

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

“Parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre Puerto Malatoa del río Monzón–Huánuco 2023”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Arbe Castillo, Tito Carling

ASESORA: Morales Beteta, Sheyla Mayumi

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

D

H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:****Área:** Ingeniería, Tecnología**Sub área:** Ingeniería civil**Disciplina:** Ingeniería civil**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniero Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 47395941

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 72424772

Grado/Título: Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0001-8683-7087

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
2	Aguilar Alcantara, Leonel Marlo	Maestro en ingeniería civil con mención en dirección de empresas de la construcción	43415813	0000-0002-0877-5922
3	Taboada Trujillo, William Paolo	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	40847625	0000-0002-4594-1491



UNIVERSIDAD DE HUANUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO

(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:30 horas del día **jueves 09 de mayo de 2024**, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los **Jurados Calificadores** integrado por los docentes:

- | | |
|--------------------------------------|--------------|
| ❖ DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS | - PRESIDENTE |
| ❖ MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA | - SECRETARIO |
| ❖ MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO | - VOCAL |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 1009-2024-D-FI-UDH, para evaluar la Tesis intitulada: **"PARÁMETROS TÉCNICOS DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO ÓPTIMO DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE PUERTO MALATOA DEL RÍO MONZÓN-HUÁNUCO 2023"**, presentado por el (la) Bachiller. **Bach. Tito Carling ARBE CASTILLO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) Aprobado por Unanimidad con el calificativo cuantitativo de 11 y cualitativo de Suficiente (Art. 47).

Siendo las 17:00 horas del día 09 del mes de mayo del año 2024, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
DNI: 40895876
ORCID: 0000-0001-7920-1304
Presidente

MG. LEONEL MARLO AGUILAR ALCANTARA
DNI: 43415813
ORCID: 0000-0002-0877-5922
Secretario

MG. WILLIAM PAOLO TABOADA TRUJILLO
DNI: 40847625
ORCID: 0000-0002-4594-1491
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: TITO CARLING ARBE CASTILLO, de la investigación titulada "Parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre Puerto Malatoa del Río Monzón–Huánuco 2023", con asesora SHEYLA MAYUMI MORALES BETETA, designada mediante documento: RESOLUCIÓN N° 234-2023-R-UDH, del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 22 de julio de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

01 Informe Final_Arbe Castillo, Tito Carling.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21%	20%	4%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

A aquel que ha sido el arquitecto del universo y me ha concedido la existencia y la fortaleza para persistir en las circunstancias más desafiantes, dedico con toda la humildad que mi corazón puede expresar, mi obra a la divinidad. Además, deseo dedicar este proyecto a mis progenitores, quienes me han otorgado vida, respaldo, educación y sabios consejos, elementos fundamentales para superar los retos más exigentes de mi trayectoria.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco sinceramente a mi círculo familiar y amigos por su respaldo y colaboración inquebrantable. Expreso mi reconocimiento a la Universidad de Huánuco por brindarme la oportunidad de realizar mis estudios y alcanzar el estatus de profesional. Manifiesto mi gratitud hacia plana docencia de la Facultad de Ingeniería Civil por la valiosa guía y las experiencias enriquecedoras que me proporcionaron durante mi recorrido académico. También, extendiendo mi agradecimiento a todas aquellas personas que, de diversas maneras, contribuyeron al desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	16
1.3. OBJETIVOS.....	17
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	17
1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	18
1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	18
1.4.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA	19
1.4.5. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	22
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	24
2.2. BASES TEÓRICA	26

2.2.1. LA HIDROLOGÍA Y SU IMPORTANCIA	26
2.2.2. HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA CIVIL	26
2.2.3. EL CICLO HIDROLÓGICO.....	27
2.2.4. ENFOQUE DE LOS PROBLEMAS HIDROLÓGICOS.....	27
2.2.5. ENTIDADES REGISTRADORES DE DATOS EN EL PERÚ	28
2.2.6. CUENCA HIDROGRÁFICA.....	28
2.2.7. PRECIPITACIÓN.....	36
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	46
2.4. HIPÓTESIS.....	48
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	48
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	48
2.5. VARIABLES	48
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	48
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	48
2.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	49
CAPÍTULO III	50
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	50
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	50
3.1.1. ENFOQUE.....	50
3.1.2. ALCANCE O NIVEL	50
3.1.3. DISEÑO.....	50
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....	50
3.2.1. LA POBLACIÓN	50
3.2.2. LA MUESTRA	50
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	51
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	51
CAPÍTULO IV.....	52
RESULTADOS.....	52
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS.....	52
4.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA	52
4.1.2. DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA	56
4.1.3. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA.....	57
4.1.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN	70

4.1.5. DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO	105
4.1.6. EVALUACIÓN HIDRÁULICA.....	117
4.1.7. CÁLCULOS HIDRÁULICOS EN PUENTES VEHICULARES.....	125
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS....	135
CAPÍTULO V.....	138
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	138
CONCLUSIONES	140
RECOMENDACIONES.....	141
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	142
ANEXOS.....	145

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Dimensiones e indicadores de variables	49
Tabla 2 Ubicación del punto de interés (Sistema UTM)	52
Tabla 3 Ubicación punto de interés (geográficas)	52
Tabla 4 Parámetros de forma de la cuenca del río Monzón	58
Tabla 5 Datos y resultados para la curva hipsométrica	60
Tabla 6 Datos y resultados para altitud media	62
Tabla 7 Datos generados para pendiente media	63
Tabla 8 Categorización del respecto a la pendiente	64
Tabla 9 Longitud total generada de la red hídrica	65
Tabla 10 Cuadro de resumen de resultados	69
Tabla 11 Promedio Anual de Precipitaciones registrados	71
Tabla 12 Estimación de datos faltantes (promedio aritmético)	72
Tabla 13 Estimación de datos para enero de 1990	73
Tabla 14 Estimación de datos para febrero de 1990	73
Tabla 15 Estimación de datos para marzo de 1990	74
Tabla 16 Estimación de datos para abril de 1990	74
Tabla 17 Cuadro de precipitaciones anuales totales y acumulados	75
Tabla 18 Datos calculados de consistencia de las estaciones	76
Tabla 19 Datos para interpolación	79
Tabla 20 Resultado de corrección de la estación Tingo María	79
Tabla 21 Registros de precipitaciones Máx. 24 h anuales	83
Tabla 22 Cálculo probabilístico (estación Tingo María)	84
Tabla 23 Parámetros estadísticos (Estación Tingo María)	86
Tabla 24 Parámetros estadísticos (Estación Huánuco)	86
Tabla 25 Parámetros estadísticos (Estación Milpo)	86
Tabla 26 Parámetros estadísticos (Estación Huánuco)	87
Tabla 27 Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Tingo María	87
Tabla 28 Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Huánuco	88
Tabla 29 Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Milpo	88
Tabla 30 Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Tulumayo	88
Tabla 31 Coeficiente de asimetría de las estaciones	89
Tabla 32 Parámetros para calcular Pmax 24 h – Estación Huánuco	90

Tabla 33 Parámetros para calcular Pmax 24 h – Estación Huánuco	90
Tabla 34 Parámetros para calcular Pmax 24 h – Estación Milpo	90
Tabla 35 Parámetros para calcular Pmax 24 h -Estación Tulumayo	91
Tabla 36 Análisis probabilístico Gumbel de la estación Tingo María	92
Tabla 37 Parámetros estadístico (Estación Tingo María)	93
Tabla 38 Parámetros estadísticos (Estación Huánuco)	93
Tabla 39 Parámetros estadísticos (Estación Milpo)	94
Tabla 40 Parámetros estadísticos (Estación Tulumayo)	94
Tabla 41 Pmax 24 h mediante Gumbel para la estación Tingo María	94
Tabla 42 Pmax 24 h mediante Gumbel para la estación Huánuco	95
Tabla 43 Pmax 24 h mediante Gumbel para la estación Milpo	95
Tabla 44 Pmax 24 h mediante Gumbel para la estación Tulumayo	96
Tabla 45 Resumen de Pmax 24m (mm) -Tingo María	96
Tabla 46 Resumen probabilístico de Pmax 24m (mm)-Huánuco	97
Tabla 47 Resumen probabilístico de Pmax 24m (mm)-Milpo	98
Tabla 48 Resumen probabilístico de Pmax 24m (mm)-Tulumayo	99
Tabla 49 Resultados de las Max 24 h	101
Tabla 50 Precipitación máxima con Tr = 500 años	102
Tabla 51 Resultados de hpi. máx. 24 h - Método Aritmético	102
Tabla 52 Resultado de Áreas de influencia Tr = 500 años	102
Tabla 53 hpi. máx. 24 h - Método polígono de Thiessen	103
Tabla 54 Resultado del cálculo de superposición de áreas	104
Tabla 55 Resultados de hpi. máx. 24 h - Método polígono de isoyetas	104
Tabla 56 NC para usos selectos de tierra agrícola	106
Tabla 57 Condición hidrológica de la vegetación	107
Tabla 58 Grupo hidrológico de suelo	107
Tabla 59 Valor NC calculado para la Cuenca	108
Tabla 60 Resultado de escorrentía directa para diferentes períodos	108
Tabla 61 Gasto unitario q (m ³ /s/mm/Km ²) en función de Tc (hr)	109
Tabla 62 Resultados de Qmax - método SCS.	110
Tabla 63 Períodos faltantes	111
Tabla 64 Resultados de coeficiente de escorrentía	113
Tabla 65 Resultado de Descargas Máximas-MRM	113
Tabla 66 Resultados del Qmax - HUT	115

Tabla 67 Factor de escorrentía-MMM	115
Tabla 68 Resultados de selección de factor de escorrentía	116
Tabla 69 Resultados de Qmax - MMM	116
Tabla 70 Resumen de Resultados de Qmax	117
Tabla 71 Resumen Total del Gasto Unitario Qmax.	117
Tabla 72 Tabla de COWAN para determinar coeficiente n	120
Tabla 73 Coeficiente n en el margen del Río	120
Tabla 74 Coeficiente n en el cauce del Río	121
Tabla 75 Resultados del análisis hidráulico para un Tr = 100 años	124
Tabla 76 Condiciones de fondo de río.	125
Tabla 77 Coeficiente de rugosidad (Ks).	126
Tabla 78 Valores de rugosidad	127
Tabla 79 Valores de X respecto al diámetro del sedimento	131
Tabla 80 Coeficiente de contracción (10 m - 30 m)	132
Tabla 81 Coeficiente de contracción (42 m - 200 m)	132
Tabla 82 Valores de coeficiente β	133
Tabla 83 Tr=50,100,200,500 años (Q, S, B, t y A)	134
Tabla 84 Tr=50,100,200,500 años (P, R, V, tm y F)	135
Tabla 85 Profundidad de socavación para Tr=50, 100, 200; 500 años	135
Tabla 86 Matriz de consistencia	146

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Atributos de las curvas de elevación en erosión	31
Figura 2 Diagrama de frecuencias altimétricas	32
Figura 3 Representación del sistema de ordenación de ríos	35
Figura 4 Análisis de consistencia de doble masa	40
Figura 5 Representación del sistema de ordenación de ríos	41
Figura 6 Método del polígono de Thiessen	42
Figura 7 Método de las isoyetas	43
Figura 8 Mapa de ubicación del punto de interés	53
Figura 9 Mapa de localización hidrográfica del punto de interés	55
Figura 10 Carta nacional del Perú	56
Figura 11 Atributos Físicos de la Cuenca del Monzón	58
Figura 12 Curva hipsométrica de la cuenca del río Monzón	59
Figura 13 Histograma de altitudes	63
Figura 14 Clasificación de terrenos de la cuenca por elevaciones	66
Figura 15 Clasificación de la cuenca según pendiente	67
Figura 16 Clasificación de cuenca según Orden de Río	68
Figura 17 Estaciones pluviométricas para el estudio	70
Figura 18 Curva de doble masa para la estación Tingo María	78
Figura 19 Recta para estimar pendientes	78
Figura 20 Análisis de consistencia corregida (Estación Huánuco)	80
Figura 21 Análisis de consistencia corregida (Estación Milpo)	80
Figura 22 Análisis de consistencia corregida (Estación Tingo María)	81
Figura 23 Análisis de consistencia corregida (Estación Tulumayo)	81
Figura 24 Ajuste gráfico - Tingo María	97
Figura 25 Ajuste gráfico - Huánuco	98
Figura 26 Ajuste Grafico - Milpo	99
Figura 27 Ajuste gráfico - Tulumayo	100
Figura 28 Polígono de Thiessen – Cuenca río Monzón	103
Figura 29 Isoyetas - Cuenca del río Monzón	105
Figura 30 Secciones para la generación de cortes	121
Figura 31 Secciones en 3D para la generación de cortes	122
Figura 32 Resultado del análisis en HEC-RAS V.5.0.3	122

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo principal determinar los parámetros técnicos necesarios para el análisis hidrológico e hidráulico con miras al diseño eficiente de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón. El enfoque metodológico adoptado fue cuantitativo y de nivel correlacional, configurándose como una investigación no experimental.

Para estimar los caudales máximos mediante procedimientos adaptados a diferentes períodos de retorno en una sección de interés para el estudio definitivo y posible construcción de un puente vehicular, se realizaron cálculos de los parámetros de la cuenca en base a un análisis de registros hidrometeorológicos provenientes de las estaciones de Tingo María, Huánuco, Tulumayo y Milpo, ubicadas cerca al punto de interés. Se tomaron en cuenta datos de precipitación total mensual (mm) y precipitación máxima en 24 horas (mm) correspondientes al período 1990-2013. Se aplicaron técnicas probabilísticas como el método de log. normal II, el método de Gumbel Tipo I y el Método de Log Pearson III.

Aplicando los métodos correspondientes, se logró determinar el caudal de diseño, $Q=1193.80 \text{ m}^3/\text{s}$, para un período de retorno de 100 años. Con este resultado, se realizó el cálculo hidráulico del puente, estableciendo un ancho de cauce principal de 174 m y un tirante de seguridad de 1.22 m. Además, se obtuvieron la profundidad de socavación para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años.

Este estudio permitió brindar aportes técnicos al análisis hidrológico e hidráulico del río Monzón. Se reconoce la necesidad de contar con estudios fundamentales de ingeniería para la precisa planificación del puente mencionado. Además, se participó activamente en la determinación de valores esenciales que permitieron la optimización detallada del dimensionamiento hidráulico de la mencionada estructura, asegurando así un enfoque integral y fundamentado en el diseño.

Palabras clave: Análisis hidrológico, hidráulico, diseño óptimo, puente vehicular, puerto Malatoa, río Monzón.

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the technical parameters necessary for the hydrological and hydraulic analysis with a view to the efficient design of a vehicular bridge over the Malatoa port of the Monzón River. The methodological approach adopted was quantitative and correlational level, configured as a non-experimental research.

To estimate the maximum flow rates by means of procedures adapted to different return periods in a section of interest for the definitive study and possible construction of a vehicular bridge, basin parameters were calculated based on an analysis of hydrometeorological records from the Tingo María, Huánuco, Tulumayo and Milpo stations, located near the point of interest. Data on monthly total precipitation (mm) and maximum precipitation in 24 hours (mm) for the period 1990-2013 were taken into account. Probabilistic techniques such as the log normal II method, the Gumbel Type I method and the Pearson III Log Method were applied.

Applying the corresponding methods, it was possible to determine the design flow rate, $Q=1193.80 \text{ m}^3/\text{s}$, for a return period of 100 years. With this result, the hydraulic calculation of the bridge was carried out, establishing a main channel width of 174 m and a safety tie rod of 1.22 m. In addition, the undermining depth was obtained for return periods of 50, 100, 200 and 500 years.

This study allowed to provide technical contributions to the hydrological and hydraulic analysis of the Monzón River. The need for fundamental engineering studies is recognized for the precise planning of the aforementioned bridge. In addition, he actively participated in the determination of essential values that allowed the detailed optimization of the hydraulic dimensioning of the aforementioned structure, thus ensuring an integral and design-based approach.

Keywords: Hydrological analysis, hydraulic, optimal design, vehicular bridge, Puerto Malatoa, Monzón river.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis, titulada "Parámetros Técnicos del Análisis Hidrológico e Hidráulico para el Diseño Óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón–Huánuco 2023", La tesis se centra en el diseño eficiente de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón en Cachicoto. Se destaca la importancia crucial de esta infraestructura para la conectividad regional, subrayando la necesidad de un análisis hidrológico e hidráulico detallado.

El enfoque principal de la investigación es identificar los parámetros técnicos necesarios para el diseño óptimo del puente vehicular. La meta es contribuir a la determinación de valores esenciales que permitan la optimización detallada del dimensionamiento hidráulico, asegurando así un enfoque integral y fundamentado en el diseño.

Se resalta la necesidad de abordar técnicamente las amenazas hidrológicas asociadas a la ubicación del puente. La implementación de soluciones técnicas no solo mitiga riesgos, sino que también impacta positivamente en la sociedad al facilitar el acceso a servicios básicos y mejorar la calidad de vida, promoviendo así el desarrollo económico.

