.48	0.0246	4.18	88.97	67.18	1.16
161	500 años	372	2149.00	2150.54	1.54	2150.54	2151.27	0.0179	3.79	98.12	67.55	1.00
160	500 años	372	2149.00	2150.54	1.54	2150.54	2151.27	0.0180	3.79	98.07	67.56	1.00



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



159	500 años	372	2148.76	2150.47	1.71	2150.47	2151.23	0.0178	3.86	96.46	64.29	1.01
158	500 años	372	2148.00	2149.77	1.77	2149.94	2150.79	0.0245	4.48	83.06	56.51	1.18
157	500 años	372	2148.00	2149.85	1.85	2149.85	2150.70	0.0172	4.10	90.72	53.47	1.00
156	500 años	372	2148.00	2149.98	1.98	2149.98	2150.86	0.0171	4.15	89.55	51.45	1.01
155	500 años	372	2147.00	2148.49	1.49	2149.00	2150.24	0.0473	5.86	63.47	46.76	1.61
154	500 años	372	2146.29	2148.87	2.58	2148.87	2149.89	0.0163	4.48	83.08	41.11	1.01
153	500 años	372	2144.99	2146.59	1.60	2147.35	2149.13	0.0768	7.07	52.64	42.37	2.02
152	500 años	372	2143.93	2145.60	1.67	2146.23	2147.72	0.0542	6.46	57.62	40.63	1.73
151	500 años	372	2143.05	2145.74	2.69	2145.76	2146.91	0.0170	4.80	77.44	34.35	1.02
150	500 años	372	2143.00	2145.01	2.01	2145.30	2146.46	0.0265	5.34	69.63	37.15	1.25
149	500 años	372	2143.56	2145.71	2.15	2145.71	2146.69	0.0167	4.38	84.95	43.56	1.00
148	500 años	372	2143.85	2145.93	2.08	2145.93	2146.87	0.0170	4.29	86.69	46.81	1.01
147	500 años	372	2143.00	2145.06	2.06	2145.35	2146.39	0.0291	5.12	72.64	45.24	1.29
146	500 años	372	2143.00	2145.47	2.47	2145.47	2146.43	0.0169	4.32	86.03	45.66	1.01
145	500 años	372	2143.00	2145.42	2.42	2145.42	2146.39	0.0168	4.37	85.20	44.50	1.01
144	500 años	372	2142.52	2144.41	1.89	2144.79	2145.88	0.0336	5.39	69.07	44.67	1.38
143	500 años	372	2141.27	2142.63	1.36	2143.28	2144.83	0.0795	6.57	56.61	52.35	2.02
142	500 años	372	2140.00	2141.46	1.46	2142.03	2143.36	0.0601	6.12	60.80	50.50	1.78
141	500 años	372	2140.00	2141.88	1.88	2141.88	2142.74	0.0171	4.13	90.16	52.36	1.00
140	500 años	372	2139.73	2141.60	1.87	2141.60	2142.44	0.0173	4.05	91.91	55.68	1.01
139	500 años	372	2139.00	2140.92	1.92	2141.10	2142.00	0.0248	4.62	80.56	52.16	1.19
138	500 años	372	2138.51	2140.19	1.68	2140.48	2141.42	0.0327	4.92	75.57	55.21	1.34
137	500 años	372	2138	2139.55	1.55	2139.84	2140.78	0.0316	4.91	75.76	54.11	1.32
136	500 años	372	2138	2139.87	1.87	2139.87	2140.76	0.0172	4.19	88.7	50.01	1.01
135	500 años	372	2137.23	2139.21	1.98	2139.39	2140.34	0.0231	4.71	78.98	46.98	1.16
134	500 años	372	2137	2138.97	1.97	2139	2139.92	0.0182	4.32	86.15	48.25	1.03
133	500 años	372	2136.73	2138.41	1.68	2138.59	2139.48	0.0253	4.59	81.04	53.28	1.19
132	500 años	372	2136.16	2137.78	1.62	2138.03	2138.92	0.0306	4.73	78.61	57.77	1.29
131	500 años	372	2135.27	2136.74	1.47	2137.14	2138.16	0.0440	5.27	70.54	57.82	1.52
130	500 años	372	2134.24	2135.81	1.57	2136.22	2137.25	0.0474	5.31	70.08	60.43	1.57
129	500 años	372	2133.09	2134.45	1.36	2134.95	2136.13	0.0628	5.76	64.62	61.03	1.79
128	500 años	372	2132.5	2133.96	1.46	2134.22	2135.08	0.0328	4.68	79.41	62.28	1.32



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



127	500 años	372	2132	2133.45	1.45	2133.64	2134.41	0.0295	4.35	85.51	69.8	1.25
126	500 años	372	2131.68	2133.3	1.62	2133.3	2133.98	0.0185	3.64	102.06	76.44	1.01
125	500 años	372	2131.34	2132.98	1.64	2132.98	2133.66	0.0184	3.67	101.29	74.66	1.01
124	500 años	372	2130.9	2132.21	1.31	2132.43	2133.16	0.0325	4.31	86.25	76.4	1.30
123	500 años	372	2130.37	2131.94	1.57	2131.94	2132.59	0.0186	3.58	104.04	80.39	1.00
122	500 años	372	2130	2131.57	1.57	2131.57	2132.22	0.0184	3.58	103.97	79.75	1.00
121	500 años	372	2129.66	2131.08	1.42	2131.15	2131.81	0.0222	3.78	98.52	79.88	1.09
120	500 años	372	2129.33	2130.85	1.52	2130.85	2131.49	0.0187	3.54	105.09	82.72	1.00
119	500 años	372	2128.99	2130.61	1.62	2130.61	2131.28	0.0185	3.64	102.25	76.78	1.01
118	500 años	372	2128.56	2130.25	1.69	2130.25	2130.98	0.0182	3.78	98.31	68.01	1.00
117	500 años	372	2128.14	2130.03	1.89	2130.03	2130.82	0.0177	3.93	94.58	60.72	1.01
116	500 años	372	2127.6	2129.11	1.51	2129.4	2130.3	0.0338	4.83	77.04	59.37	1.35
115	500 años	372	2127	2128.62	1.62	2128.81	2129.65	0.0267	4.51	82.41	58.89	1.22
114	500 años	372	2126.25	2128.26	2.01	2128.34	2129.14	0.0207	4.15	89.66	59.96	1.08
113	500 años	372	2126	2128.23	2.23	2128.23	2129.07	0.0175	4.05	91.76	55.54	1.01
112	500 años	372	2126	2128.39	2.39	2128.39	2129.31	0.0170	4.26	87.34	47.76	1.01
111	500 años	372	2126	2128.41	2.41	2128.41	2129.44	0.0171	4.5	82.72	40.69	1.01
110	500 años	372	2126	2128.75	2.75	2128.75	2129.8	0.0171	4.54	82	39.4	1.00
109	500 años	372	2126	2127.89	1.89	2128.22	2129.33	0.0286	5.32	69.94	40.28	1.29
108	500 años	372	2125.64	2127.49	1.85	2127.74	2128.72	0.0261	4.91	75.73	46.45	1.23
107	500 años	372	2125	2126.52	1.52	2126.94	2128.05	0.0396	5.47	67.96	48.69	1.48
106	500 años	372	2125	2126.79	1.79	2126.79	2127.65	0.0173	4.11	90.61	53.18	1.00
105	500 años	372	2124.83	2126.67	1.84	2126.67	2127.51	0.0173	4.07	91.31	54.44	1.00
104	500 años	372	2124	2125.57	1.57	2125.94	2126.96	0.0388	5.22	71.26	54.08	1.45
103	500 años	372	2124	2125.74	1.74	2125.74	2126.58	0.0174	4.05	91.81	55.38	1.00
102	500 años	372	2124	2125.78	1.78	2125.78	2126.65	0.0173	4.12	90.25	52.73	1.00
101	500 años	372	2123.34	2125.75	2.41	2125.75	2126.8	0.0165	4.55	81.84	39.42	1.01
100	500 años	372	2123	2125.36	2.36	2125.38	2126.49	0.0168	4.69	79.3	36.82	1.02
99	500 años	372	2123	2125.29	2.29	2125.29	2126.35	0.0165	4.56	81.62	38.73	1.00
98	500 años	372	2123	2125.4	2.40	2125.4	2126.52	0.0165	4.68	79.5	35.93	1.00
97	500 años	372	2122.04	2124.78	2.74	2124.92	2126.14	0.0193	5.16	72.08	31.63	1.09
96	500 años	372	2121.21	2123.65	2.44	2124.15	2125.59	0.0325	6.18	60.23	29.71	1.38
95	500 años	372	2121	2123.66	2.66	2123.69	2124.93	0.0172	5	74.37	30.54	1.02