El objetivo central de la investigación es determinar con precisión los parámetros técnicos para un análisis hidrológico e hidráulico integral. Se destaca la importancia de tener en cuenta las características geográficas y climáticas específicas de Cachicoto, con el objetivo de establecer un fundamento sólido para comprender las complejidades inherentes al diseño del puente sobre el puerto Malatoa. Este enfoque, que se basa en métodos cuantitativos y correlacionales, tiene como propósito aportar al desarrollo de infraestructuras robustas y eficientes que garantizan la seguridad y sostenibilidad a largo plazo. Finalmente, La presente tesis se estructura en cinco capítulos que a continuación se detalla.

Capítulo I (problemas de la investigación) En este capítulo se abordan la descripción y formulación del problema, los objetivos generales y específicos, la justificación de la investigación, así como las limitaciones y la viabilidad del estudio.

Capítulo II (marco teórico) Este capítulo se dedica a exponer los antecedentes de la investigación, las bases teóricas, definiciones conceptuales, hipótesis, variables y la operacionalización de dichas variables.

Capítulo III (Metodología de la investigación); En este capítulo se detallan el tipo de investigación, la población y muestra seleccionadas, así como las técnicas e instrumentos utilizados para la recolección de datos. Además, se describen las técnicas empleadas para el procesamiento y análisis de la información.

Capítulo IV (resultados); Se presenta de manera minuciosa el procesamiento de los datos recopilados tanto en campo como en gabinete. Asimismo, se lleva a cabo la contrastación de hipótesis y la prueba correspondiente.

Capítulo V; En este último capítulo, se analizan y discuten los resultados obtenidos, se formulan conclusiones relevantes, se ofrecen recomendaciones para futuras investigaciones, y se incluye la bibliografía utilizada, junto con los anexos pertinentes.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A nivel nacional en Perú, las intensas inundaciones causadas por los eventos periódicos del Fenómeno del Niño han tenido un impacto considerable en las subestructuras de varios tipos de puentes. Estos daños han llevado al colapso total de dichas subestructuras, ocasionando daños financieros sustanciales para el estado. Además del presupuesto relacionado con la reparación de estas subestructuras, las inundaciones han interrumpido el transporte por carretera y han generado problemas sociales adicionales (Monja, 2018).

En las regiones de Ceja de Selva en Perú, específicamente en la región Selva de Huánuco, se han experimentado cambios climáticos notables en las últimas décadas. Estos cambios han tenido un efecto significativo en el comportamiento hidrológico de las cuencas y subcuencas de los ríos que forman parte de la cuenca del Amazonas. Estas modificaciones influyen directamente en la dinámica hidráulica de los cursos de agua, independientemente de su ubicación o clasificación en el sistema hidrográfico mencionado (Monja, 2018).

Dentro de la cuenca del Amazonas, el río Huallaga es uno de los afluentes más prominentes y recibe el aporte del río Monzón. El río Monzón se distingue por su largo trayecto y por la extensa área de drenaje en su cuenca, lo que le otorga una capacidad de descarga considerable. Es importante destacar que esta capacidad de descarga Pasa por cambios notables a lo largo del año.

Durante las últimas décadas, se han notado modificaciones drásticas en los niveles extremos de las descargas fluviales, especialmente en lo que respecta a las descargas máximas o avenidas significativas. Estas variaciones extremas han tenido un impacto significativo en la morfología de los lechos de los ríos y han llevado a la ocurrencia de crecidas graves, principalmente en las zonas de menor altitud de las cuencas. Estas inundaciones han afectado

áreas habitadas, tierras de cultivo y vastas extensiones de terreno sin uso, causando daños considerables en las estructuras subyacentes y superiores de varios tipos de puentes ubicados en la región de Huánuco (Monja, 2018).

En lo que respecta a la región baja de la cuenca del río Monzón, gran parte del terreno a lo largo de ambas orillas del río está destinado a la producción de diversos cultivos, como plátanos, café y cacao, entre otros. Esto significa que, con el fin de llevar la producción agrícola a los mercados de las ciudades cercanas, se ha desarrollado una red de caminos vecinales internos. Esta red tiene como objetivo facilitar el acceso tanto de vehículos como de maquinaria agrícola, lo que resulta fundamental para respaldar las actividades agrícolas, en particular durante las etapas de producción, y Asegurar el traslado de los productos a los mercados para su consumo.

La expansión de la red de carreteras internas en la zona del sistema del río Monzón y sus alrededores se ve restringida en la parte norte debido a la falta de un puente vehicular que permita el transporte de la mencionada producción agropecuaria desde la margen izquierda hasta la margen derecha del río Monzón, y conectarse con la carretera PE 14A. En consecuencia, es importante el diseño y la construcción de un puente apto para el tráfico vehicular que facilite el acceso por carretera, y este estudio tiene como objetivo abordar esta problemática.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son los parámetros técnicos del Análisis Hidrológico e Hidráulico para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

¿Cómo se establece los parámetros geomorfológicos según las cartas nacionales referenciadas para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023?

¿Cuáles son los caudales máximos de diseño con períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años para el diseño óptimo de un Puente

Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023?

¿Cuál es profundidad de socavación, para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los parámetros técnicos del Análisis Hidrológico e Hidráulico para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Establecer los parámetros geomorfológicos mediante el uso de las cartas nacionales referenciadas para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón–Huánuco 2023.

Determinar los caudales máximos de diseño con período de retorno de 50, 100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos, para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023.

Determinar la profundidad de socavación, para período de retorno de 50, 100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos, para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón – Huánuco 2023.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN TÉCNICA

Se basa en la necesidad de identificar los riesgos hidrológicos específicos asociados a la ubicación de un puente sobre el río Monzón. Esta área está expuesta a eventos climáticos extremos, como inundaciones y crecidas, que pueden tener consecuencias catastróficas si no se consideran adecuadamente en el diseño de la infraestructura. La optimización de los recursos públicos es otro factor clave ya que un

diseño deficiente generará problemas de mantenimiento y reparación en el futuro implicando mayores costos. Por último, la investigación contribuirá al avance del conocimiento en ingeniería civil al proporcionar directrices claras y actualizadas para el diseño eficiente y seguro de puentes en las condiciones hidrológicas del río Monzón.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

La relevancia de la investigación radica en su potencial para transformar la vida de la comunidad de Cachicoto - Monzón y las regiones circundantes de Huánuco. El acceso adecuado a servicios básicos, como los servicios de salud, la educación y el empleo, depende en gran medida de la conectividad vial. Un puente vehicular diseñado óptimamente sobre el río Monzón eliminará las barreras geográficas y como resultado, se elevará la calidad de vida de los habitantes. Además, la investigación contribuirá a la seguridad y resiliencia de la comunidad frente a los desastres naturales que caracterizan la región. Las inundaciones y crecidas repentinas son eventos recurrentes, y un puente seguro es esencial para resguardar la vida y los bienes de los residentes.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Se basa en la capacidad de esta investigación para generar beneficios económicos tanto a corto como a largo plazo. La infraestructura vial es un motor clave para el desarrollo económico local y regional. Un puente vehicular bien diseñado en esta ubicación mejorará la conectividad, facilitando el transporte de bienes y servicios, lo que impulsará la economía a nivel local y originará oportunidades laborales tanto directas como indirectas. Esto se traduce en un aumento de la actividad económica, La producción de ingresos fiscales y el aumento de la calidad de vida de los habitantes. Desde una perspectiva a largo plazo, la inversión en un diseño óptimo del puente resultará en ahorros significativos para las arcas públicas. La consideración cuidadosa de los parámetros técnicos en el análisis hidrológico e hidráulico reduce la probabilidad de daños costosos causados por inundaciones o crecidas. Finalmente, la investigación se alinea con los principios de eficiencia y

responsabilidad fiscal al asegurar que los recursos públicos se empleen de manera eficaz y se traduzcan en un impacto económico positivo a largo plazo.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

Se fundamenta en la necesidad de aplicar un enfoque cuantitativo y observacional dado que el estudio involucra factores hidrológicos y geotécnicos que se desarrollan en un contexto natural y no pueden ser manipulados intencionalmente, se elige llevar a cabo un enfoque de diseño no experimental. La recopilación de información en campo es crucial para obtener información precisa y contextualizada. Además, se considera fundamental realizar un análisis a lo largo del tiempo para comprender la variabilidad de los parámetros técnicos, especialmente en un entorno sujeto a cambios climáticos y eventos hidrológicos extremos. La aplicación del modelado hidráulico permitirá para simular escenarios y respaldar decisiones de diseño.

1.4.5. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Según Monja (2018), se abordará la carencia de un análisis hidrológico e hidráulico óptimo, cuya conclusión simplificará la planificación estructural y la elaboración de la documentación técnica esencial para la edificación del puente vehicular sobre el punto de interés, siendo el propósito principal de este proyecto. Esto permitirá al municipio iniciar los trámites necesarios a las instituciones gubernamentales en búsqueda de inversión y la pronta construcción de la subestructura como es el puente vehicular.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación enfrenta ciertas limitaciones que no afectarán negativamente la ejecución del proyecto de tesis. En primer lugar, la disponibilidad de datos hidrológicos históricos podría ser limitada, lo que podría requerir el uso de modelos hidrológicos y técnicas de estimación que permitan superar esta carencia y obtener resultados confiables para el diseño del puente. Además, la obtención de información hidrogeológica detallada

podría ser un desafío, pero se pueden emplear métodos geofísicos no invasivos y técnicas de muestreo selectivo para abordar esta limitación. Estas limitaciones pueden ser consideradas como oportunidades para desarrollar habilidades de investigación y adaptación, lo que enriquecerá la calidad de la investigación sin afectar su ejecución exitosa.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

La necesidad del estudio está respaldada principalmente a la importancia crítica de la infraestructura vial en la conectividad y el desarrollo regional. La construcción de un puente vehicular sobre el río Monzón en una ubicación estratégica como el Puerto Malatoa es esencial para mejorar el acceso a servicios básicos, Promover el intercambio comercial y el progreso económico y, en última instancia, elevar la calidad de vida de la comunidad local. Esta necesidad social y económica garantiza la viabilidad de la investigación, ya que responde a una demanda real y apremiante.

Asimismo, la investigación se basa en fundamentos técnicos sólidos, como el análisis hidrológico e hidráulico, que son fundamentales para asegurar la seguridad y la eficiencia de la infraestructura. La región Huánuco, y en particular la zona del río Monzón, están expuestos a eventos climáticos extremos, lo que hace que el estudio de parámetros técnicos específicos sea fundamental para mitigar riesgos y garantizar la durabilidad de la infraestructura. La aplicabilidad de enfoques técnicos bien establecidos respalda aún más la viabilidad de la investigación.

Finalmente, la investigación tiene el potencial de generar beneficios a largo plazo, como la reducción de costos relacionados con el mantenimiento y las reparaciones de la infraestructura. Al diseñar el puente de manera óptima desde el principio, se minimizarán los gastos a lo largo de su vida útil. Esto no solo garantiza una inversión eficiente de recursos públicos, sino que también contribuye a la sostenibilidad a largo plazo en la infraestructura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Bermúdez & Martínez (2016) desarrollaron su trabajo de grado denominado "Evaluación hidrológica e hidráulica de la quebrada La Chorrera para la verificación de los niveles máximos y mínimos en la captación del centro poblado la Magdalena, municipio de Quebrada Negra - Cundinamarca", cuyo objetivo es analizar los extremos de niveles en el curso de la quebrada La Chorrera, se ha llevado a cabo un estudio cuyo enfoque es identificar, de manera teórica, la ubicación y el tipo de punto de captación. Los resultados revelan que la característica de la cuenca oscila entre oval redonda y oval oblonga. Además, el índice de forma señala la vulnerabilidad de la cuenca ante inundaciones repentinas y la posibilidad de eventos de avenidas torrenciales. Se observó que los niveles más bajos registrados en el punto de posible captación fueron de 0.35 metros, mientras que los niveles más altos alcanzaron los 0.9 metros en el cauce del río. Esto conduce a la conclusión de que, al diseñar cualquier sistema de captación, es imperativo considerar la posibilidad de caudales superiores a los valores obtenidos mediante el análisis de un período de retorno de 100 años. Esta medida se toma como precaución ante fenómenos vinculados al cambio climático. Asimismo, se sugiere la implementación de una entrada lateral con un dique de derivación como la opción más adecuada para esta área, dada la elevada inclinación de la cuenca, con un pendiente promedio del 47.58%, y los caudales registrados.

Adriana & Bermúdez (2016) en su tesis experimental denominada "Determinación del caudal máximo para diseño del Puente en la Quebrada Tuaneca sobre la vía Siachoque – Toca" tuvo como objetivo realizar un estudio morfométrico y calcular el caudal máximo de creciente de la quebrada Tuaneca. Donde concluyó que su método estima valores

aceptables para el tipo de cuenca identificada, pero el método presentó deficiencias por no considerar en sus cálculos índices como los coeficientes de escorrentía, pero si consideró el tipo de suelo y su uso.

Pérez & Vanegas (2016) en su investigación de grado titulada “Estudio hidrológico e hidráulico en la zona baja de la cuenca del Río Frío en el municipio de Chía”, el objetivo principal de la presente investigación consistió en llevar a cabo un exhaustivo análisis hidrológico e hidráulico en la región baja de la cuenca del río Frío, localizada en el departamento de Cundinamarca. El foco de atención se orientó hacia los aspectos hidrológicos específicos de la subcuenca del mencionado río, con el objetivo de comprender a fondo las características particulares de esta zona. Los resultados obtenidos señalan que la cuenca del río presenta una configuración alargada y abarca una extensión de 193.24 km². La longitud del curso principal del río se extiende a lo largo de 69.80 km, mientras que la longitud total de sus afluentes alcanza los 473,851 km. En relación con el análisis de los caudales, se determinó que los caudales promedio se sitúan alrededor de los 4 m³/s, y los caudales máximos estimados para un período de retorno de 100 años ascienden a los 53 m³/s. Respecto al cálculo de las precipitaciones en la cuenca del río, se identificó una precipitación promedio de 764.29 mm/año, con mediciones alternas de 765.22 mm/año. La conclusión a la que se arriba es que todos los elementos estructurales operan de manera eficiente desde una perspectiva hidráulica, dado que su capacidad máxima supera la profundidad máxima del fluido que podría alcanzarse en un evento con un período de retorno de 100 años.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Talledo & Noriega (2019), realizaron su tesis denominada “Vulnerabilidad de la sección hidráulica del puente Bolsico para soportar caudales de crecidas extraordinarias del río Zarumilla – 2019”, tuvo como objetivo principal evaluar la vulnerabilidad de la parte hidráulica del puente Bolsico utilizando la información recopilada en el análisis hidrológico, con el fin de determinar los flujos máximos que la estructura

del puente podría resistir. Esta evaluación cobra especial relevancia debido al estrechamiento evidente en la sección hidráulica, lo cual podría ocasionar situaciones de emergencia tanto en las poblaciones de Perú como en Ecuador. Para llevar a cabo este análisis, se emplearon diversos procedimientos, entre ellos la determinación de los caudales máximos de diseño mediante el uso del programa Hidroesta 2. Este proceso se basó en el enfoque de distribuciones estadísticas para intervalos de retorno de 25, 50 y 100 años. Además, se aplicaron distribuciones predeterminadas por el programa y se seleccionaron dos modelos probabilísticos, específicamente los modelos Log-Normal y Gumbel, fundamentados en análisis previos y estudios anteriores. La conclusión derivada de este modelado hidráulico fue la capacidad de identificar las zonas críticas con una probabilidad más elevada de inundación. A través de este software, se logra llevar a cabo un análisis minucioso, identificar y planificar las acciones de mejora y mantenimiento a lo largo del curso del río Zarumilla. El objetivo fundamental de estas acciones es reducir las posibilidades de ocurrencia de daños en las regiones adyacentes al río. Es importante destacar la relevancia de esta estructura, ya que se encuentra en una frontera y una zona de alto tráfico comercial.

Terry (2019) desarrolló su tesis sobre el: "Modelamiento hidrológico e hidráulico del Rio Runichinchay para el diseño del puente Runichinchay, provincia de Huari, Áncash", donde propuso la simulación hidrológica e hidráulica del río mencionado. Optó por recopilar y utilizar los datos de precipitación máxima en un período de 24 horas provenientes de la estación pluviométrica Chavín. Terry llega a la conclusión de que, gracias a la completa gama de análisis y modelización realizados, se lograron obtener los resultados de los caudales máximos del río para el diseño hidráulico y el cálculo de la socavación local. En lo que respecta al diseño hidráulico del puente, se determinó un caudal de máxima avenida de $44.80 \text{ m}^3/\text{s}$, con una luz del puente de 15.00 m, una luz hidráulica de 13.80 m y una altura libre de 1.80 m. Para el cálculo de la socavación local, se obtuvo un caudal de

55.50 m³/s, con una socavación de 2.29 m de profundidad. Además, se destaca que este estudio está intrínsecamente vinculado con el objetivo principal de la investigación, que consiste en explorar el modelado hidrológico e hidráulico de un río. De manera complementaria, se señala la posibilidad de diseñar un puente con el propósito de mejoras viales y facilitar la comunicación con comunidades cercanas a la ubicación ribereña.

Castillo (2017) realizó su tesis profesional titulado “Evaluación hidrológica e hidráulica de los drenajes transversales en la carretera Cocahuayco - Amazonas”, Este estudio se llevó a cabo en respuesta a la preocupación sobre la evacuación inadecuada del agua de lluvia, que podría resultar en daños tanto en la carretera como en su estructura. El objetivo central de la investigación fue analizar el sistema de drenaje transversal de la carretera. Tras realizar diversos análisis, se llegó a la conclusión de que se identificaron taludes inestables a lo largo de toda la extensión de la carretera. Como resultado de esta evaluación, se determinó la necesidad de realizar cortes en los taludes con inclinaciones específicas de 10°, 6°, 7°, 4°, 7°, 4°, 6° y 3° con respecto a la horizontal. Se reconoce que esta evaluación de taludes es crucial para prevenir la acumulación de sedimentos en las obras de drenaje. Además, se llevó a cabo una comparación entre las estructuras existentes y las diseñadas, revelando de manera notable que el problema principal reside en la pendiente y el diámetro de todas las alcantarillas. Esto conduce a problemas de sedimentación y a la incapacidad de llevar a cabo una limpieza adecuada debido a su diámetro reducido.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

López (2014) desarrolló su tesis denominada: “Simulación hidráulica de inundación del río Higuera - Huánuco 2014”, objetivo general de esta investigación fue analizar el comportamiento hidráulico de las inundaciones en el río Higuera, con el objetivo de identificar las ubicaciones adecuadas para estructuras hidráulicas. Los procedimientos empleados condujeron a la conclusión de que el río Higuera

experimenta desbordamientos en áreas específicas, como las urbanizaciones León de Huánuco y Viña del Río, con un caudal que excede los 77.08 m³/s. En este contexto, se observó un tirante crítico de 2.70 m, correspondiente a un período de retorno de 25 años. Asimismo, a través del modelado hidráulico del río, se evidenció la vulnerabilidad del puente León de Huánuco, ya que fue impactado por un caudal que supera los 92.17 m³/s, asociado a un período de retorno de 50 años. Concluyó que el río Higueras experimenta cambios en las características de sus secciones hidráulicas y perturbaciones a lo largo de su curso debido a su elevado potencial erosivo.

Elbio (2016) realizó su tesis para maestría denominada “Socavación producida por el río Huallaga al Colpa Alta”, utilizando los métodos hidrológicos; se llevó a cabo una investigación con el propósito de recopilar información sobre los resultados obtenidos al calcular la socavación en diversas direcciones, incluyendo la transversal, general y específica de las estructuras del puente. En estos cálculos, se emplearon los Métodos de Artamonov, Straub y Maza, utilizando los parámetros hidráulicos proporcionados por el programa HEC-RAS. Para realizar esta investigación, se examinaron diversas fuentes bibliográficas y estudios relacionados con los lugares donde ocurrieron diferentes derrumbes de puentes causados por la socavación. Este enfoque permitió entender por qué los métodos de Artamonov, Straub y Maza resultan más prácticos en el cálculo de la socavación, utilizando los parámetros hidráulicos obtenidos en el programa HEC-RAS. Este análisis se llevó a cabo específicamente para el tramo del río Huallaga al Puente Colpa Alta en la Provincia de Huánuco. La investigación se vincula con el objetivo general de analizar bibliografías y estudios previos sobre áreas donde ocurrieron diversos colapsos de puentes debido al caudal del río o quebrada, ya que la socavación provoca el deterioro de las bases, haciendo que el puente no pueda soportar el evento.

2.2. BASES TEÓRICA

2.2.1. LA HIDROLOGÍA Y SU IMPORTANCIA

La hidrología se ha examinado en los últimos tiempos en Perú, debido a que este país está constituido por más de cien (100) ríos que presentan importantes caudales, entre ellos el río Monzón. La hidrología se describe como la disciplina científica que se dedica al análisis del agua, abarcando la investigación de su presencia, movimiento y distribución en la superficie terrestre. Asimismo, este ámbito de investigación implica examinar las propiedades químicas y físicas de los ríos, arroyos y manantiales, los cuales mantienen una conexión intrínseca con el entorno natural, que incluye la vida biológica (Villón, 2002).

De forma análoga, la hidrología en Perú adquiere una importancia considerable, representando el 4% del total de recursos hídricos a nivel mundial. Esta disciplina geográfica se dedica a un análisis exhaustivo del recurso hídrico en la troposfera, considerando aspectos de espacio, tiempo y variabilidad aleatoria. Este recurso abarca elementos cruciales como la generación de precipitación, evaporación, escorrentía, agua subterránea y evapotranspiración. Todas las componentes son esenciales para brindar fundamentos técnicos y científicos sobre el ciclo del agua a los ingenieros. Este conocimiento es fundamental para llevar a cabo investigaciones, realizar el diseño e implementación de diversas obras hidráulicas, que incluyen puentes, embalses, proyectos de aprovechamiento energético, defensas ribereñas, drenaje en carreteras, abastecimiento de agua, irrigación, entre otras (Cahuana & Yugar, 2009).

2.2.2. HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA CIVIL

La Hidrología se emplea de manera habitual en la planificación de proyectos de construcción civil. El ingeniero civil encargado de diseñar, edificar o supervisar la operación de infraestructuras hidráulicas, sistemas sanitarios y otras obras civiles se enfrenta a una amplia gama de desafíos prácticos. Estos problemas pueden tener diversa naturaleza,

pero en la mayoría de las situaciones, se requerirá un conocimiento sólido de la hidrología para encontrar soluciones efectivas (Cahuana & Yugar, 2009).

2.2.3. EL CICLO HIDROLÓGICO

El ciclo hidrológico representa un proceso global en el que el agua se desplaza continuamente en el espacio interfacial entre la superficie terrestre y la atmósfera, principalmente modulado por la radiación solar y la acción de la gravedad. Este ciclo abarca una serie de transformaciones que el líquido experimenta en su entorno, abordando sus distintos estados de la materia y sus diferentes formas de manifestarse (agua en la superficie, agua subterránea, entre otras) (Cahuana & Yugar, 2009).

2.2.4. ENFOQUE DE LOS PROBLEMAS HIDROLÓGICOS

Debido a que la nación enfrenta limitaciones en la adquisición de datos, tanto en términos hidrométricos como pluviométricos, y muchas cuencas hidrográficas no cuentan con instrumentación, generalmente se emplean enfoques indirectos para calcular el caudal de ríos y quebradas en la planificación de puentes y otras infraestructuras civiles. La elección del método más apropiado se sostiene que el promedio del ancho se calcula dividiendo el área de la cuenca entre la longitud del lecho principal del curso de agua, así como las precipitaciones máximas u otros datos relevantes en un análisis hidrológico, dependerá de la información disponible en cada caso específico (MTC, 2010).

Además, plantea que la calidad, uniformidad, representatividad y amplitud de los datos son aspectos esenciales para iniciar el análisis hidrológico. Por lo tanto, se recomienda contar con un historial de datos de al menos 25 años para, a partir de esta información histórica, realizar proyecciones y programaciones futuras (MTC, 2010).

Además, para estimar el resultado hidrológico previsto, es necesario comenzar con datos observados, analizarlos desde una perspectiva estadística y luego intentar identificar el patrón que produce estos eventos. En resumen, en hidrología, se dispone de una abundante

cantidad de datos, y el procedimiento para adquirir la información de diseño se realiza mediante un enfoque estadístico que considera una probabilidad específica de ocurrencia (Villón, 2002).

2.2.5. ENTIDADES REGISTRADORES DE DATOS EN EL PERÚ

SENAMHI es la institución encargada de brindar datos hidrológicos y meteorológicos y de las actividades vinculadas al clima y al agua del país. En lugares donde no esté disponible el servicio datos, se obtendrá la información de otras instituciones responsables de la gestión de los recursos hídricos de la región, siempre y cuando se haya verificado la calidad de dicha información (MTC, 2010).

2.2.6. CUENCA HIDROGRÁFICA

2.2.6.1. CONCEPTOS GENERALES

Se refiere a la región donde el agua que se precipita desde el cielo se desplaza hacia áreas de menor elevación mediante un sistema de drenaje. Esta agua suele acumularse en una especie de depósito que puede liberar su contenido hacia cuencas vecinas o, en última instancia, hacia el océano. La combinación de la cuenca hidrológica y los acuíferos constituyen las unidades esenciales en el ámbito de la hidrología (Breña & Jacovo, 2005).

2.2.6.2. CLASIFICACIÓN DE UNA CUENCA

A. EN RELACION CON EL TAMAÑO

Cuenca Grande: Una cuenca se considera grande cuando presenta características físicas, como la pendiente, altitud, superficie y curso de agua, que son predominantes en esa área; y si su área abarca más de 250 kilómetros cuadrados (Cahuana & Yugar, 2009).

Cuenca Pequeña, Se trata de una cuenca con una extensión que no supera los 250 kilómetros cuadrados, donde tanto la forma como el volumen del flujo de agua son afectados por las

propiedades físicas del suelo, incluyendo su tipo y la vegetación presente en el área (Campos, 1987).

B. EN FUNCIÓN A LA SALIDA:

Exorreicas: El punto de salida está ubicado en los límites de la cuenca, ya sea desaguando hacia otro cuerpo de agua o hacia el océano. (Cahuana & Yugar, 2009).

Endorreicas: El lugar de desembocadura se encuentra internamente en los límites de la cuenca y suele manifestarse como un cuerpo de agua tipo lago (Cahuana & Yugar, 2009).

2.2.6.3. ELEMENTOS DE LA CUENCA

Divisoria de aguas: Se refiere a una Línea ficticia que se crea a partir de los puntos de mayor elevación topográfica, y que actúa como una frontera que separa la cuenca analizada de las cuencas vecinas (Cahuana & Yugar, 2009).

Área de la cuenca: es la sección en proyección en un plano horizontal definida por la línea divisoria de aguas. (Cahuana & Yugar, 2009). El flujo de agua que atraviesa el punto de salida de la cuenca se conoce como corriente principal; todas las otras corrientes se denominan afluentes secundarios (tributarios). Las áreas de cuenca que corresponden a los afluentes secundarios son cuencas tributarias o subcuencas (Cahuana & Yugar, 2009).

2.2.6.4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CUENCA

A. PARÁMETROS DE FORMA:

Área de la cuenca: Para Pérez & Vanegas (2016), se determina mediante la adición de las áreas comprendidas entre las líneas de contorno y los límites de la cuenca. Esta suma corresponde al área de la cuenca en un plano horizontal.

Villón (2002) la define como el espacio en una superficie horizontal que ha sido delimitado después de definir los límites de la cuenca. La forma de esta área puede ser muy irregular. Para

algunos expertos, una cuenca pequeña puede abarcar desde 4 hasta 130 kilómetros cuadrados, mientras que otros consideran que puede llegar a los 250 kilómetros cuadrados.

Perímetro de la cuenca: Para Pérez & Vanegas (2016), la extensión total de los límites de la cuenca se llama perímetro. El perímetro (P) se define según la amplitud y la disposición de la cuenca. Villón (2002) representa al perímetro de la forma de la cuenca en una representación en plano horizontal, generalmente con una configuración muy irregular. Este perímetro se define una vez que se han establecido los límites de la cuenca.

Índice de compacidad o coeficiente de Gravelius (Kc): Pérez & Vanegas (2016) explican que el coeficiente K_c, adimensional, proporciona información sobre el escurrimiento superficial y la disposición del hidrograma que se forma como resultado de una precipitación específica en la cuenca. Si $K_c \approx 1$, la cuenca es regular. Si $K_c \neq 1$, la cuenca es irregular.

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (1)$$

Rectángulo equivalente o rectángulo de Gravelius (L): Pérez & Vanegas (2016) indican que se trata de un rectángulo que tiene las mismas dimensiones de superficie, perímetro, coeficiente de compatibilidad y distribución hipsométrica que la cuenca mencionada.

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left(1 \pm \sqrt{1 + \left(\frac{1.128}{K_c} \right)^2} \right) \quad (2)$$

Factor de Forma (Ff): Es la proporción entre el área de la cuenca y el perímetro de la distancia más extensa desde el punto de salida, situado en las proximidades del punto de origen del flujo principal de agua, hasta el extremo de la cuenca, medido a lo largo de una trayectoria recta (INRENA, 2008).

$$Ff = \frac{A}{L_c^2} \quad (3)$$

Donde:

A: Área de la cuenca

Lc: Longitud Principal del cauce de la cuenca.

Ancho medio de la cuenca (Bm): Pérez & Vanegas (2016) sostienen que el ancho medio se calcula dividiendo el área de la cuenca entre la longitud del lecho principal del curso de agua.

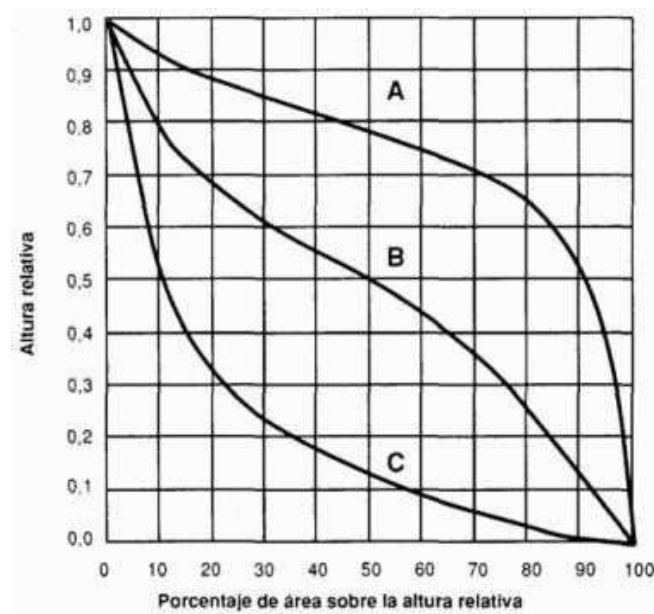
$$B_m = \frac{A}{L_c} \quad (4)$$

A. PARÁMETRO DE RELIEVE:

Curva hipsométrica: Para Monsalve (1999), la curva de altitudes es un diagrama que muestra la configuración topográfica de una cuenca, exhibiendo el área en kilómetros cuadrados correspondiente a una altitud específica dentro de la cuenca. La Figura 1 indica el porcentaje del área total de la cuenca sobre altura relativa (Cahuana & Yugar 2009).

Figura 1

Atributos de las curvas de elevación en erosión



✓ El arco A señala una cuenca con un alto riesgo de erosión (fase de juventud).

- ✓ El arco B representa una característica típica de una cuenca en un estado de equilibrio (fase de madurez).
- ✓ El arco C es común en una cuenca de naturaleza sedimentaria (fase de vejez).

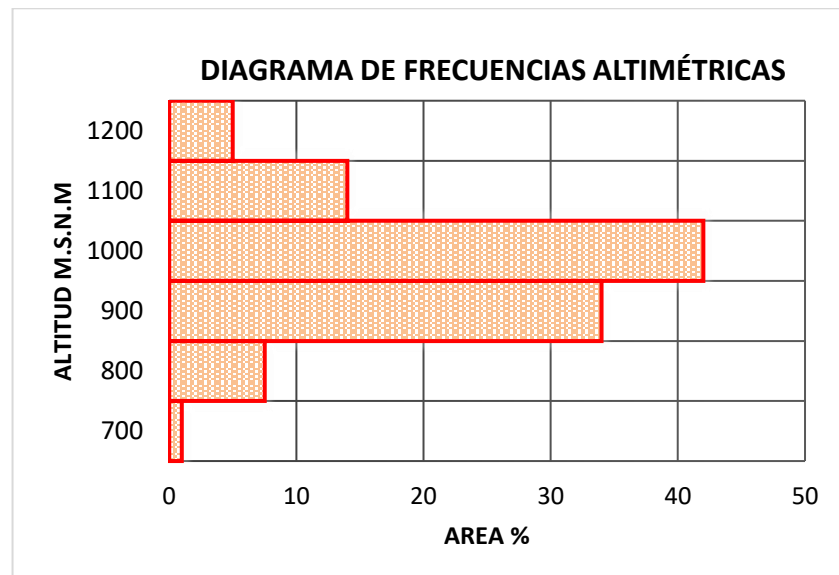
Altitud Media: INRENA (2008) indica que la altitud promedio corresponde a la línea media de la curva hipsométrica, y su determinación se fundamenta en un promedio ponderado que toma en cuenta la elevación y la superficie de la cuenca.

$$A_m = \frac{\sum_{i=1}^n a_i h_i}{\sum A} \quad (5)$$

Diagrama de frecuencias altimétricas: Villón (2002) conceptualiza el diagrama de frecuencias altimétricas como una representación visual que muestra cómo se distribuyen las áreas en porcentajes en función de diferentes altitudes. La Figura 2 muestra el diagrama de frecuencias altimétricas.

Figura 2

Diagrama de frecuencias altimétricas



Elevación más común: Villón (2002) señala que la altitud más común corresponde al valor máximo en porcentaje en el gráfico de frecuencia altimétrica.