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



94	500 años	372	2121	2123.6	2.60	2123.6	2124.79	0.0163	4.84	76.89	32.6	1.01
93	500 años	372	2120	2122.36	2.36	2122.83	2124.28	0.0306	6.14	60.59	28.77	1.35
92	500 años	372	2120	2122.8	2.80	2122.8	2124.01	0.0160	4.88	76.23	31.72	1.00
91	500 años	372	2119.03	2121.53	2.50	2122.06	2123.49	0.0341	6.21	59.94	30.7	1.42
90	500 años	372	2119	2121.44	2.44	2121.66	2122.73	0.0233	5.03	73.9	39.95	1.18
89	500 años	372	2118.74	2120.42	1.68	2120.88	2122.08	0.0414	5.71	65.14	44.51	1.51
88	500 años	372	2118.06	2120.29	2.23	2120.4	2121.33	0.0208	4.5	82.66	48.39	1.10
87	500 años	372	2118	2120.23	2.23	2120.23	2121.12	0.0173	4.19	88.8	50.32	1.01
86	500 años	372	2116.87	2118.15	1.28	2118.8	2120.34	0.0802	6.57	56.63	52.8	2.02
85	500 años	372	2116.13	2117.77	1.64	2118.1	2119.05	0.0352	5.02	74.12	55.79	1.39
84	500 años	372	2116	2117.64	1.64	2117.67	2118.44	0.0185	3.97	93.74	61.64	1.03
83	500 años	372	2116	2117.7	1.70	2117.7	2118.5	0.0175	3.95	94.08	59.62	1.00
82	500 años	372	2115.49	2117.34	1.85	2117.36	2118.17	0.0183	4.05	91.74	57.9	1.03
81	500 años	372	2114.75	2116.35	1.60	2116.67	2117.64	0.0342	5.04	73.84	53.89	1.37
80	500 años	372	2114	2115.39	1.39	2115.8	2116.86	0.0431	5.36	69.35	54.37	1.52
79	500 años	372	2114	2115.73	1.73	2115.73	2116.57	0.0175	4.06	91.62	55.09	1.00
78	500 años	372	2113.18	2114.89	1.71	2115.16	2116.08	0.0300	4.83	77	53.87	1.29
77	500 años	372	2112.2	2113.8	1.60	2114.24	2115.32	0.0461	5.45	68.27	55.63	1.57
76	500 años	372	2111.32	2112.66	1.34	2113.14	2114.29	0.0564	5.65	65.86	58.94	1.71
75	500 años	372	2111	2112.75	1.75	2112.75	2113.55	0.0174	3.96	93.95	59.08	1.00
74	500 años	372	2111	2112.83	1.83	2112.83	2113.64	0.0176	3.98	93.45	58.41	1.00
73	500 años	372	2110.61	2112.48	1.87	2112.48	2113.28	0.0177	3.98	93.51	58.87	1.01
72	500 años	372	2110.02	2111.85	1.83	2112	2112.86	0.0234	4.45	83.61	55.19	1.15
71	500 años	372	2109.44	2111.16	1.72	2111.4	2112.33	0.0282	4.79	77.65	52.49	1.26
70	500 años	372	2108.84	2110.98	2.14	2110.98	2111.88	0.0171	4.2	88.62	49.96	1.01
69	500 años	372	2108.11	2110.24	2.13	2110.45	2111.44	0.0248	4.86	76.56	45.9	1.20
68	500 años	372	2108	2110.19	2.19	2110.19	2111.18	0.0167	4.42	84.07	42.46	1.00
67	500 años	372	2108	2110	2.00	2110	2110.97	0.0171	4.36	85.34	44.48	1.00
66	500 años	372	2108	2110.3	2.30	2110.3	2111.37	0.0166	4.59	81	38.02	1.00
65	500 años	372	2107	2109.3	2.30	2109.64	2110.9	0.0262	5.61	66.26	32.34	1.25
64	500 años	372	2107	2109.69	2.69	2109.69	2110.95	0.0166	4.98	74.75	29.91	1.00
63	500 años	372	2107	2109.78	2.78	2109.78	2111.04	0.0166	4.99	74.6	29.74	1.00



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



62	500 años	372	2106.05	2109.21	3.16	2109.35	2110.67	0.0190	5.36	69.42	27.99	1.09
61	500 años	372	2106	2109.38	3.38	2109.38	2110.78	0.0165	5.25	70.85	25.47	1.01
60	500 años	372	2106	2109.57	3.57	2109.57	2110.91	0.0169	5.12	72.67	27.54	1.01
59	500 años	372	2106	2109.77	3.77	2109.77	2110.62	0.0109	4.16	99.58	75.01	0.82
58	500 años	372	2106.67	2109.52	2.85	2109.68	2110.38	0.0139	4.32	102.93	86.59	0.92
57	500 años	372	2106	2108.76	2.76	2109.15	2109.98	0.0245	4.98	81.84	80.13	1.18
56	500 años	372	2106	2108.57	2.57	2108.73	2109.48	0.0171	4.31	93.88	76.55	1.01
55	500 años	372	2106.99	2108.99	2.00	2108.99	2109.58	0.0131	3.68	118.56	94.54	0.88
54	500 años	372	2106.6	2108.81	2.21	2108.81	2109.4	0.0135	3.72	118.73	94.66	0.89
53	500 años	372	2105.36	2108.17	2.81	2108.31	2109.06	0.0166	4.34	95.37	73.18	0.99
52	500 años	372	2105	2108.31	3.31	2108.31	2109.05	0.0131	4	106.86	84.36	0.89
51	500 años	372	2105	2107.69	2.69	2107.85	2108.71	0.0189	4.54	87.23	59.4	1.06
50	500 años	372	2104.01	2106.82	2.81	2107.09	2108.26	0.0220	5.32	69.96	34.39	1.16
49	500 años	372	2104	2106.71	2.71	2106.71	2107.91	0.0161	4.85	76.75	32.54	1.01
48	500 años	372	2103.08	2105.17	2.09	2105.9	2107.29	0.0491	6.46	57.57	37.59	1.67
47	500 años	372	2100	2102.52	2.52	2103.5	2105.84	0.0952	8.08	46.05	35.2	2.25
46	500 años	372	2099.36	2101.97	2.61	2102.75	2104.33	0.0427	6.81	54.64	28.88	1.58
45	500 años	372	2099	2101.83	2.83	2102.25	2103.42	0.0278	5.58	66.7	34.07	1.27
44	500 años	372	2099	2102.16	3.16	2102.16	2102.98	0.0127	4.08	98.14	65.13	0.87
43	500 años	372	2098.37	2101.41	3.04	2101.74	2102.62	0.0212	4.88	78.6	57.82	1.11
42	500 años	372	2097	2099.78	2.78	2100.38	2101.98	0.0351	6.57	56.58	25.78	1.42
41	500 años	372	2096	2099.06	3.06	2099.65	2101.31	0.0316	6.65	55.94	22.97	1.36
40	500 años	372	2095.16	2098.38	3.22	2098.96	2100.68	0.0310	6.72	55.38	22.09	1.35
39	500 años	372	2094.28	2097.12	2.84	2097.94	2099.92	0.0413	7.41	50.23	21.39	1.54
38	500 años	372	2093	2095.46	2.46	2096.52	2098.86	0.0620	8.16	45.56	23.45	1.87
37	500 años	372	2093.6	2096.32	2.72	2096.41	2097.6	0.0186	5.01	74.26	32.34	1.06
36	500 años	372	2093.18	2096.26	3.08	2096.26	2097.47	0.0166	4.89	76.14	31.69	1.01
35	500 años	372	2093	2094.64	1.64	2095.3	2096.84	0.0524	6.56	56.69	36.99	1.69
34	500 años	372	2093	2095.09	2.09	2095.09	2096.03	0.0171	4.3	86.49	45.92	1.00
33	500 años	372	2093	2095.1	2.10	2095.1	2095.98	0.0176	4.15	89.63	51.48	1.00
32	500 años	372	2092	2093.8	1.80	2094.26	2095.41	0.0367	5.63	66.07	42.42	1.44