Elevación máxima y mínima de la cuenca: Se trata de la elevación más alta y la elevación más baja que se encuentran dentro de la cuenca (Cahuana & Yugar, 2009).

Inclinación promedio del área de drenaje: Breña & Jacovo (2005) mencionan que la pendiente media se refiere a la inclinación promedio o la pendiente promedio de su relieve topográfico. Por otra parte, Monsalve (1999) sostiene que la pendiente media se calcula como la variación total de altura en el cauce del río dividida por la distancia entre dos puntos.

B. CARACTERÍSTICA DE LA RED GEOGRÁFICA:

Extensión del cauce principal del río: Estás describiendo la longitud del río dentro de su cuenca, que es la distancia desde su fuente u origen hasta el punto donde el río fluye fuera de la cuenca (Cahuana & Yugar, 2009).

Pendiente media del río principal: Para Breña & Jacovo (2005) la pendiente de una sección de un río se define como la similitud entre la diferencia de elevación entre el punto de inicio y el punto de finalización de ese tramo y la distancia horizontal que lo separa. Cahuana & Yugar (2009) se refieren a la pendiente o inclinación del cauce principal, que es la relación entre la variación de altitud y la longitud de dicho cauce, así sustituyendo la Ecuación 6 se tiene:

$$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L_c} \quad (6)$$

Dónde:

Sm: Pendiente media del río.

Hmax, Hmin: Altura máxima y mínimo.

Lc: Longitud principal del cauce de la cuenca.

Tiempo de Concentración: Cahuana & Yugar (2009) indican que este período se refiere al tiempo que necesita una partícula de agua, que ha precipitado en la ubicación más distante de la cuenca,

para alcanzar el punto donde finalmente sale del sistema de drenaje. Para su cálculo respectivo se presenta la formula empírica de Kirpich.

$$T_c = \frac{L_c^{0.77}}{S_m^{0.385}} \quad (7)$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración

Sm: Pendiente media

Lc: Longitud principal del cauce de la cuenca

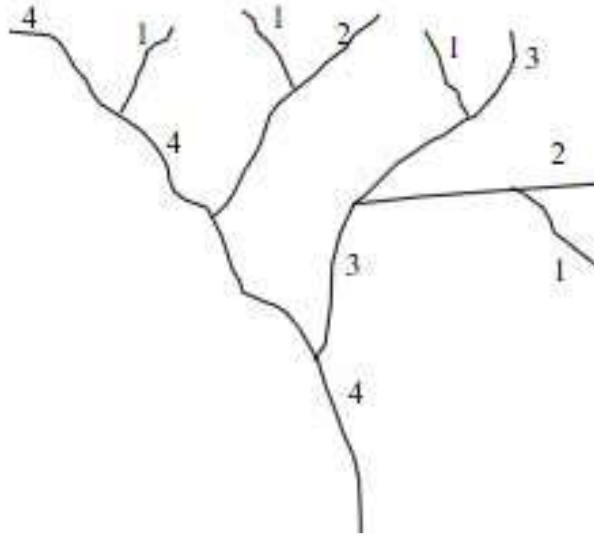
Tipo del corriente: De acuerdo con Ticona (2016), la organización o patrón de drenaje de una cuenca puede ser categorizado en diversas estructuras, no obstante, entre las más cruciales en el campo de la ingeniería hidrológica se encuentran:

- ✓ Perennes: Permanecen con flujo constante a lo largo de todo el año.
- ✓ Intermitentes: lleva fluido en el período de precipitaciones anual.
- ✓ Efímeras: llevan fluido de manera inmediata luego de intensa lluvia.

Número de jerarquía en la red hidrológica: El índice de orden hidráulico sirve como un marcador que refleja la complejidad de la ramificación en una red de drenaje. Conforme al modelo de Horton, los canales de primer orden no tienen afluentes, los de segundo orden se nutren de canales de primer orden, y los de tercer orden son afectados por canales de segundo orden, pudiendo incluso recibir contribuciones directas de canales de primer orden. La Figura 3 representa el número de orden de una cuenca descrito según sistema Horton. Elaborado por (Cahuana & Yugar, 2009).

Figura 3

Representación del sistema de ordenación de ríos



Longitud de la red hídrica: Se refiere a la suma total de los números de orden presentes en la red de drenaje (Cahuana & Yugar, 2009).

Densidad de drenaje: Se describe como la relación entre la longitud total de la red hídrica (L_t) de los ríos que forman parte de su sistema de drenaje y la superficie total de la cuenca (A). Cahuana & Yugar (2009) indican que Horton elaboró la densidad de drenaje de una cuenca al definirla como la proporción entre la longitud total de todos los cursos de agua que constituyen su sistema de drenaje y la superficie total de la cuenca (Ecuación 7). Monsalve (1999) precisa que (D_d) por lo general, varía en un rango de 0.5 km/km² en cuencas con un drenaje deficiente a 3.5 km/km² en cuencas con un drenaje excepcionalmente eficiente. Según Monsalve S, G. (1999) la densidad de drenaje usualmente toma los valores siguientes:

- ✓ Entre 0.5 km/km² para cuencas con drenaje pobre
- ✓ Hasta 35 m/km² para cuencas muy bien drenadas

$$D_d = \frac{L_t}{A} \quad (8)$$

Donde:

D_d : Densidad de drenaje

Lt: Longitud total de los causes.

A: Área de la cuenca

2.2.7. PRECIPITACIÓN

2.2.7.1. CONCEPTOS GENERALES

Dentro del ámbito de la Ingeniería de recursos hídricos, Las lluvias constituyen la principal fuente de agua en nuestro planeta, y la recolección de datos sobre ellas marca el inicio crucial para numerosas investigaciones vinculadas con la gestión y control de este recurso hídrico (Cahuana & Yugar, 2009).

2.2.7.2. TIPOS DE PRECIPITACIONES

Precipitaciones Convectivas: Producidas debido al ascenso de aire cálido que tiene una densidad menor que la del aire frío que lo rodea, las precipitaciones convectivas son localizadas y su intensidad puede oscilar desde lloviznas suaves hasta lluvias torrenciales (Moran, 2003).

Precipitaciones Orográficas: Estos fenómenos se generan debido al El ascenso de aire cálido hacia una cadena montañosa puede dar lugar a períodos de sequía en las regiones ubicadas en la vertiente opuesta de las montañas, dado que las nubes son bloqueadas y liberan su precipitación en la vertiente de donde proviene el aire húmedo (Moran, 2003).

Precipitaciones Ciclónicas: Se da cuando nubes de diferentes temperaturas se encuentran, y las nubes más cálidas son empujadas hacia altitudes superiores, donde finalmente precipitan (Moran, 2003).

2.2.7.3. MEDICIÓN DE LA PRECIPITACIÓN

Pluviómetros: Para Villón (2002) Consiste en un recipiente cilíndrico de hojalata con dimensiones aproximadas de 20 cm de ancho y 60 cm de altura. En la parte superior del cilindro, hay una

conexión hacia una pipeta que, a su vez, se conecta a una probeta graduada de diámetro considerablemente menor que la parte superior del cilindro. Esto posibilita la medición precisa de la altitud del fluido en el instrumento de medición llamada probeta (hp), con precisión hasta décimas de milímetro. Dado que cada centímetro en el instrumento de medición representa un milímetro de precipitación, los registros suelen realizarse cada 24 horas.

Pluviógrafos: Linsley et al. (1977) describen que los pluviómetros con registro son dispositivos que registran las precipitaciones de manera continua y regular en intervalos de tiempo cortos. El diseño de este dispositivo incluye un tambor que gira de manera constante y que tiene un papel graduado colocado sobre él. Dentro del recipiente, Un dispositivo flotante está conectado a través de barrotes a una aguja que registra las altitudes de la precipitación en un papel. Estos recipientes suelen tener un volumen máximo de 10 mm de lluvia, y una vez que se alcanza esta cantidad, se produce el vaciado automático mediante un sifón.

2.2.7.4. ANÁLISIS DE LOS DATOS PLUVIOMÉTRICOS

Linsley, Kohler y Paulhus, (1977) es importante destacar que, con el fin de evitar inexactitudes, es crucial brindar una interpretación adecuada de los datos de precipitación, los cuales a menudo deben ser considerados con cierta precaución. Por ejemplo, la precipitación promedio anual en una estación meteorológica puede carecer de relevancia si el pluviómetro se ha trasladado a una ubicación diferente durante el período para el cual se está calculando dicho promedio. Como sostiene igualmente Moran (2003), para realizar el análisis estadístico de los datos de precipitación, es factible realizarlo cuando se cumplen los siguientes:

- Que la información este completa.
- Que sean coherentes y sin contradicciones.

- Que la cantidad de información sea adecuada y suficiente.

Por lo tanto, es fundamental examinar la información pluviométrica con relación a los aspectos mencionados antes de utilizarla en el diseño de cualquier estructura hidráulica.

A. ESTIMACIÓN DE DATOS FALTANTES

Según Ticona (2018), es común encontrar lagunas en los registros de muchas estaciones de medición de precipitación debido a la falta de observación o a problemas técnicos en los instrumentos utilizados. Dado que en hidrología es esencial trabajar con series de datos ininterrumpidas, es crucial emprender la labor de rellenar la información que falta en estas estaciones.

Linsley et al. (1977) mencionan que una forma de estimar los datos de precipitación faltantes es siguiendo el enfoque del U.S. Weather Bureau, que implica estimar las unidades de lluvia utilizando observaciones realizadas en tres estaciones cercanas. Estas estaciones deben estar distribuidas de manera uniforme alrededor de la estación que carece de registros de precipitación.

Promedio aritmético simple: Linsley et al. (1977) afirman que si la cantidad promedio anual de lluvia en cada una de las puntas auxiliares de estación (llamadas estaciones índices) difiere en un 10% o menos de la registrada en la estación incompleta (X), se empleará el método del promedio aritmético simple de las observaciones de las tres estaciones índices para estimar el dato diario que falta en la estación incompleta.

Método de la razón normal: Para Linsley et al. (1977), en caso de la cantidad promedio anual de lluvia (o mensual) en cualquiera de los puntos auxiliares de estación presente una diferencia superior al 10% con respecto a la medida en la estación incompleta, el dato faltante podrá ser calculado utilizando el método de la regresión normalizada.

Método de promedio ponderado por ubicación: Este método ha sido sometido a una verificación tanto teórica como

empírica. Cahuana y Yugar (2009) sostienen que la información que falta en una estación, como por ejemplo la estación X, Es posible realizar una evaluación considerando la información registrada en las estaciones cercanas. Esta técnica puede aplicarse para estimar valores faltantes a diario, mensual o anualmente. El enfoque implica asignar ponderaciones a los valores observados en relación con una cantidad W, que equivale al inverso del cuadrado de la distancia D entre cada estación adyacente y la estación X. (Ecuación 9).

$$F_c = \frac{m_2}{m_1} \quad (9)$$

Donde:

Fc: Factor de corrección

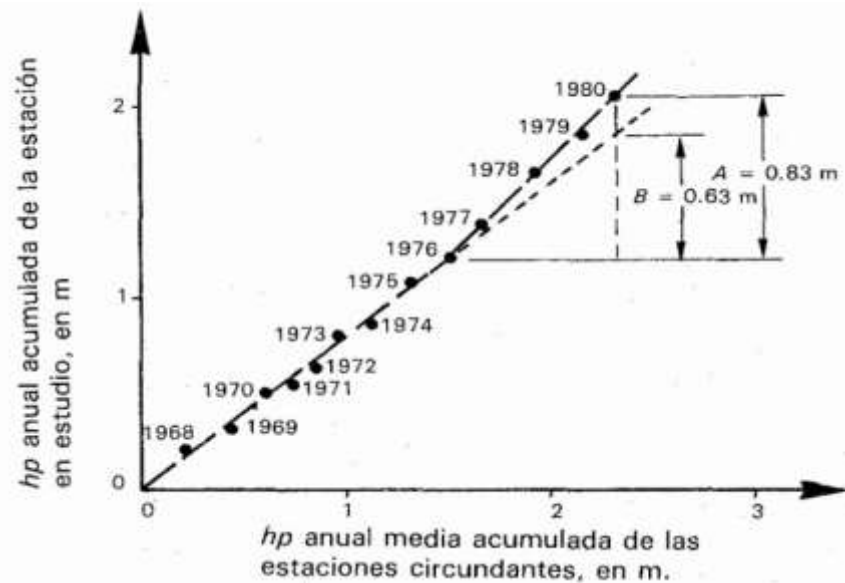
m2: Pendiente del período más reciente

m1: Pendiente del período cuando se observó

B. METODO DE DOBLE MASA O ANALISIS DE CONSISTENCIA

Según Choreque (2003) estas discrepancias suelen surgir cuando hay un cambio en la ubicación de la estación de medición de precipitaciones o cuando se produce un cambio en el operador de esta. Una manera de detectar estas inconsistencias es a través del uso de arcos de doble masa. Estos arcos se generan al representar en el eje vertical los valores registrados por la estación en cuestión y en el eje horizontal los valores acumulados de un patrón de referencia, generalmente obtenido basándose en la media de información recolectada de varias estaciones de referencia, como se ilustra en la figura siguiente. La Figura 4 representa precipitación anual promedia en función a la precipitación anual acumulada elaborado por Aparicio (1992).

Figura 4
Análisis de consistencia de doble masa



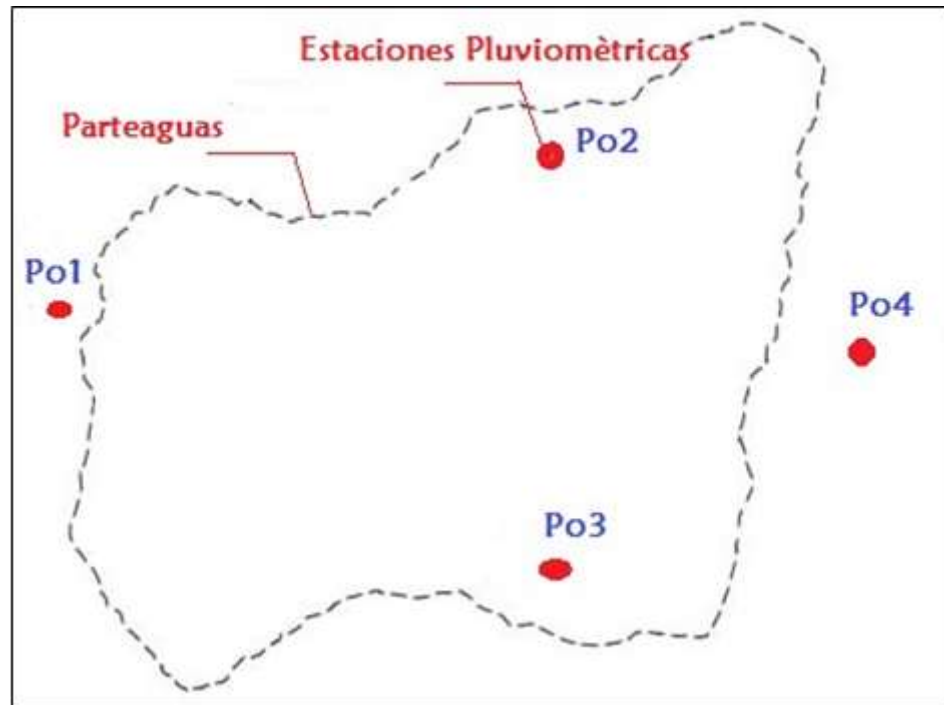
C. PRECIPITACIÓN MEDIA EN UNA REGIÓN O UNA CUENCA

Villón (2002) menciona que la totalidad de lluvias que se registran en una zona adecuada puede variar respecto a la que se acumula en su entorno, incluso en áreas próximas. Los pluviómetros recopilan la cantidad de lluvia que se presenta en un lugar específico. Sin embargo, para realizar cálculos de ingeniería, es importante saber la cantidad promedio de precipitaciones en el punto determinado. Esto puede referirse a la cantidad promedio de precipitaciones diaria, mensual, anual, el promedio mensual o anual de la cantidad de lluvia, y similares.

Método del Promedio Aritmético: Aparicio (1987) describe la técnica del promedio aritmético como el cálculo de la media aritmética a mediciones de precipitación recopiladas en cada punto o estación de segundo grado. La Figura 5 representa el método aritmético según los datos pluviométricos de las estaciones (Cahuana & Yugar, 2009).

Figura 5

Representación del sistema de ordenación de ríos



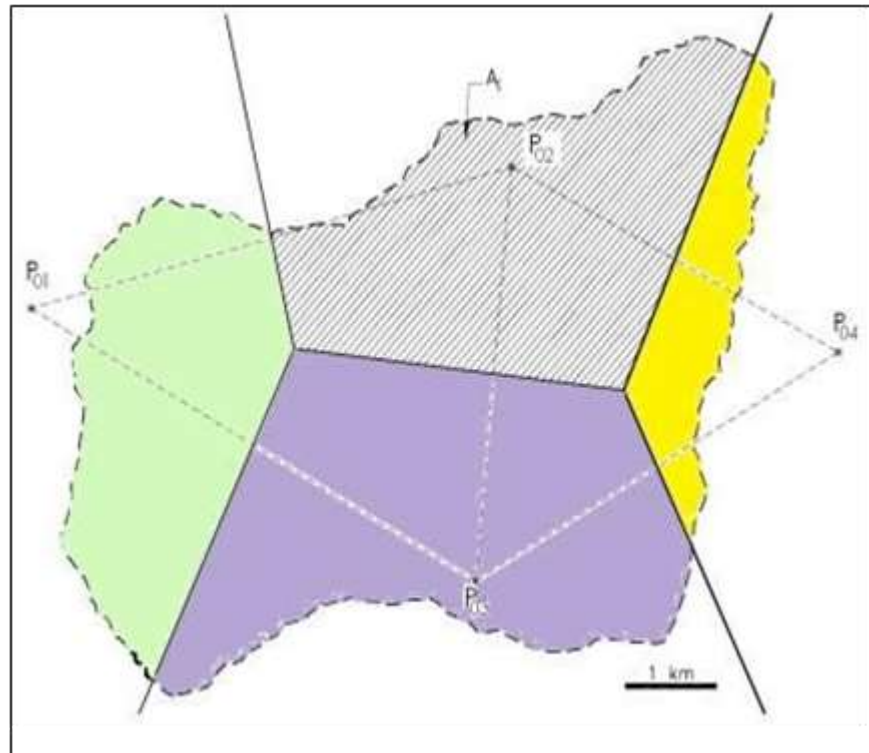
Método de los Polígonos Thiessen: Chow e al. (1994) Este método, aunque con mayor precisión que el promedio aritmético, no tiene en cuenta factores topográficos y otros que puedan influir en la repartición de las precipitaciones en el área del río, debe consistir en:

- Disponer las estaciones tanto dentro como fuera de la cuenca.
- Unir las estaciones para conformar triángulos, tratando de que los ángulos de estos sean agudos (menores a 90°).
- Establecer las líneas que pasan por el punto medio de cada lado de los triángulos (ver Figura 6) para crear polígonos.
- Establecer la extensión del área que incide en cada estación.
- Determinar la superficie de cada estación.

La Figura 6 representa el método de polígono de Thiessen según la información pluviométricos de las estaciones. Citado por Cahuana & Yugar (2009).

Figura 6

Método del polígono de Thiessen



Además, según Villón (2002), determinar la precipitación promedio implica calcular un promedio ponderado de las precipitaciones de cada estación, donde el peso se basa en el área de influencia respectiva. (ver Ecuación 10).

$$h_p = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi} \quad (10)$$

Donde:

h_p : Altura de precipitación media

h_{pi} : Altura de precipitación registrada en la estación i

A_t : Área total de la cuenca

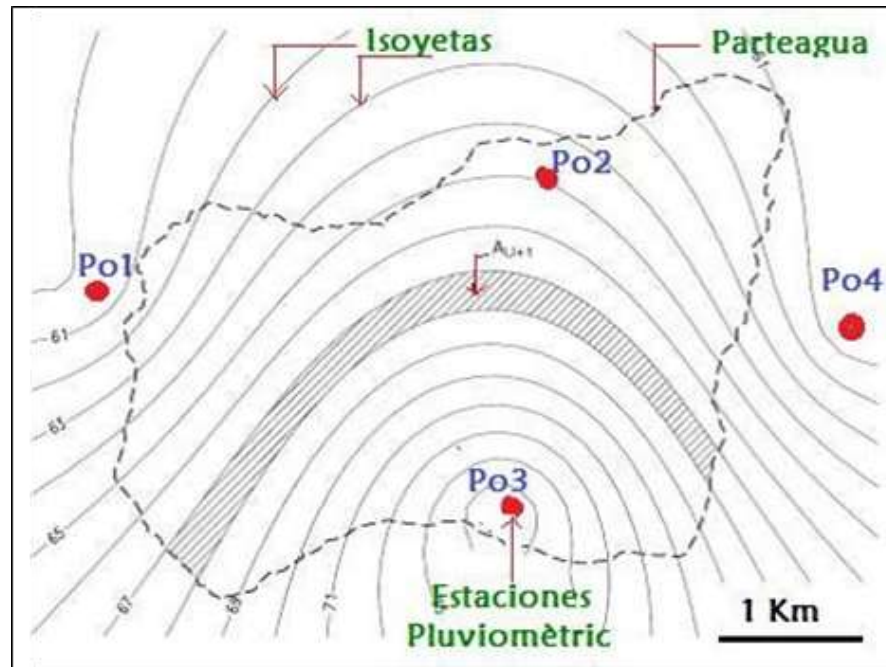
A_i : Área de influenciad e la estación i

Método de las Isoyetas: Linsley et al. (1977) Según sostienen, la técnica más precisa para estimar la precipitación promedio en una región es el procedimiento de las isoyetas, que implica la representación cartográfica de las estaciones y sus datos pluviométricos. En este mapa, se trazan líneas que conectan

ubicaciones con la misma cantidad de precipitación, denominadas isoyetas. (Figura 7).

Figura 7

Método de las isoyetas



2.2.7.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICOS DE DATOS HIDROLÓGICOS

Según Chereque (2003), el propósito de utilizar el análisis estadístico en hidrología es deducir cómo se comportarán los datos en el futuro. Según MTC (2010), se detalla que la evaluación de frecuencias se centra en calcular precipitaciones, intensidades o caudales máximos para distintos períodos de recurrencia mediante la utilización de modelos de probabilidad, los cuales pueden presentarse de manera discreta o continua.

Período de retorno: Aparicio (1992) señala que, en hidrología, suele utilizarse el concepto de períodos de retorno en lugar de probabilidades, ya que es más fácil de comprender y se mide en las mismas unidades (tiempo) que la vida útil de las obras, lo que permite compararlos de manera más directa, la siguiente ecuación es la más usada en la hidrología:

$$T = \frac{n-1}{m} \quad (12)$$

Dónde:

n: Número de la muestra

m: Número de orden de valores ordenados de mayor a menor

Distribución de probabilidad usadas en hidrología:

Distribución Log normal: Cahuana & Yugar (2009) explican que, en el ámbito de la hidrología, las variables de interés suelen ser mayormente positivas, lo que resulta en frecuencias que presentan asimetría. Para abordar esta situación, plantean llevar a cabo una transformación logarítmica a la variable de interés y luego utilizar un prototipo basado en una distribución normal para la variable modificada, conocida como log-normal. En otras palabras, si una variable aleatoria X sigue una distribución log-normal, esto implica que $Y = \ln(X)$ sigue una distribución normal. Se considera que una variable aleatoria X se ajusta a una distribución log-normal cuando se establece su función de densidad de probabilidad de la siguiente manera:

$$f_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x\beta} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln-\alpha}{\beta}\right)^2} \quad (13)$$

Distribución Log-Pearson tipo III: Linsley et al. (1977) explican que el enfoque recomendado para utilizar esta distribución implica transformar los datos originales tomando sus logaritmos y luego calcular los siguientes parámetros:

$$\text{Media} = \log \bar{x} = \frac{\sum \log X}{n} \quad (14)$$

$$\text{Desviación estándar} = \sigma_{\log X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X - \log \bar{X})^2}{n-1}} \quad (15)$$

$$\text{Coeficiente de asimetría} = g = \frac{n \sum (\log X - \log \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)(\sigma_{\log X})^3} \pi r^2 \quad (16)$$

Distribución Gumbel o de valores extremos tipo I: Cahuana & Yugar (2009) mencionan a la distribución Gumbel, también conocida como distribución de valores extremos tipo I o distribución doble exponencial. Esta distribución se caracteriza por su función de densidad de probabilidad.

$$F_x = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}} \quad (17)$$

Relación de elongación (Re): Esta relación se expone al expresar el diámetro en términos de la superficie y la longitud de la cuenca.

$$R_e = 1.1284 \frac{\sqrt{A}}{L_c} \quad (18)$$

Re se encuentra en el rango de 0.40 a 0.50.

Determinación de los rangos de utilidad y elección de la función de distribución de probabilidad.

Análisis gráfico: Se refiere a la evaluación visual de una gráfica en la que se han representado diversas funciones. La ecuación optada va a ser aquella que se ajuste de manera más cercana a los datos medidos según la apreciación visual.

Método del error cuadrático mínimo: Según Aparicio (1992), este enfoque es menos influenciado por subjetividades que el método anterior, ya que implica el cálculo de la distribución para

cada función y posteriormente la elección de la que mejor concuerde con los datos.

Prueba de bondad de ajuste: Además, dentro de la teoría estadística, las pruebas más reconocidas para evaluar la bondad de ajuste son la prueba X^2 y la prueba de Kolmogórov-Smirnov. Para obtener información más detallada, se puede hacer referencia a la fuente mencionada (Aparicio, 1992).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Período de retorno: Define el período de retorno como una función comúnmente empleada para indicar la probabilidad de que ocurra un evento específico en un intervalo de tiempo predefinido (Monja, 2018).

Tirante de diseño: El tirante de diseño es la altura de la superficie libre del agua, que es la medida vertical desde el punto más bajo de la sección del canal hasta la superficie del agua, comúnmente representada mediante la variable y (Monja, 2018).

Caudal de diseño: Se define como la cantidad de agua que se espera que alcance las estructuras de ingeniería (Monja, 2018).

Caudal Máximo: Dentro de su contexto teórico, se aclara que el caudal máximo hace alusión a un valor que establece la relación entre la cantidad de agua desplazada durante un intervalo de tiempo específico, originada en una cuenca hidrográfica específica (Monja, 2018).

Ciclo Hidrológico: Como sostiene Chereque (2003), el ciclo hidrológico se describe como el conjunto de cambios que el agua experimenta en la naturaleza, involucrando sus diversos estados (sólido, líquido y gaseoso) y sus variadas manifestaciones. (Agua superficial, agua subterránea, etc.).

Tiempo de Vida de una estructura: Monja (2018) menciona el tiempo de vida de una estructura según el período de garantía es el lapso que comienza una vez que finaliza la ejecución de un proyecto y durante el cual deben mantenerse las condiciones y requisitos especificados. Durante este período, Es necesario realizar un mantenimiento regular que no implique operaciones de rehabilitación. La duración estimada de este período está condicionada al tipo de estructura y debe ser definida por el propietario antes de iniciar el proyecto.

Estación Pluviométrico: Rudy (2018) sintetiza que en las estaciones pluviométricas son lugares equipados con dispositivos que registran y miden la cantidad de precipitación que cae en un lugar específico.

Cuenca Hidrográfica: Villón (2010) Indica que la cuenca hidrográfica es el área de drenaje alrededor de un cuerpo de agua, definida como la región donde todas las aguas de lluvia convergen y fluyen hacia un único sistema de corriente. Cada cuerpo de agua tiene su propia cuenca, claramente delimitada, que cubre toda el área desde la cual se recopila agua y fluye hacia ese cuerpo de agua en particular.

Escurrimiento: Según MTC (2010), el escurrimiento representa la fracción de la precipitación que tiene lugar en una determinada área o cuenca hidrológica y se desplaza tanto sobre la superficie terrestre como bajo ella hacia un cuerpo de agua, donde se acumula y, posteriormente, fluye fuera de la cuenca. En cuencas cerradas, este flujo puede contribuir al abastecimiento de un lago.

Lluvia: Según MTC (2010) establece la lluvia como la precipitación de partículas de agua en forma de gotas, las cuales presentan un diámetro igual o superior a 0.5 mm, aunque ocasionalmente puede abarcar gotas más pequeñas que se encuentran dispersas de manera extensa en el entorno.

Hidrología: De acuerdo con la definición de Breña & Jacobo (2005), la hidrología es la ciencia que se enfoca en la investigación del ciclo hidrológico a nivel mundial y en los procesos asociados con la parte terrestre de dicho ciclo. En otras palabras, es la disciplina geo científica encargada de describir y anticipar estos fenómenos.

Intensidad de la precipitación: Para Rudy (2018) la intensidad se define como la tasa de precipitación en un intervalo de tiempo dado, representando la cantidad de lluvia que cae por unidad de tiempo, generalmente expresada en milímetros por hora (mm/h).

Precipitación: la precipitación según el libro de MTC (2010), se caracteriza como la deposición de diversas partículas atmosféricas, abarcando tipos como lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo.

Inundaciones: Una inundación según el libro de MTC (2010) se produce cuando el agua ocupa áreas que normalmente están libres de ella, ya sea

debido al desbordamiento de ríos o ramblas como resultado de lluvias torrenciales o deshielo, o por la subida del nivel del mar debido a mareas elevadas, maremotos o avalanchas.

Río: Rudy (2018) define a un río como un conjunto de corrientes de agua naturales o canales por los cuales fluye y se desplaza el agua desde una cuenca hasta su punto de desembocadura.

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Con los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico se logra un diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Los parámetros geomorfológicos permiten obtener el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023.

Los caudales máximos de diseño con períodos de retorno de 50,100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos permiten obtener el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023.

La profundidad de socavación para tiempos de retorno de 50,100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos permiten obtener el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico.

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

El diseño óptimo del puente vehicular.

2.5.3. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Dimensiones e indicadores de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES
VI: Los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico	Método empírico	Caudal de diseño
	Precipitaciones	precipitaciones medias
	Carta nacional	Parámetros geomorfológicos
	Software ArcGIS, Hec GEORAS, Hec RAS.	modelamiento hidráulico
VD: El diseño óptimo del puente vehicular	Estudio geotécnico	Características del suelo
	Levantamiento topográfico	Características del terreno
	Estudio Hidrológico e hidráulico	Características de una
		cuenca

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Esta investigación adopta un enfoque cuantitativo caracterizado por una secuencia de pasos lógicos y verificables que involucra la recopilación de datos para respaldar afirmaciones numéricas (Rudy 2018).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

Esta investigación tiene un alcance correlacional, porque su objetivo principal es examinar la conexión entre variables o sus resultados sin intentar establecer una relación de causa y efecto. Es decir, busca estimar de manera aproximada el valor del estudio hidrológico para el diseño de un puente vehicular (Rudy 2018).

3.1.3. DISEÑO

Se optó por un diseño de investigación no experimental. En este enfoque, no se busca deliberadamente modificar la variable independiente para observar su influencia en otras variables, sino, se observa el fenómeno en su entorno natural, para posteriormente realizar un análisis (Hernández-Sampieri, 2014).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. LA POBLACIÓN

Considerada en esta investigación se refiere al conjunto completo, y en este caso, se trata de la corriente principal conocida como Río Monzón.

3.2.2. LA MUESTRA

Viene a ser el Puerto de Malatoa Rio Monzón distrito Monzón –

Huamalíes - Huánuco, que corresponde al punto de investigación.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para **variables independientes** (Los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico): La técnica utilizada involucró el uso de fuentes secundarias, la recopilación de datos a través de internet y, simultáneamente, la realización de entrevistas personales no estructurada, teniendo como resultados informaciones de las precipitaciones históricas (SENAMHI-HUÁNUCO) y cartas nacionales que corresponden al Sistema de información geográfica (SIG).

Por otro lado, para **variables dependientes** (El diseño óptimo del puente vehicular): se empleó la técnica como fuentes Primario, la obtención de datos directos del terreno, obteniendo como resultado extracción de muestras para un análisis de suelos y levantamiento topográfico.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Esta investigación seguirá los procedimientos adecuados tales como estudios, síntesis, generando proceso de abstracción que le permita generalizar el tema en su totalidad, después de haber planteado el problema, los objetivos y justificación y el marco teórico, este estudio se conseguirá mediante una recopilación apropiada de información, se revisará el material producto de la observación de campo y de los documentos escritos, fotografías entre otros; se realizará la identificación y descripción del fenómeno elegido para llevar a cabo el estudio. Se procesarán los datos, obtenidos de las fuentes de información necesarias, usando el método analítico, la técnica del fichaje y bibliografías anotadas para sistematizar la información. En último lugar, se redactó el informe final, del cual nacieron conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CUENCA

a) Ubicación de la cuenca

La localización del río Monzón abarca la región sur del territorio peruano, y se puede caracterizar mediante sus aspectos geográficos, hidrográficos y políticos de la siguiente manera.

b) Ubicación geográfica

La cuenca del río Monzón abarca el área definida por las siguientes coordenadas geográficas:

Tabla 2

Ubicación del punto de interés (Sistema UTM)

Descripción	Coordenadas UTM		
	Este (m)	Norte (m)	Cota (m.s.n.m)
Zonas			
Zona Alta	328411.540	8953972.880	4650.00
Zona Baja	375370.023	8982604.565	720.00

Tabla 3

Ubicación punto de interés (geográficas)

DESCRIPCIÓN	COORDENADAS GEOGRAFICAS		
	Latitud (g.m.s)	Longitud (g.m.s)	Cota (m.s.n.m)
Zonas			
Zona Alta	9°27'33.86"	76°33'46.65"	4650.00
Zona Baja	9°12'7.65"	76° 8'4.03"	720.00

c) Ubicación política

La cuenca del río Monzón punto de interés (Figura 8), está ubicado en el Distrito de Monzón, Provincia de Huamalíes, Huánuco.