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



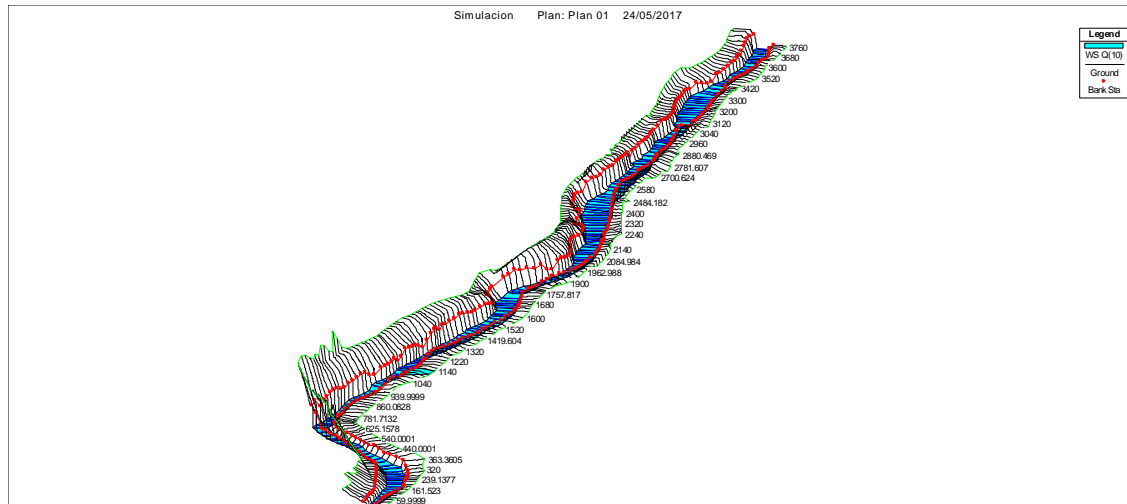
31	500 años	372	2090.97	2093.11	2.14	2093.53	2094.71	0.0334	5.6	66.41	39.71	1.38
30	500 años	372	2090	2092.09	2.09	2092.64	2093.95	0.0403	6.04	61.59	37.88	1.51
29	500 años	372	2090	2092.71	2.71	2092.71	2093.79	0.0166	4.61	80.72	37.67	1.00
28	500 años	372	2090	2092.15	2.15	2092.3	2093.4	0.0208	4.96	75.02	36.86	1.11
27	500 años	372	2090	2092.23	2.23	2092.23	2093.23	0.0166	4.44	83.86	41.99	1.00
26	500 años	372	2090	2092.26	2.26	2092.26	2093.27	0.0166	4.45	83.59	41.76	1.00
25	500 años	372	2090	2092.22	2.22	2092.22	2093.19	0.0166	4.35	85.47	44.61	1.00
24	500 años	372	2088.81	2090.86	2.05	2091.36	2092.63	0.0363	5.91	62.99	37.64	1.46
23	500 años	372	2088	2090.01	2.01	2090.54	2091.87	0.0390	6.04	61.55	37.54	1.51
22	500 años	372	2087.41	2089.44	2.03	2089.88	2091.07	0.0342	5.66	65.69	40	1.41
21	500 años	372	2086.58	2088.32	1.74	2088.91	2090.22	0.0509	6.1	60.93	45.01	1.67
20	500 años	372	2085.86	2087.54	1.68	2088.03	2089.19	0.0448	5.69	65.33	48.74	1.57
19	500 años	372	2085	2086.43	1.43	2086.96	2088.2	0.0540	5.9	63.08	51.38	1.70
18	500 años	372	2085	2086.73	1.73	2086.73	2087.55	0.0175	4	93.09	57.83	1.01
17	500 años	372	2084.1	2085.87	1.77	2086.15	2087.05	0.0312	4.81	77.39	56.73	1.31
16	500 años	372	2084	2085.93	1.93	2085.93	2086.72	0.0172	3.95	94.08	59.17	1.00
15	500 años	372	2084	2085.75	1.75	2085.75	2086.53	0.0172	3.91	95.13	61.59	1.00
14	500 años	372	2084	2085.76	1.76	2085.76	2086.54	0.0164	3.93	95.75	65.33	0.98
13	500 años	372	2084	2085.88	1.88	2085.88	2086.71	0.0171	4.05	91.89	55.31	1.00
12	500 años	372	2084	2086.16	2.16	2086.16	2086.88	0.0142	3.79	101.45	82.82	0.92
11	500 años	372	2084	2086.19	2.19	2086.19	2086.92	0.0140	3.79	101.98	81.6	0.91
10	500 años	372	2083.22	2085.29	2.07	2085.57	2086.48	0.0280	4.84	76.87	52.68	1.26
9	500 años	372	2083	2085.22	2.22	2085.22	2086.07	0.0170	4.09	90.93	54.33	1.00
8	500 años	372	2083	2085.22	2.22	2085.22	2086.11	0.0167	4.18	88.96	49.99	1.00
7	500 años	372	2082.34	2085	2.66	2085	2086.05	0.0161	4.53	82.21	39.3	1.00
6	500 años	372	2082	2084.63	2.63	2084.63	2085.77	0.0160	4.73	78.68	34.81	1.00
5	500 años	372	2082	2084.69	2.69	2084.69	2085.92	0.0164	4.92	75.59	30.88	1.00
4	500 años	372	2081	2084.22	3.22	2084.25	2085.58	0.0163	5.16	72.05	27.2	1.01
3	500 años	372	2081	2084.31	3.31	2084.31	2085.62	0.0159	5.06	73.45	28.22	1.00
2	500 años	372	2080	2082.64	2.64	2083.31	2085.03	0.0399	6.85	54.29	25.73	1.51
1	500 años	372	2080.87	2084.56	3.69	2084.56	2085.64	0.0139	4.64	84.44	53.15	0.92

Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.



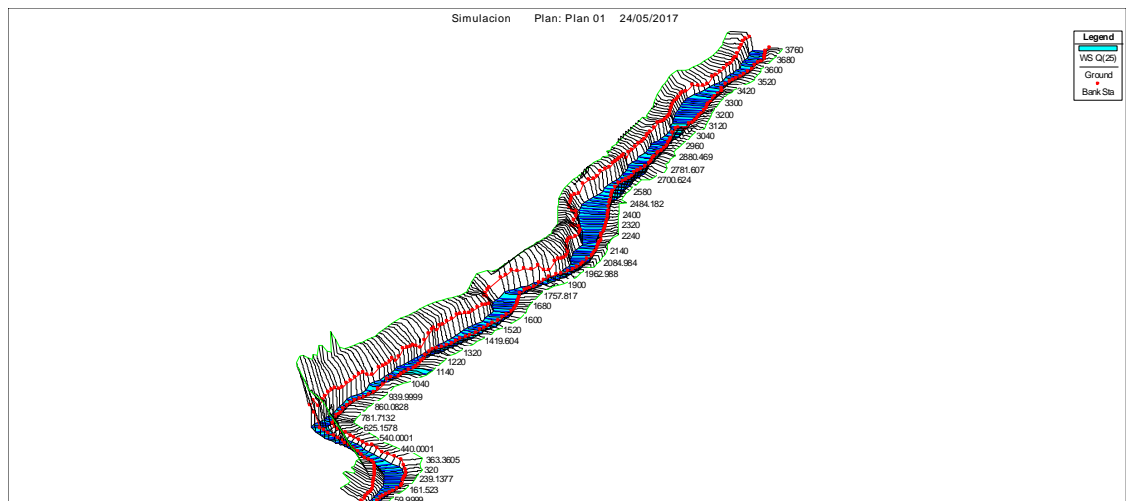
3.2.3. Vistas en Perspectiva 3D de la Simulación Hidráulica.