Mapa de ubicación del punto de interés



d) Ubicación hidrográfica

Desde una perspectiva hidrográfica, la cuenca del río Monzón forma parte de la cuenca del Atlántico. El río Monzón tiene su nacimiento en la zona andina del Perú y fluye hasta su desembocadura en la cuenca del río Huallaga. La cuenca del Río Monzón, según nuestra investigación ocupa una posición hidrográfica que abarca una extensa área territorial, tanto a nivel provincial como distrital, dentro del departamento de Huánuco.

Ubicación Hidrográfica Provincial.

Por el Este: Abarca la provincia Leoncio Prado

Por el Oeste: Abarca la provincia Huamalés

Por el Norte: Abarca la provincia de Huacaybamba

Por el Sur: Abarca las provincias de Dos de Mayo

Ubicación Hidrográfica Distrital.

Por el Este: La cuenca incluye los distritos de Monzón en la provincia de Huamalés, así como los distritos de Rupa y José Crespo Castillo en la provincia de Leoncio Prado.

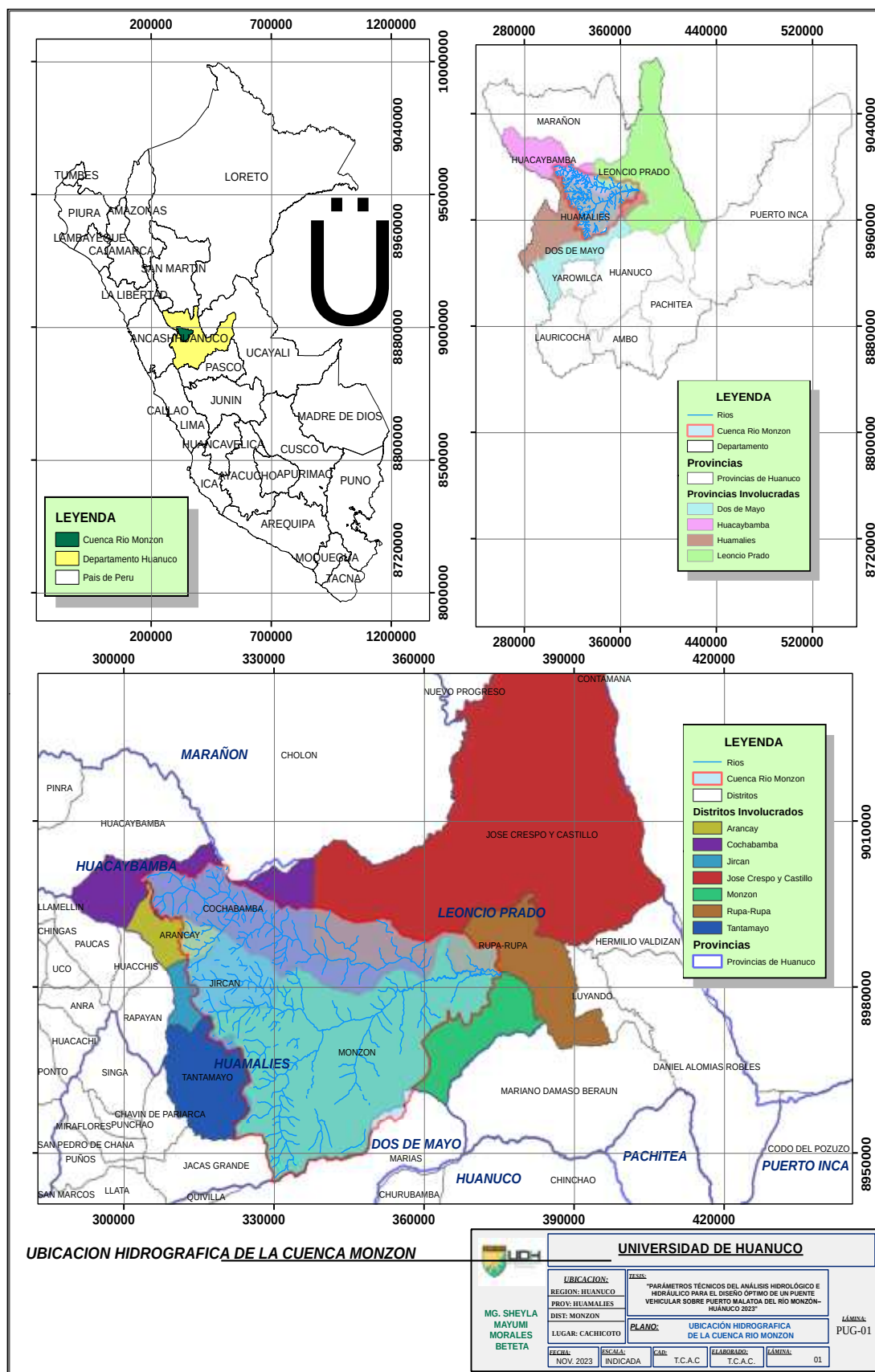
Por el Oeste: La cuenca abarca con los distritos de Jircan, Arancay y Tantamayo de la provincia de Huamalés.

Por el Norte: La cuenca engloba el distrito de Cochabamba en la provincia de Huacaybamba y el distrito de José Crespo y Castillo en la provincia de Leoncio Prado.

Por el Sur: La cuenca comprende el distrito de Marías en la provincia de Dos de Mayo y el distrito de Jacas Grande en la provincia de Huamalés.

Figura 9

Mapa de localización hidrográfica del punto de interés

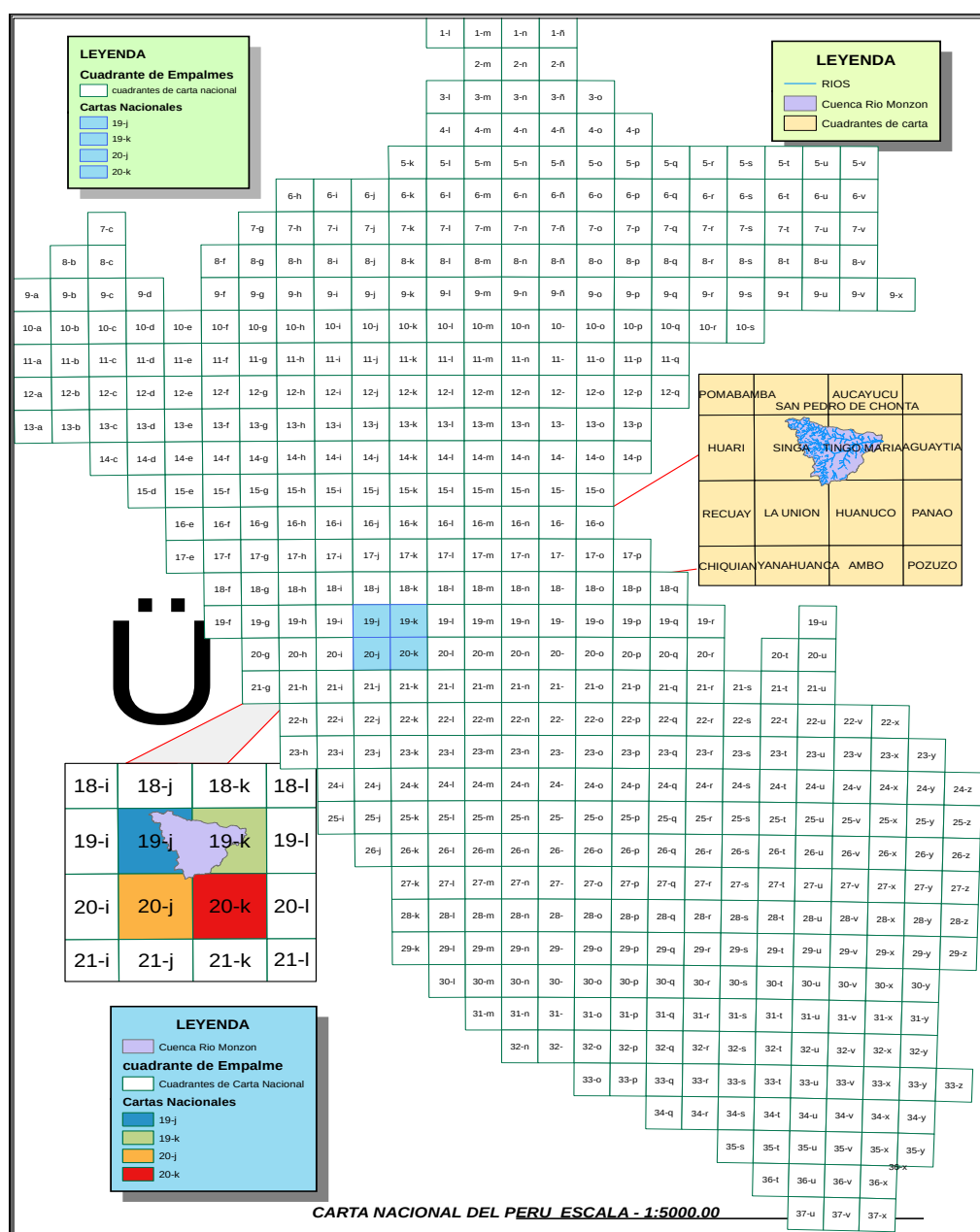


4.1.2. DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica objeto de este análisis abarca las hojas 19j, 19k, 20j y 20k, que corresponden a los sectores de Singa, Tingo María, La Unión y Huánuco, respectivamente, en una escala de 1/5000,000. Esta valiosa información, fundamental para nuestro estudio, es suministrada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), incluyendo datos espaciales y topográficos de todo el territorio peruano.

Figura 10

Carta nacional del Perú



Se precisa que las hojas correspondientes están accesibles para su descarga, ya sea organizadas por número de documento acorde al diseño de la carta nacional o agrupado por departamento, provincia o distrito. Este enfoque está diseñado para simplificar la administración de conjuntos de datos. Dichas hojas están presentes en formato (*.shp), utilizando un sistema de coordenadas geográficas GCS_WGS_1984.

La obtención y evaluación de datos se realizó mediante el empleo del programa ArcGIS 10.4.2. Los datos describieron aspectos topográficos y geológicos del área. Se realizó la creación del Modelo Digital del Terreno (TIN), la generación del Ráster de la cuenca, así como el análisis y cálculo de parámetros críticos, Al igual que la orientación del flujo, la recopilación de flujo, la determinación y subdivisión de los cauces, la representación gráfica de los cursos de agua, la localización de puntos de drenaje y la delimitación integral de las cuencas hidrográficas. Este enfoque incorporó todos los elementos esenciales vinculados con el estudio de las cuencas.

4.1.3. PARÁMETROS MORFOMÉTRICOS DE LA CUENCA

La configuración de una cuenca hidrográfica se definió a través de su forma, topografía y patrón de drenaje, para lo cual se han establecido diversos criterios. Estos criterios, expresados en forma de fórmulas matemáticas, proporcionan puntos de referencia esenciales para clasificar y comparar cuencas diversas. Con el fin de facilitar un análisis más detallado de la cuenca, se han identificado y definido los siguientes criterios.

a) Parámetros de forma de la cuenca

Para el procesamiento de datos correspondiente, se utilizaron las siguientes herramientas y programas: AutoCAD Civil 2022, Software ArcGIS V.10.2.4 y la extensión Arc Hydro Tools, junto con su complemento respectivo para generar resultados numérica mediante Microsoft Excel 2019. Para la obtención de resultados se procedieron a calcular varios parámetros de forma de la cuenca del río Monzón como:

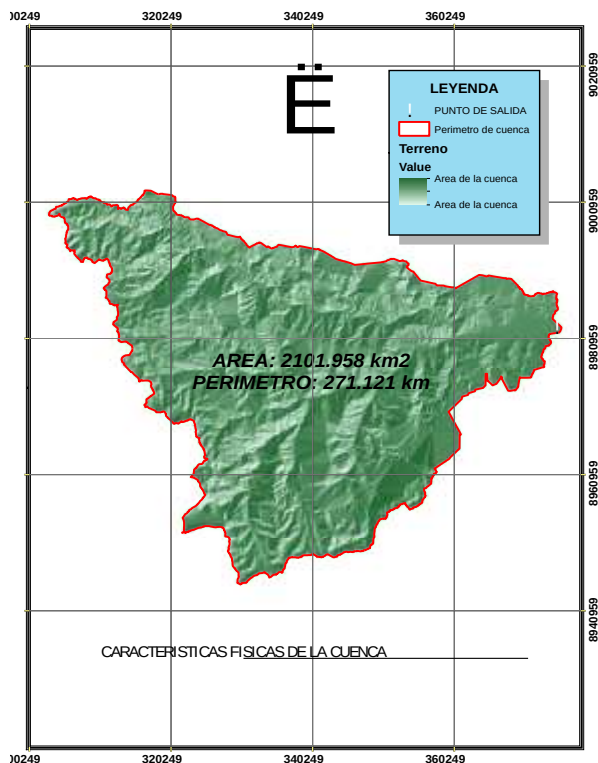
Tabla 4

Parámetros de forma de la cuenca del río Monzón

Parámetro	Símbolo	Valor	Descripción
Área	A	2101.958 km ²	
Perímetro	P	271.121 km	
Coeficiente de Gravelius (Ecuación 1)	Kc	1.67	Cuenca irregular
Rectángulo de Gravelius (Ecuación 2)	L	117.759 m	Lado más largo
	I	17.850 m	Lado más corto
Factor de forma (Ecuación 3)	Ff	0.152	Forma alargada con menor propensión a concentrar las intensidades de lluvia
Ancho medio de la cuenca (Ecuación 4)	Bm	17.85 km	
Relación de elongación (Ecuación 16)	Re	0.439	Relieves abruptos y elevaciones inclinadas

Figura 11

Atributos Físicos de la Cuenca del Monzón



b) Parámetros de relieve de la cuenca

Curvas Hipsométrica de la cuenca: Se generaron curvas de nivel a intervalos de 196.50 m, proporcionando información detallada sobre las áreas parciales. De la Figura 12, se puede inferir que la cuenca se encuentra en un estado de equilibrio, indicando así que está en una fase de madurez.

Figura 12

Curva hipsométrica de la cuenca del río Monzón

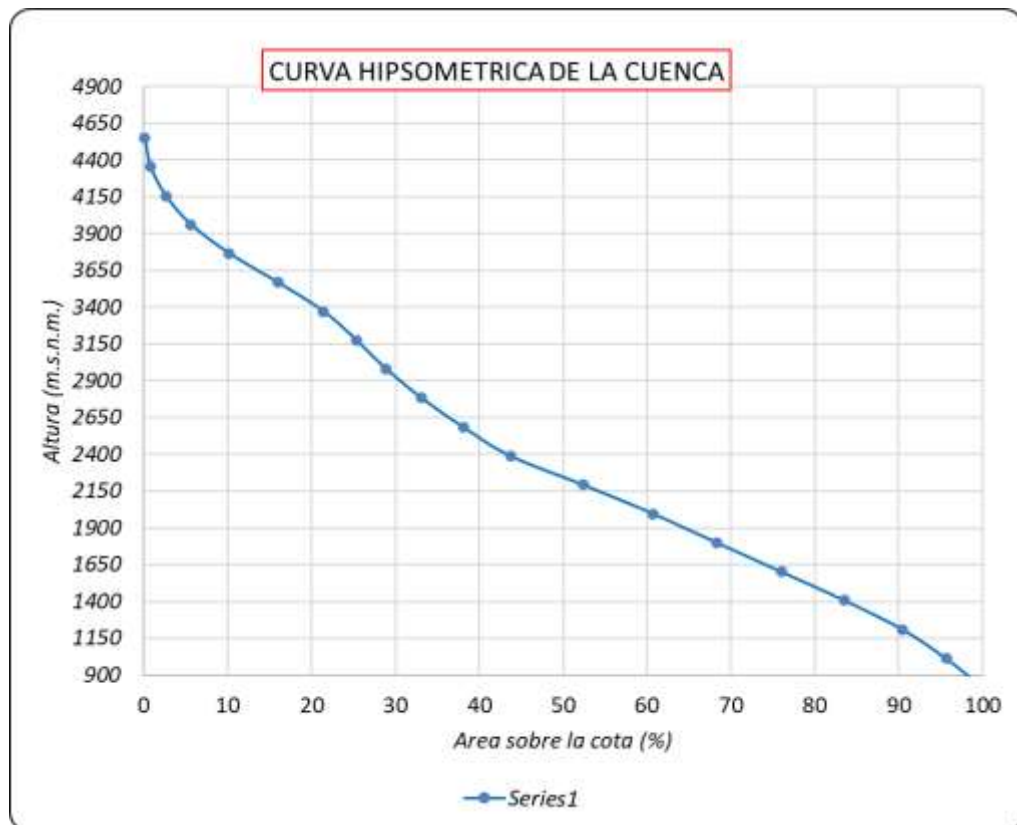


Tabla 5*Datos y resultados para la curva hipsométrica*

N°	Altura (m s. n. m.)			área parcial (Km²)	% del Total	área acum. (Km²)	% total Acum.	Áreas encima de las altitudes (Km²)	% total encima de las altitud
	Mínima.	Máxima	Promedio.						
								2101.95	100.00
1	720.000	916.492	818.246	91.33	4.35	91.33	4.35	2010.62	95.66
2	916.501	1112.999	1014.750	108.85	5.18	200.17	9.52	1901.78	90.48
3	1113.001	1309.499	1211.250	145.07	6.90	345.24	16.42	1756.71	83.58
4	1309.501	1506.000	1407.751	159.64	7.60	504.88	24.02	1597.07	75.98
5	1506.000	1702.494	1604.247	160.80	7.65	665.68	31.67	1436.27	68.33
6	1702.502	1898.998	1800.750	159.50	7.59	825.18	39.26	1276.77	60.74
7	1899.003	2095.499	1997.251	175.64	8.36	1000.82	47.61	1101.13	52.39
8	2095.502	2291.999	2193.751	182.79	8.70	1183.61	56.31	918.34	43.69
9	2292.000	2488.498	2390.249	118.35	5.63	1301.95	61.94	800.00	38.06
10	2488.502	2685.000	2586.751	103.76	4.94	1405.71	66.88	696.24	33.13
11	2685.001	2881.498	2783.250	88.50	4.21	1494.21	71.09	607.74	28.92
12	2881.502	3077.996	2979.749	75.23	3.58	1569.44	74.66	532.51	25.34
13	3078.000	3274.497	3176.249	82.27	3.91	1651.71	78.58	450.24	21.42
14	3274.500	3470.998	3372.749	115.09	5.48	1766.80	84.05	335.15	15.95
15	3471.001	3667.497	3569.249	121.15	5.76	1887.96	89.82	213.99	10.18
16	3667.501	3863.996	3765.749	96.34	4.58	1984.30	94.40	117.65	5.60