Figura 49. Vista perspectiva 3D para Periodo de Retorno 10 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

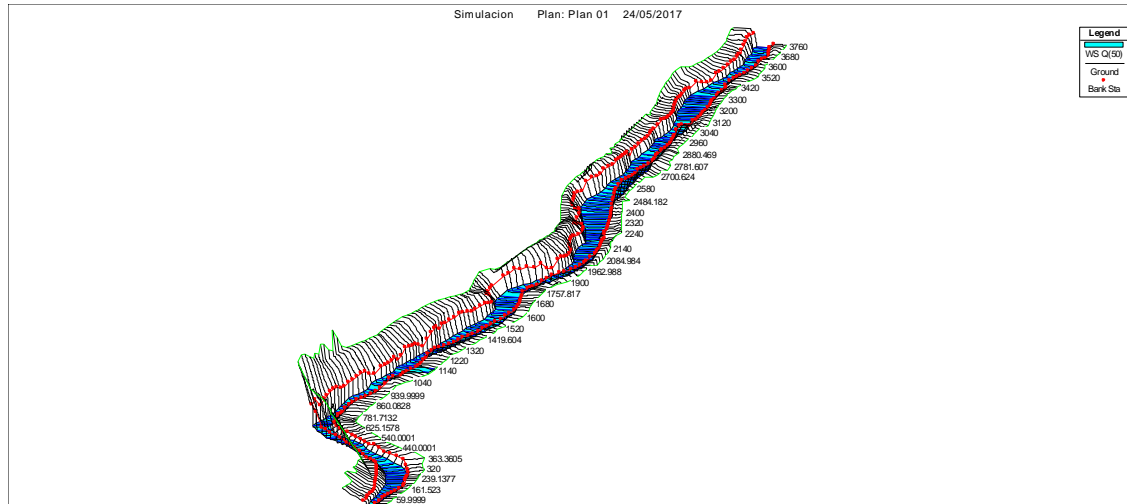
Figura 50. Vista perspectiva 3D para Periodo de Retorno 25 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

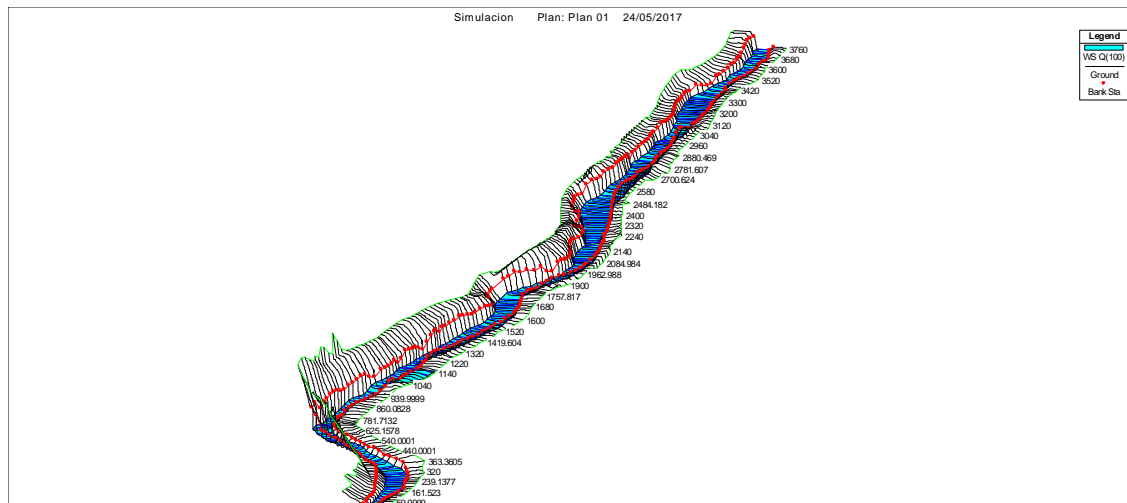


Figura 51. Vista perspectiva 3D para Periodo de Retorno 50 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

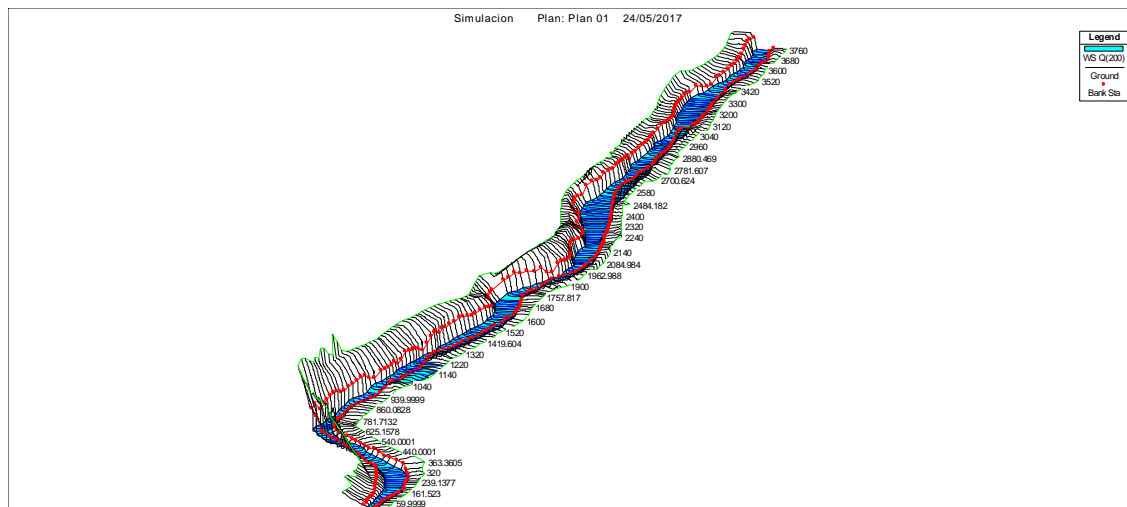
Figura 52. Vista perspectiva 3D para Periodo de Retorno 100 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

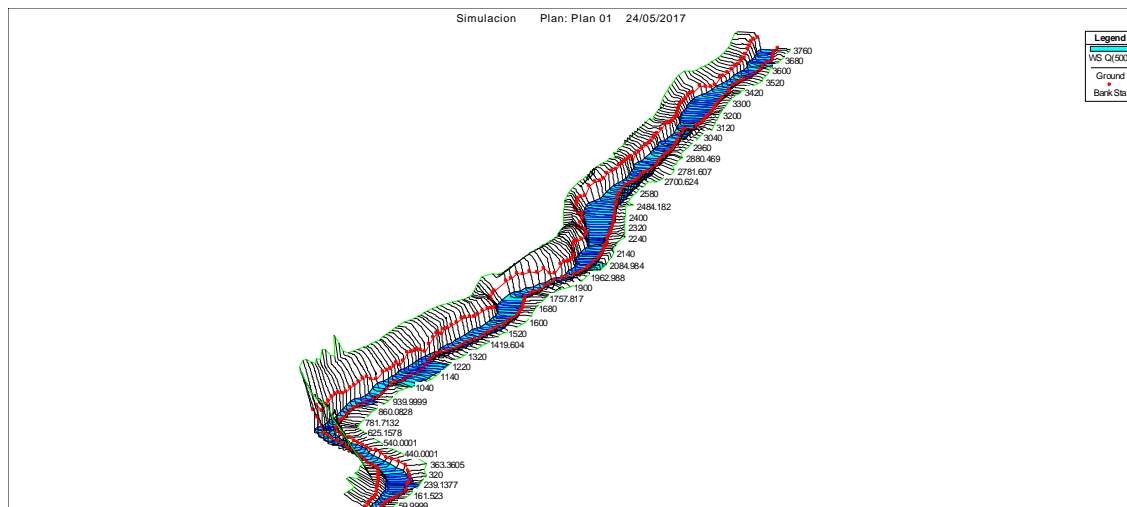


Figura 53. Vista perspectiva 3D para Periodo de Retorno 200 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.