N°	Altura (m s. n. m.)			área parcial (Km²)	% del Total	área acum. (Km²)	% total Acum.	Áreas encima de las altitudes (Km²)	% total encima de las altitud
	Mínima.	Máxima	Promedio.						
17	3864.007	4060.497	3962.252	63.26	3.01	2047.56	97.41	54.39	2.59
18	4060.502	4256.993	4158.748	37.94	1.81	2085.50	99.22	16.45	0.78
19	4257.004	4453.447	4355.226	14.25	0.68	2099.75	99.89	2.20	0.11
20	4453.557	4650.000	4551.779	2.20	0.11	2101.95	100.00	0.00	0.00
TOTAL				2101.95	100.00				

Altitud Media: La altura media fue 2918.128 m.s.n.m y se obtuvo según la ordenada media de la curva hipsométrica según la Ecuación 5 y los datos de la Tabla 6.

Tabla 6

Datos y resultados para altitud media

ALTITUD MEDIA		
a_i	h_i	$a_i * h_i$
91.33	818.246	74727.648
108.85	1014.750	110450.598
145.07	1211.250	175710.708
159.64	1407.751	224736.113
160.80	1604.247	257966.298
159.50	1800.750	287224.117
175.64	1997.251	350790.770
182.79	2193.751	400985.825
118.35	2390.249	282877.367
103.76	2586.751	268394.568
88.50	2783.250	246319.252
75.23	2979.749	224174.835
82.27	3176.249	261303.942
115.09	3372.749	388173.409
121.15	3569.249	432430.224
96.34	3765.749	362804.288
63.26	3962.252	250638.183
37.94	4158.748	157792.036
14.25	4355.226	62076.337
2.20	4551.779	10003.899
2101.95		4829580.42

Diagrama de frecuencias altimétricas: El gráfico representa la relación entre la altitud promedio y el área porcentual.

Altitud más frecuente: Seleccionando el valor máximo del diagrama de frecuencias, dando como resultado del 8.70%, se obtuvo que la altitud más frecuente fue 2193.751 m.s.n.m.

Pendiente media de la cuenca: Dada la marcada variación en la inclinación del terreno de la cuenca, fue crucial establecer un índice medio que la represente. Las tablas N°6, de manera específica,

presentan los cálculos llevados a cabo para calcular la pendiente promedio. Sumando los datos de las columnas (2) y (3) y dividiéndolos, se obtuvo que la pendiente media de la cuenca fue $S_{med} = 45.22\%$.

Figura 13

Histograma de altitudes

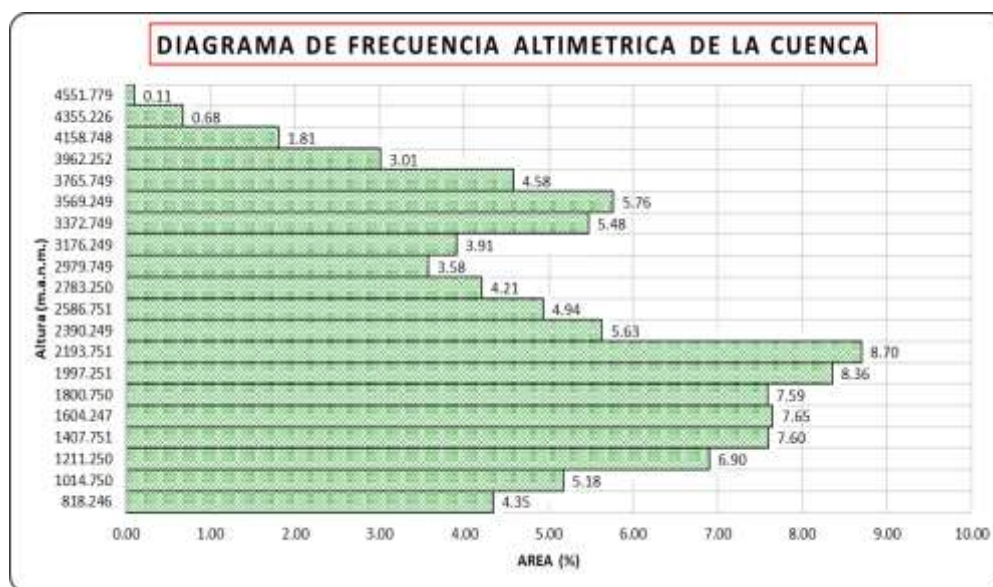


Tabla 7

Datos generados para pendiente media

N°	Rango de Pendiente (%)			Número de Ocurrencias (2)	(3) = (1) x (2)
	Inferior	Superior	Promedio (1)		
1	0,000	10,000	5,000	214432	1072145,79
2	10,000	20,000	15,000	187416	2811243,49
3	20,000	30,000	25,000	243470	6086752,32
4	30,000	40,000	35,000	358477	12546695,34
5	40,000	50,000	45,000	384106	17284763,41
6	50,000	60,000	55,000	330878	18198291,89
7	60,000	70,000	65,000	238002	15470126,82
8	70,000	80,000	75,000	151796	11384695,95
9	80,000	90,000	85,000	92384	7852639,65
10	90,000	100,000	95,000	126336	12001921,93
TOTAL				2327297	104709276,5
					8

Clasificación de pendientes: Las diversas designaciones de los terrenos, clasificadas según las pendientes medias correspondientes, posibilitan la categorización del relieve o la topografía del terreno. Para Villodas (2008), la clasificación de terreno según pendiente media se da según la Tabla 8. De los resultados obtenidos anteriormente que concluye que la pendiente fue 45.22% (muy fuertemente accidentado).

Tabla 8

Categorización del respecto a la pendiente

Pendiente media (%)	Terreno
0-3	Llano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

Cotas máximas y mínimas: Se seleccionan las altitudes más bajas en la desembocadura de la cuenca y las altitudes más altas en la parte superior de la cabecera de la cuenca:

✓ Cota menor: 720.00 m.s.n.m

✓ Cota mayor: 4650.00 m.s.n.m

c) **Parámetros de la red hidrográficas**

Longitud del río principal: La extensión del curso principal de la cuenca fue $L_c = 89.025$ km.

Pendiente media del cauce principal: Tomando los datos de cotas máximas y mínimas obtenemos la pendiente media del cauce principal (Ecuación 5). La pendiente resultó $S_m = 0.046$ m/m.

Tiempo de Concentración: El tiempo de concentración fue $T_c = 442.585$ min.

Tipo de corriente: Los recorridos de agua pueden clasificarse como perennes, intermitentes o efímeros, y la cuenca del río Monzón se

encuentra en una categoría específica. El tipo de corriente fue Perennes, mantiene agua de manera constante, dado que el nivel freático se mantiene por encima del lecho del cauce de forma continua.

Número de orden de la red hidráulica: Es un valor que indica el nivel de ramificación de la red de drenaje. La cuenca del río Monzón tiene un orden de: Cuenca río Monzón: $U = 7$.

Longitud de la Red Hídrica (Lt): Es la suma total de cada orden presente en la red hidráulica. Para este propósito, se empleó el programa ArcGIS 10.4.2, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 9

Longitud total generada de la red hídrica

Nº orden red hídrica	Longitud (Km)
1	2954,738
2	940,466
3	468,671
4	261,647
5	134,898
6	77,320
7	39,529
TOTAL	4837,740

Densidad de drenaje: La densidad de drenaje de la cuenca del río Monzón se registra como 2.30 Km/km², un valor que se encuentra por debajo de los 3.5 km/km². Este indicador sugiere que la cuenca está asociada a áreas con una vegetación densa, lo que resulta en un sistema de drenaje *muy bien drenada*.