Figura 54. Vista perspectiva 3D para Periodo de Retorno 500 años.



Fuente: Elaboración propia – HEC-RAS.



3.2.4. Superficies de Agua y Áreas de Inundación.

La determinación de las superficies de agua y áreas de inundación del tramo del río Huallaga comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo es el fin del trabajo de investigación y por ende es el resultado final y más importante, la metodología empleada termina con la determinación de las áreas de inundación, estos resultados son digitalizados en ArcGIS 10.3 y presentados en mapas de inundación para periodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 200 y 500 que se muestran en las figuras siguientes.

Tabla 56.

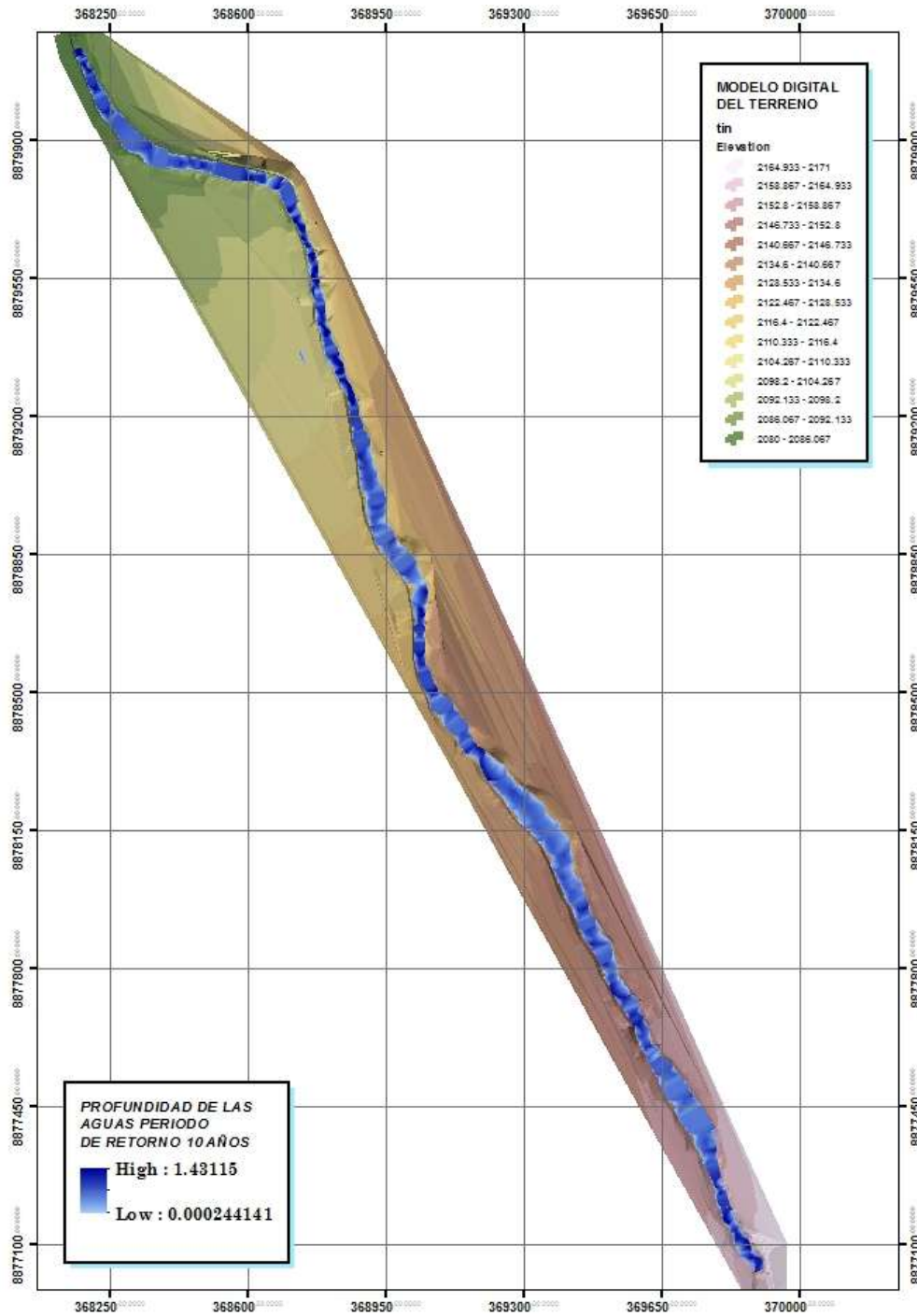
Áreas de Inundación para Diferentes Periodos de Retorno.

PERIODO DE RETORNO T_r (años)	SUPERFICIE TOTAL DE INUNDACIÓN (m².)
10	147261.31
25	156341.48
50	161609.88
100	166877.76
200	173839.88
500	187182.16

Fuente: Elaboración propia.



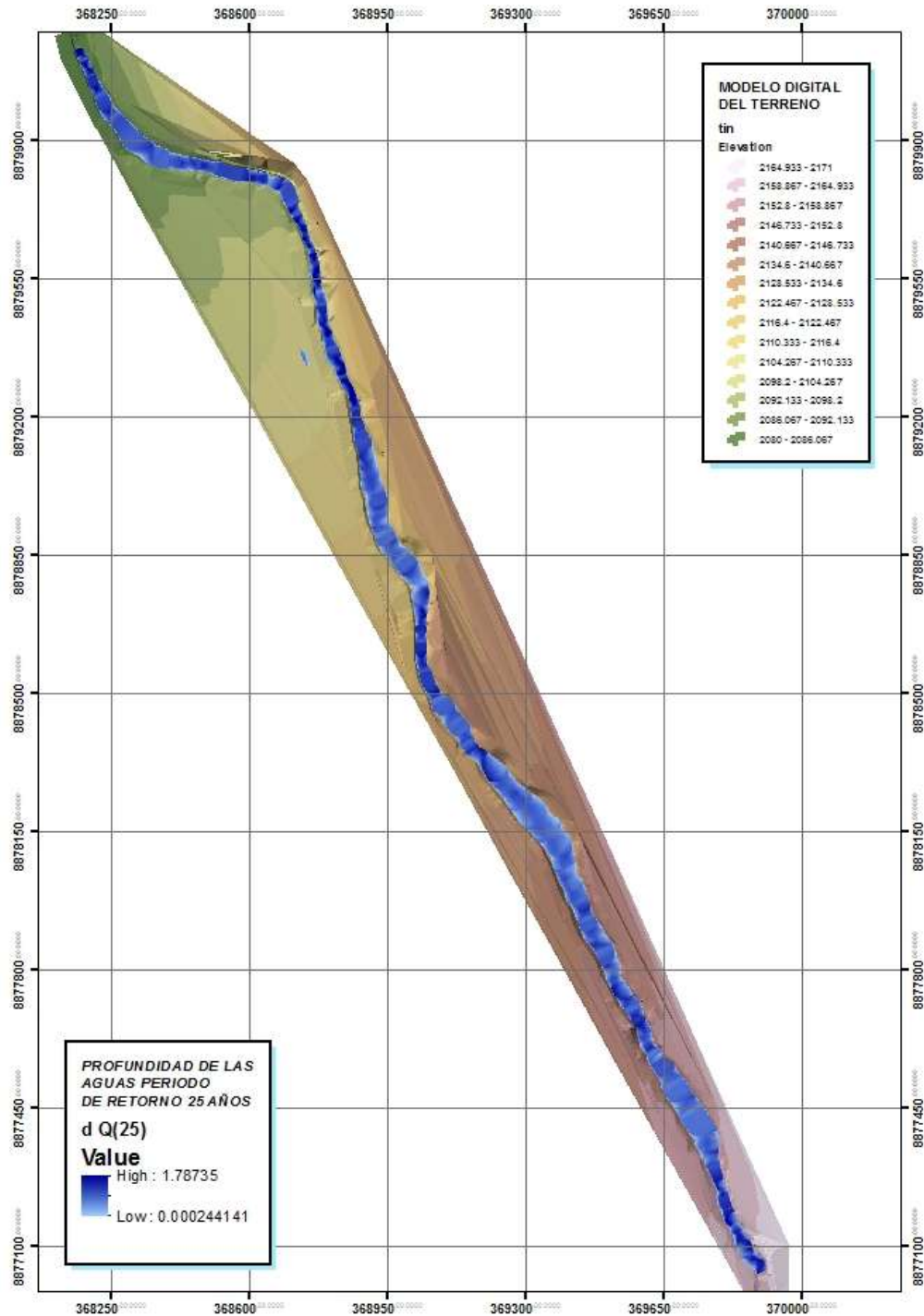
Figura 55. Áreas de Inundación del Río Huallaga Tramo Huaylla Ambo Periodo de Retorno 10 años.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



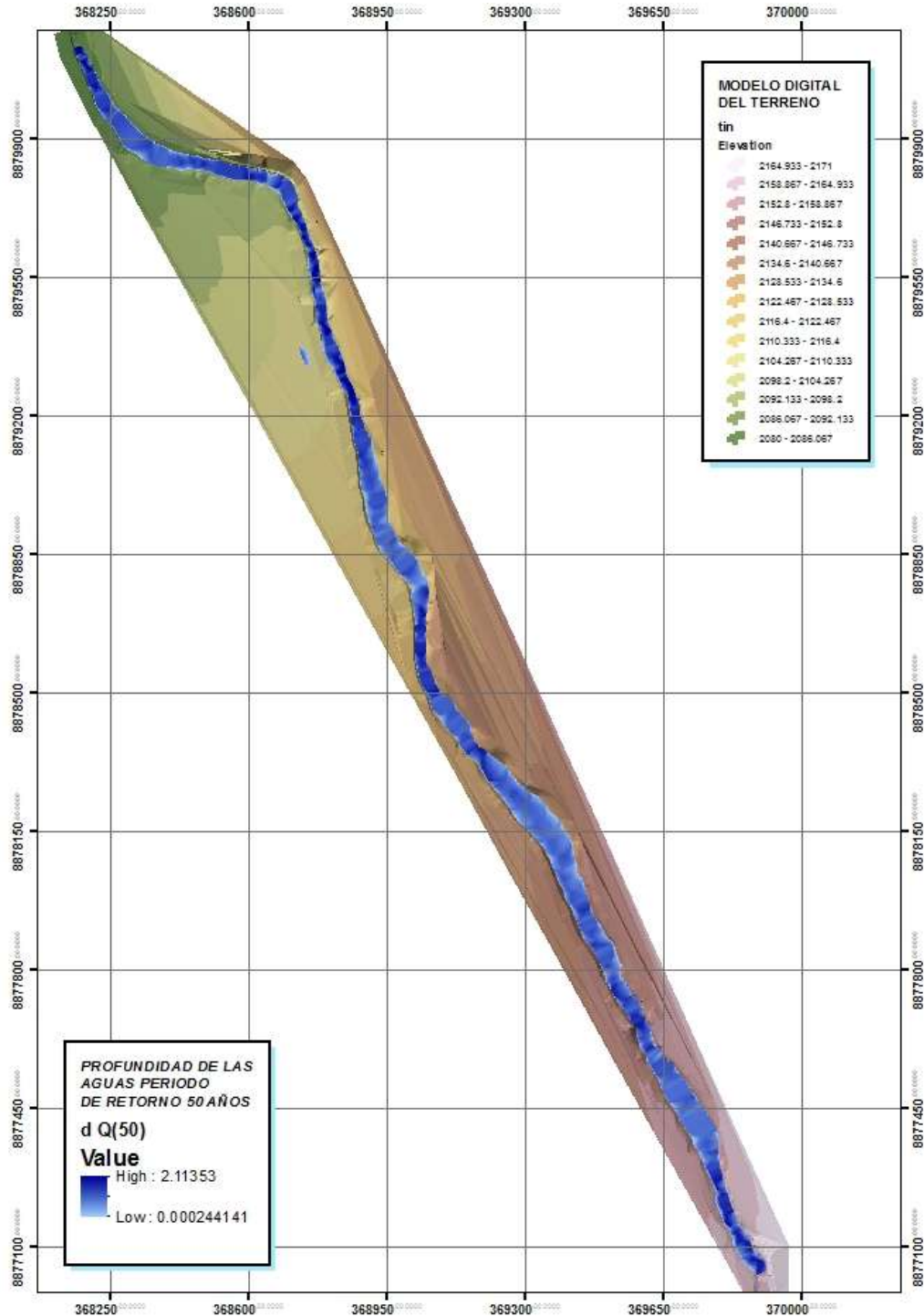
Figura 56. Áreas de Inundación del Río Huallaga Tramo Huaylla Ambo Periodo de Retorno 25 años.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



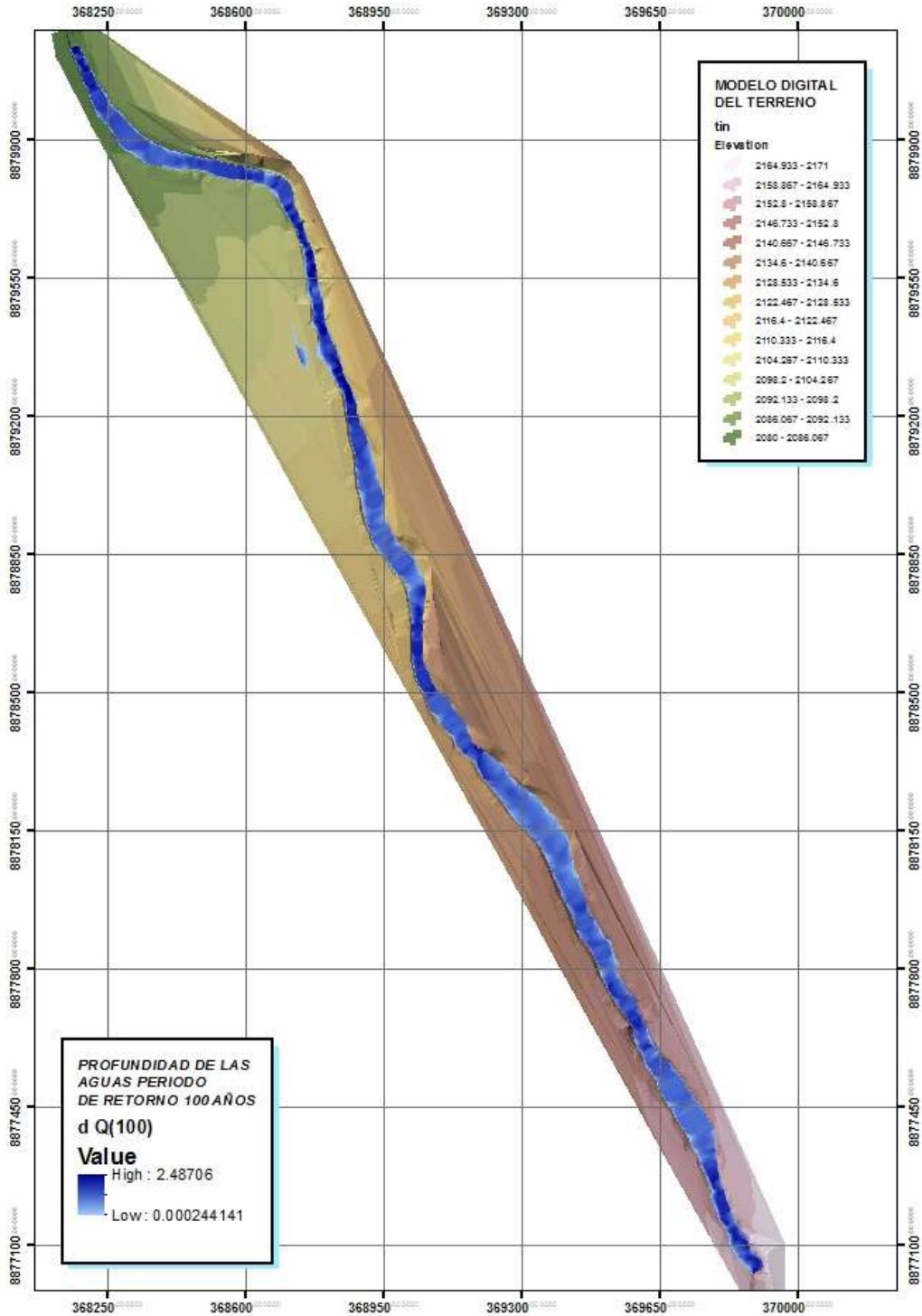
Figura 57. Áreas de Inundación del Río Huallaga Tramo Huaylla Ambo Periodo de Retorno 50 años.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



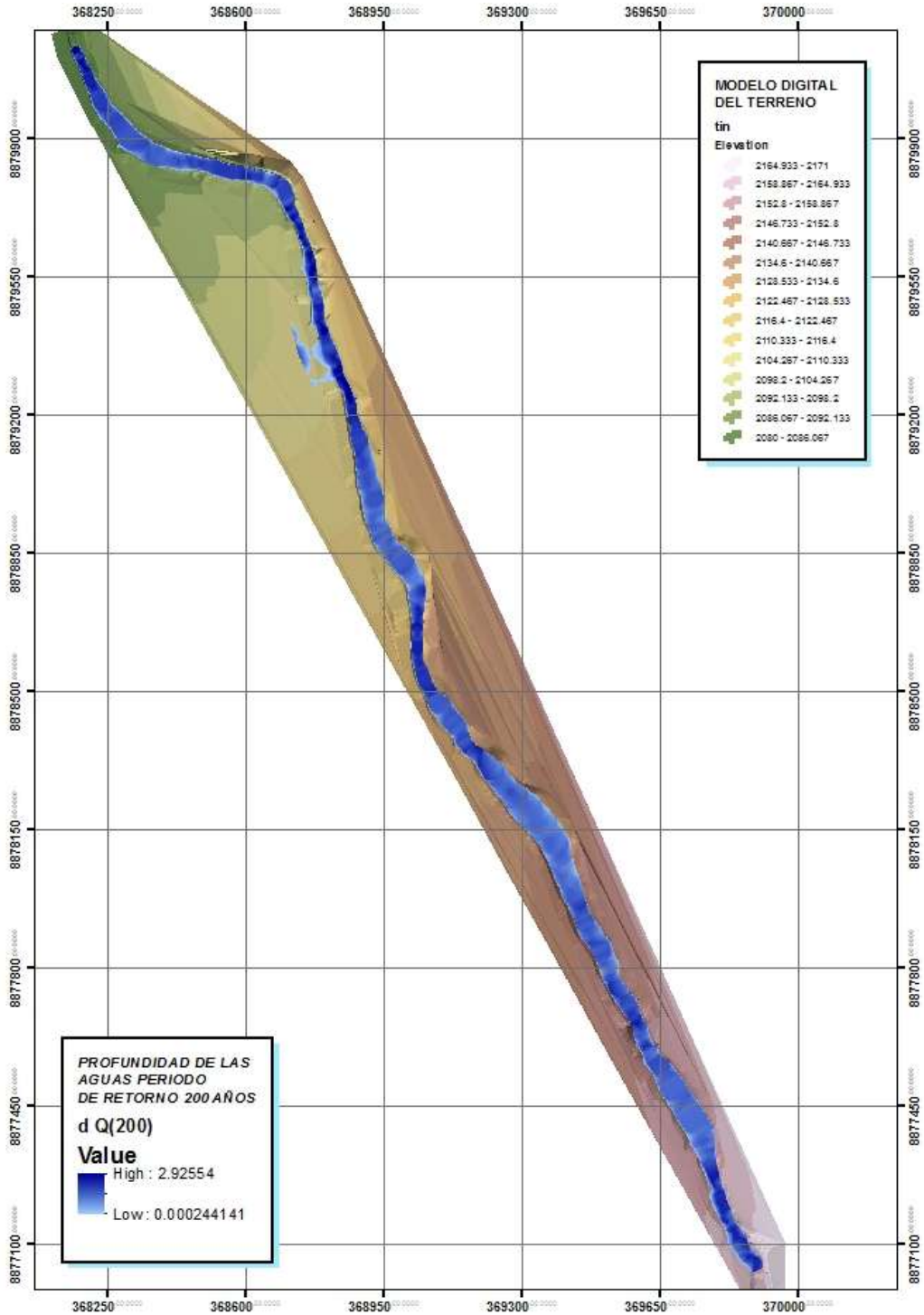
Figura 58. Áreas de Inundación del Río Huallaga Tramo Huaylla Ambo Periodo de Retorno 100 años.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



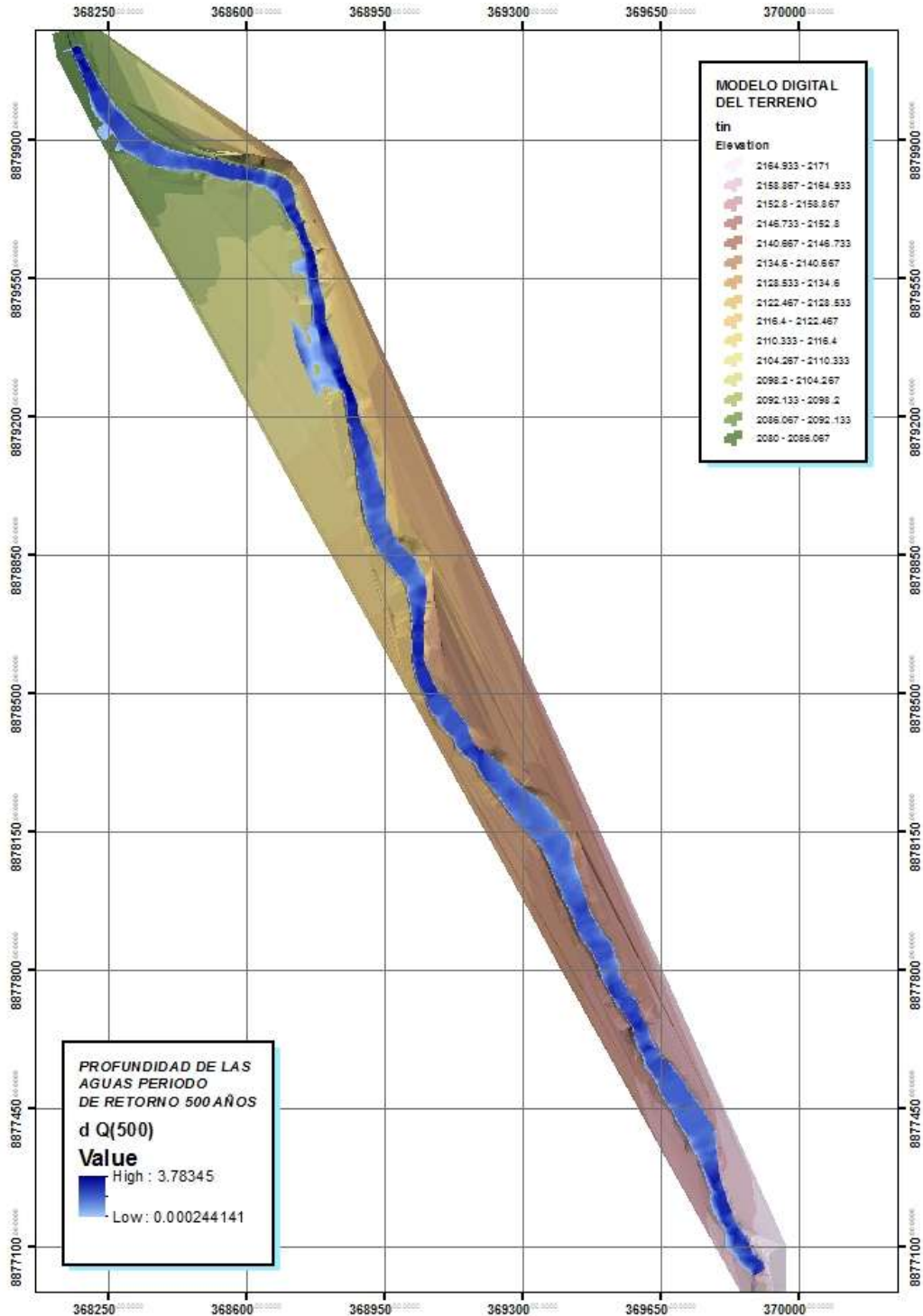
Figura 59. Áreas de Inundación del Río Huallaga Tramo Huaylla Ambo Periodo de Retorno 200 años.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



Figura 60. Áreas de Inundación del Río Huallaga Tramo Huaylla Ambo Periodo de Retorno 500 años.



Fuente: Elaboración propia – ArcGIS 10.3.



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



Con los resultados de las áreas de inundación podemos identificar claramente en los mapas las crecidas máximas del río para diferentes periodos de retorno, proporcionando al ingeniero un aporte valioso para el diseño, planeamiento o fines que crea conveniente.



Conclusiones

Se realizó satisfactoriamente la simulación hidrológica e hidráulica con Sistemas de Información Geográfica del tramo del río Huallaga comprendido entre las localidades de Huaylla y Ambo.

Con la correcta aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica se identifican las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo con una metodología sencilla y automatizada que ahorra tiempo y esfuerzos.

Con el análisis y tratamiento de datos de precipitación se identifican las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

Obteniendo los parámetros de la cuenca del río Huallaga con sistemas de información geográfica ahorramos tiempo y esfuerzos para identificar las áreas de inundación del río Huallaga. En el tramo Huaylla – Ambo.

Con los hietogramas de diseño de la cuenca se identifica las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

Con la correcta aplicación del HEC-HMS con sistemas de información geográfica se ahorra tiempo y esfuerzos para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

Con los hidrogramas y caudales de máximas avenidas de la cuenca se identifican las áreas de inundación del río Huallaga. En el tramo Huaylla – Ambo.



UNIVERSIDAD NACIONAL "HERMILIO VALDIZAN"

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**



Con la correcta aplicación del HEC-RAS con sistemas de información geográfica se ahorra de tiempo y esfuerzos para identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

Las características hidráulicas de las secciones del río identifican las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo.

La metodología propuesta en la tesis proporciona un aporte académico valioso para el ingeniero civil.



Recomendaciones

Se recomienda a la Municipalidad de Ambo y entidades del estado tomar en cuenta los resultados de esta tesis para el tema de riesgos de inundación y ordenamiento territorial mediante un plan regulador ya que facultaría a esta zona de una herramienta de análisis integral que establece un orden para el crecimiento de los diferentes proyectos que puedan aparecer en el tiempo.

Se recomienda que teniendo como base este estudio, se puede utilizar la metodología propuesta en esta tesis para hacer simulaciones hidrológicas e hidráulicas de otros ríos de nuestra región y país que no poseen registros históricos de para obtener las posibles áreas inundables.

Se recomienda a las entidades competentes aumentar el número de estaciones pluviométricas a lo largo de la cuenca e instalar estaciones de aforo para la medida de caudales máximos en el río Huallaga.

Se recomienda tener en cuenta que al hacer uso de herramientas SIG como el ArcGIS 10.3 y los programas HEC-HMS y HEC-RAS se debe contar con una computadora con características que puedan soportar dichos aplicativos.



Bibliografía

Bardales Salazar, H. (2009). Simulación Hidráulica de Desbordes del Río Huallaga en la zona de Huachog. *Hidraulica ICG*, 102-109.

Campaña Toro, R. (2003). *Modelación Hidráulica de Ríos, Canales, Puentes y Alcantarillas con HEC-RAS*. Lima: IMEFEN.

Linsley, R. K., Kohler, M. A., & Paulus, J. L. (1995). *HIDROLOGÍA PARA INGENIEROS*. Bogota: McGRAW-HILL.

Llorente Isidro, M., Díes Herrero, Á., & Laín Huerta, L. (2009). *APLICACIONES DE LOS SIG AL ANÁLISIS Y GESTIÓN DEL RIESGO DE INUNDACIONES*.

Madrid: Instituto Geológico y Mienro de España.

Monsalve Sáenz, G. (1999). *HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA*. México D.F.: ALFAOMEGA.

MTC. (2008.). *MANUAL DE HIDROLOGÍA HIDRÁULICA Y DRENAJE*.

Nania, L. S., & Molero, E. (2007). *Manual Basico de HEC-RAS y HEC-GeoRAS*.

Granada: ISBN.

Ramos Taipe, C. L. (2012). *MÉTODOS DE ANÁLISIS EN RECURSOS HÍDRICOS APLICACIONES DEL HEC HMS Y HEC RAS*. Lima: Q y P Impresores.

Reyna, J., Spalletti, P., & Brea, J. D. (2010). *RIESGO DE INUNDACIONES EN EL RÍO LUJÁN*. Buenos Aires: Laboratorio de Hidráulica - INA.

Te Chow, V., Maindment, D., & Mays, L. W. (1994). *HIDROLOGÍA APLICADA*.

Santafé de Bogota: McGRAW-HILL.



Torres Quintero, E., & Gonzáles Naranjo, E. (2010). *APLICACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN HIDRÁULICA HEC-RAS PARA LA EMISIÓN DE PRONÓSTICOS HIDROLÓGICOS DE INUNDACIONES EN TIEMPO REAL, EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO BOGOTÁ - SECTOR ALICACHIN*. Bogota.

Triviño Pérez, A., & Ortiz Rojas, S. (2004). *Metodología para la Modelación Distribuida de la Escorrentía Superficial y la Delimitación de Zonas Inundables en Ramblas y Ríos -Rambla Mediterraneos*. Alicante: Compobell-Murcia.

Villón Bejar, M. (2010). *Hec - Hms Ejemplos*. Lima: Ediciones Villón.

Villón Bejar, M. G. (2009). *HEC-RAS Ejemplos*. Lima: Ediciones Villón.

SENAMHI (2004). *Guía Básica de Meteorología General*. Perú, Lima.

USACE (United State Army Corps of Engineers, US). 2014. Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Versión 4.1. User's Manual.

USACE (United State Army Corps of Engineers, US). 2015. Hydrologic Modeling System HEC-HMS, Versión 4.1. Hydraulic Reference Manual.



Anexos