Figura 14

Clasificación de terrenos de la cuenca por elevaciones

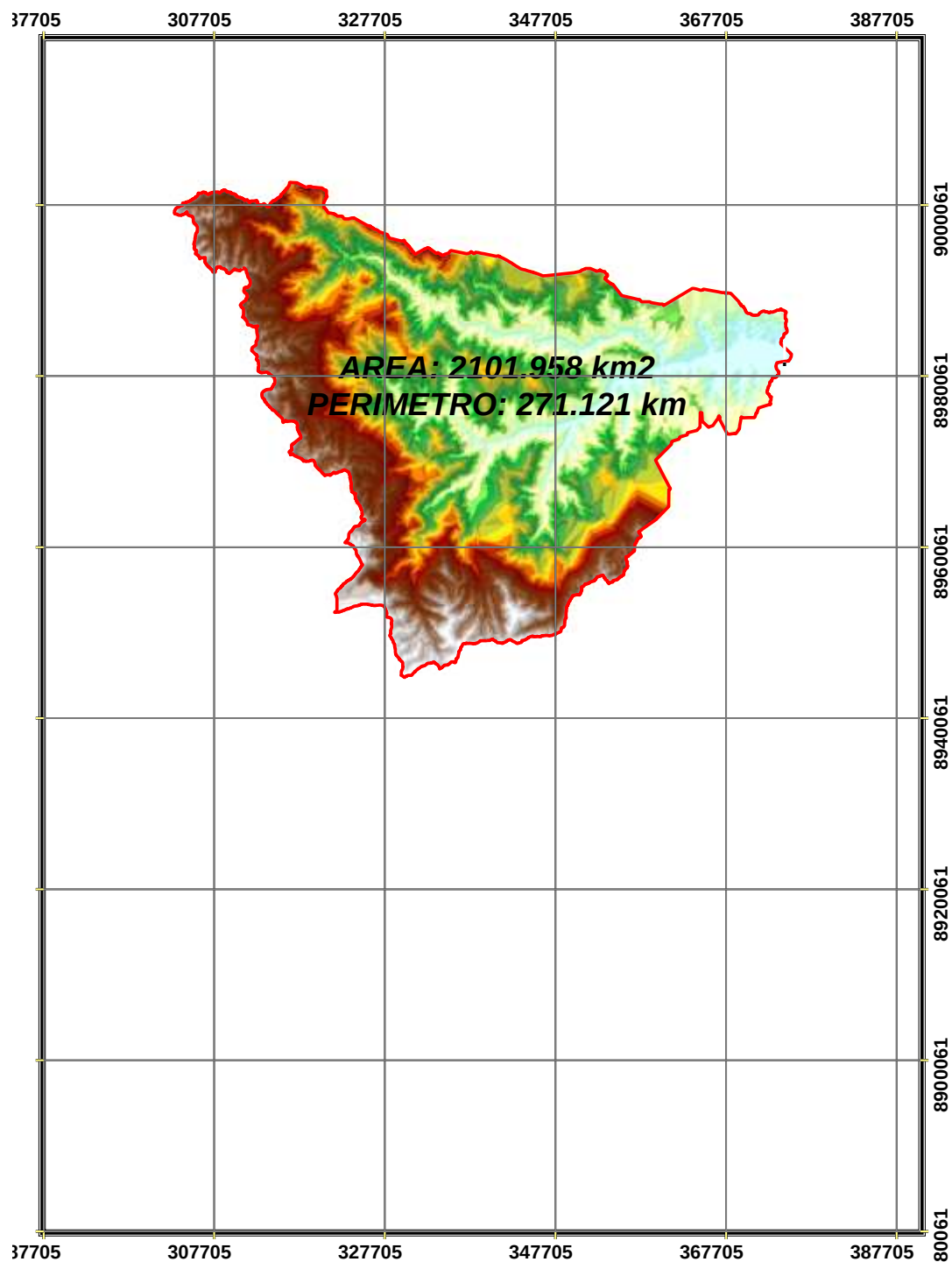


Figura 15

Clasificación de la cuenca según pendiente

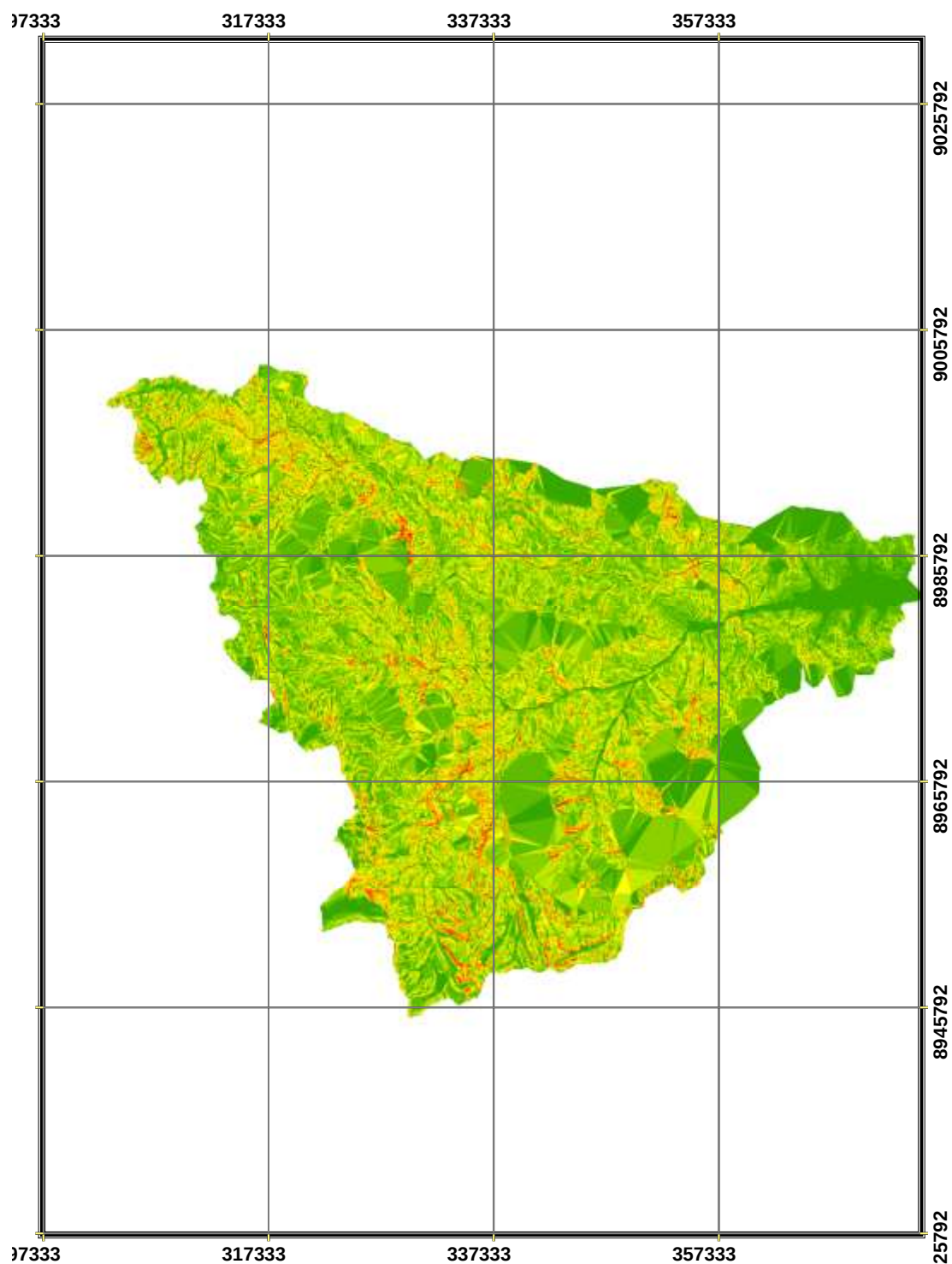


Figura 16

Clasificación de cuenca según Orden de Río

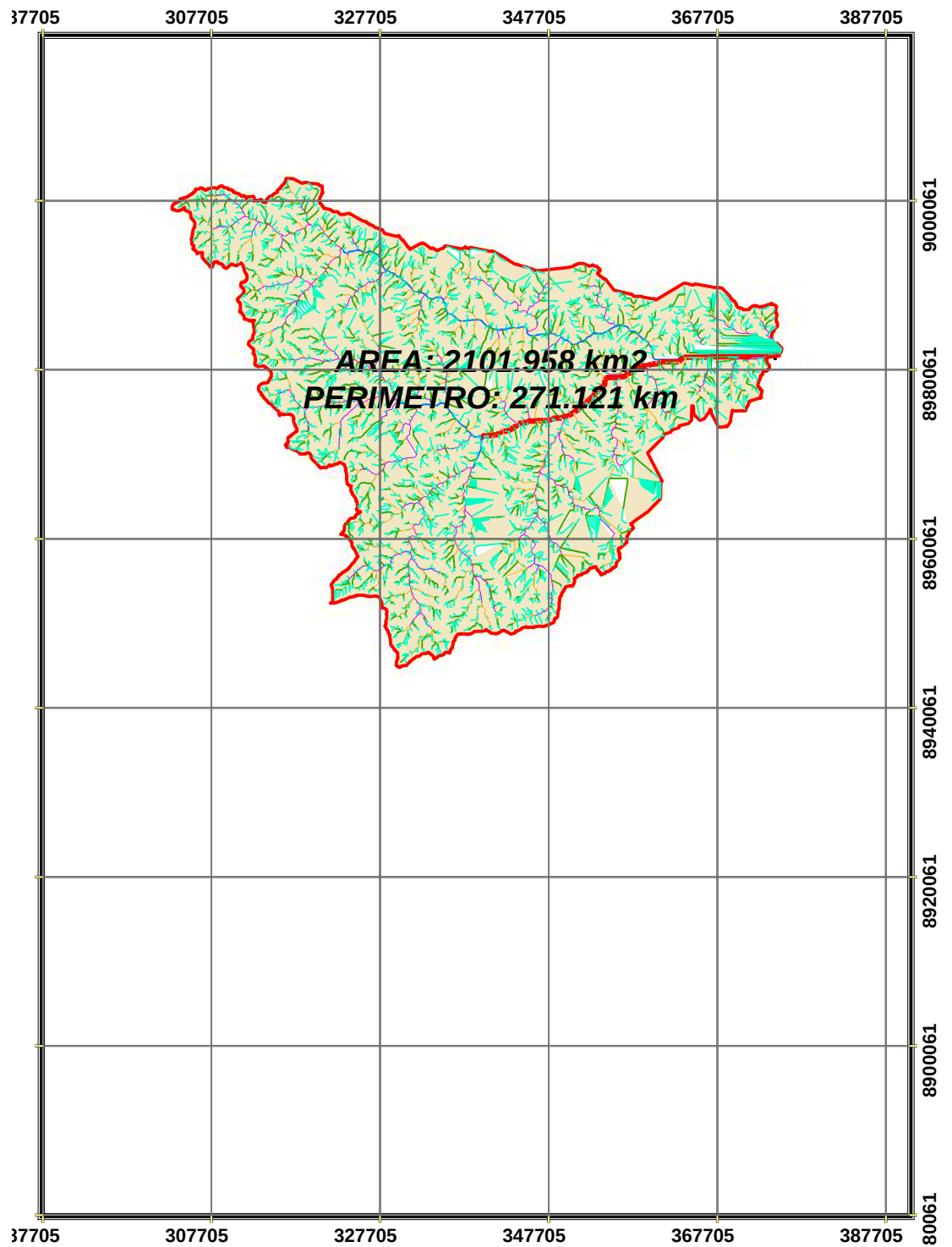


Tabla 10*Cuadro de resumen de resultados*

PARÁMETRO DE FORMA		
Descripción	Unidad	Cuenca
Área	Km ²	2,101,958
perímetro	Km	271,171
índice de compacidad (Ic)	-	1,668
Factor de Forma	-	0,152
Ancho Medio	Km	17,85
rectángulo equivalente		
Longitud Mayor (L)	Km	117,759
Longitud Mayor (I)	Km	17,850
relación de elongación	-	0,439
PARÁMETRO DE RELIEVE		
Descripción	Unidad	Cuenca
Curva hipsométrica		
Altitud Media	m.s.n.m.	2,918,128
Frecuencia altimétrica		
Altitud más frecuente	m.s.n.m.	2,193,751
Cotas		
Cota Menor	m.s.n.m.	4,650
Cota Mayor	m.s.n.m.	720
Pendiente media de la cuenca	%	45,22
PARÁMETRO DE RED HIDRÁULICA		
Descripción	Unidad	Cuenca
Longitud del río principal	Km	89,025
Pendiente media del río principal	m/m	0,046
Tiempo de concentración	min	442,585
tipo de corriente	-	perennes
Orden de la red hídrica	U	7
Longitud de la red hídrica	Km	4,837,740
Densidad de drenaje	Km/Km ²	2,3

4.1.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

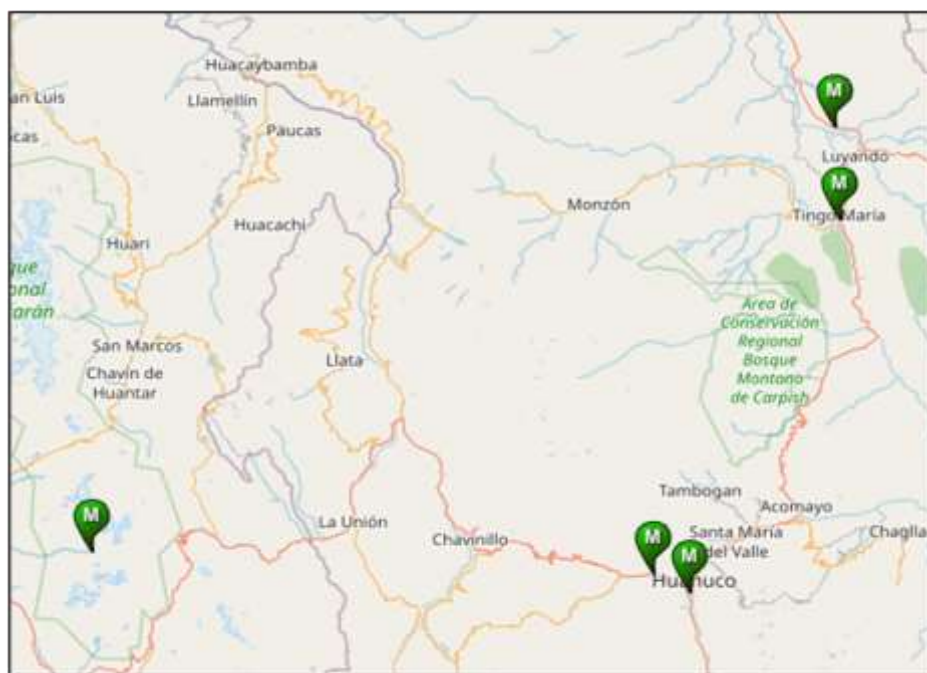
4.1.4.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

En el punto de interés del río Monzón, no hay estaciones de medición de precipitación hidrológica. Por este motivo, se ha decidido emplear estaciones cercanas situadas en zonas contiguas al área de estudio como referencia para examinar la respuesta del agua en esa cuenca. Las estaciones consideradas fueron las siguientes.

- Estación Tingo María
- Estación Huánuco
- Estación Tulumayo
- Estación Milpo

Figura 17

Estaciones pluviométricas para el estudio



Fuente: Estaciones meteorológicas región Huánuco y Ancash – SENAMHI

a) Precipitaciones máximas en 24 horas

El (SENAMHI) - Huánuco y Ancash suministran los datos hidrológicos. En el Anexo B, se presentan los datos de las

precipitaciones máximas en 24 horas para las cuatro estaciones mencionadas, desde 1990 hasta 2013. Se han identificado algunas discrepancias en los registros de ciertas estaciones.

4.1.4.2. ESTUDIO DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

a) Estimación de datos faltantes

Al no encontrar estaciones en el punto de interés, se utilizan estaciones de índices localizadas en proximidad al área de investigación, según se especifica en el Anexo D con referencia a la estación Tulumayo. Es importante señalar que esta estación presenta registros incompletos debido a ciertas inconsistencias. Según la teoría del capítulo II, la ausencia de información de precipitación se estima utilizando la información de estaciones cercanas, aplicando los datos completos de estaciones de las demás estaciones. En este estudio, se identifican los datos faltantes mediante el método del U.S. Weather Bureau, promedio aritmético simple y método de la razón normal. Es crucial obtener las precipitaciones medias anuales de cada estación para llevar a cabo los cálculos necesarios. Este procedimiento implica calcular el promedio de la precipitación mensual desde 1990 hasta 2013. Una vez obtenidos los promedios mensuales, se suman para determinar la precipitación media anual de cada estación.

Tabla 11

Promedio Anual de Precipitaciones registrados

Variable	Estaciones	Precip. media anual (mm)
α	Tingo María	685,65
X	Tulumayo	609,26
β	Huánuco	125,93
ϕ	Milpo	213,50

Método del Promedio aritmético simple: Se establece que si la disparidad en la cantidad anual de precipitación entre estaciones cercanas es menor al 10 % en comparación con la

estación incompleta (X), se procede a estimar los datos ausentes mediante el cálculo del promedio aritmético de las estaciones adyacentes. Siguiendo este enfoque, se realiza el cálculo correspondiente asignando variables a cada estación, como se presenta en la Tabla 12. El análisis sigue este procedimiento.

$$\Omega_1 = (\alpha - x) = 685.65 - 609.29 = 76mm = \frac{76}{609.29} \\ = 12.54\%$$

$$\Omega_2 = (\beta - x) = 125.93 - 609.29 = -483mm = -\frac{483}{609.29} \\ = -79.33\%$$

$$\Omega_3 = (\emptyset - x) = 213.50 - 609.29 = -393mm = -\frac{393}{609.29} \\ = -64.96\%$$

Tabla 12

Estimación de datos faltantes (promedio aritmético)

Estación	Media Anual	μ	%	< 10%
Tingo María	685,65	76,39	12,54	No cumple
Tulumayo	609,26	-----	-----	-----
Huánuco	125,93	-483,33	-79,33	Cumple
Milpo	213,50	-395,76	-64,96	Cumple

Dado que, la mayor parte de los meses, este método no satisface la condición de <10%, se opta por realizar los cálculos mediante el método de la razón normal.

Método de la razón normal: Si la diferencia en la precipitación anual media entre cualquiera de las estaciones índices y la estación problema supera el 10%, se emplea la siguiente fórmula adicional:

$$h_{xp} = \frac{1}{n} \left(\frac{P_x}{P_1} * h_{p_1} + \frac{P_x}{P_2} * h_{p_2} + \dots \dots \frac{P_x}{P_n} * h_{p_n} \right) \quad (19)$$

Donde:

hpi = Altura de precipitación registrada

hpx = Altura de precipitación faltante

Pi = Precipitación media anual

Px = Precipitación media anual

n = Número de estaciones auxiliares

Para substituir la fórmula, es necesario contar con las precipitaciones medias anuales de soporte y la altura de precipitación registrada en el día correspondiente en la estación de soporte (consultar Tabla 12). Al incorporar estos valores en la ecuación, se determinan las precipitaciones que faltan en la estación Tulumayo, tal como se describe a continuación.

- Determinación de la cantidad de precipitación faltante para el año 1990:

Tabla 13

Estimación de datos para enero de 1990

Estación	precip. media anual (mm)	tiempo de registro (años)	precip. mes ene-90 (mm)
Tingo maría	685,65	1900-2013	76,70
Tulumayo	609,26	1900-2013	hpx = 45,26
Huánuco	125,93	1900-2013	11,50
Milpo	213,50	1900-2013	4,20

Tabla 14

Estimación de datos para febrero de 1990

Estación	precip. media anual (mm)	tiempo de registro (años)	precip. mes feb-90 (mm)
Tingo maría	685,65	1900-2013	67,00
Tulumayo	609,26	1900-2013	hpx = 40,62
Huánuco	125,93	1900-2013	6,10
Milpo	213,50	1900-2013	11,50

Tabla 15*Estimación de datos para marzo de 1990*

Estación	precip. media anual (mm)	tiempo de registro (años)	precip. mes mar-90 (mm)
Tingo María	685,65	1900-2013	41,20
Tulumayo	609,26	1900-2013	hpx = 48,07
Huánuco	125,93	1900-2013	15,10
Milpo	213,50	1900-2013	12,10

Tabla 16*Estimación de datos para abril de 1990*

Estación	precip. media anual (mm)	tiempo de registro (años)	precip. mes abr-90 (mm)
Tingo María	685,65	1900-2013	33,00
Tulumayo	609,26	1900-2013	hpx = 44,66
Huánuco	125,93	1900-2013	20,10
Milpo	213,50	1900-2013	2,60

Siguiendo el mismo procedimiento se ha calculado para los demás datos faltantes por lo que se obtuvo el siguiente resultado según el (Anexo D) y finalmente se obtuvo los resultados finales de todos los datos faltantes que se represente en el (Anexo D).

b) Análisis de consistencia

Los datos hidrológicos, una secuencia extensa de observaciones del ciclo hidrológico, pueden presentar inconsistencias o falta de homogeneidad si el período de registro es muy largo, aumentando la probabilidad de errores.

Tabla 17*Cuadro de precipitaciones anuales totales y acumulados*

AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL				PRECIPITACIÓN ANUAL ACUMULADA			
	Tingo María	Huánuco	Milpo	Tulumayo	Tingo María	Huánuco	Milpo	Tulumayo
	α	φ	μ	β	α	φ	μ	β
1990	661.10	130.40	59.70	462.90	661.10	130.40	59.70	462.90
1991	560.40	117.60	185.34	531.94	1221.50	248.00	245.04	994.85
1992	824.10	162.80	105.11	606.63	2045.60	410.80	350.15	1601.47
1993	711.50	118.00	194.90	586.44	2757.10	528.80	545.05	2187.91
1994	888.80	137.55	181.70	597.34	3645.90	666.35	726.75	2785.26
1995	685.10	95.50	181.10	529.21	4331.00	761.85	907.85	3314.46
1996	647.20	103.51	170.40	620.40	4978.20	865.36	1078.25	3934.86
1997	642.40	81.90	141.80	698.20	5620.60	947.26	1220.05	4633.06
1998	821.20	118.70	216.90	750.50	6441.80	1065.96	1436.95	5383.56
1999	737.90	147.30	199.60	551.80	7179.70	1213.26	1636.55	5935.36
2000	622.90	120.80	179.80	558.50	7802.60	1334.06	1816.35	6493.86
2001	645.60	144.40	161.00	562.10	8448.20	1478.46	1977.35	7055.96
2002	760.90	131.50	243.30	631.76	9209.10	1609.96	2220.65	7687.72
2003	929.90	111.10	161.10	777.50	10139.00	1721.06	2381.75	8465.22
2004	617.10	106.20	204.20	531.20	10756.10	1827.26	2585.95	8996.42
2005	681.10	102.61	198.50	650.00	11437.20	1929.87	2784.45	9646.42
2006	728.80	141.60	201.20	639.90	12166.00	2071.47	2985.65	10286.32
2007	530.90	112.70	231.00	541.80	12696.90	2184.17	3216.65	10828.12

2008	548.30	147.70	299.90	524.50	13245.20	2331.87	3516.55	11352.62
2009	582.68	120.00	229.80	611.20	13827.88	2451.87	3746.35	11963.82
2010	570.30	127.40	214.80	539.00	14398.18	2579.27	3961.15	12502.82
2011	676.00	169.60	365.90	536.90	15074.18	2748.87	4327.05	13039.72
2012	562.40	150.40	402.44	590.70	15636.58	2899.27	4729.49	13630.42
2013	818.90	123.00	394.50	798.33	16455.48	3022.27	5123.99	14428.75

Tabla 18

Datos calculados de consistencia de las estaciones

AÑO	CONSISTENCIA DE LAS ESTACIONES							
	Tingo María α		Huánuco φ		Milpo μ		Tulumayo β	
	$(\varphi+\mu+\beta)/3$	Acum.	$(\alpha+\mu+\beta)/3$	Acum.	$(\alpha+\varphi+\beta)/3$	Acum.	$(\varphi+\mu+\alpha)/3$	Acum.
1990	217.67	217.67	394.57	394.57	418.13	418.13	283.73	283.73
1991	278.29	495.96	425.89	820.46	403.31	821.45	287.78	571.51
1992	291.51	787.47	511.95	1332.41	531.18	1352.62	364.00	935.52
1993	299.78	1087.25	497.61	1830.02	471.98	1824.60	341.47	1276.98
1994	305.53	1392.79	555.95	2385.97	541.23	2365.84	402.68	1679.67
1995	268.60	1661.39	465.14	2851.10	436.60	2802.44	320.57	2000.23
1996	298.10	1959.49	479.33	3330.44	457.04	3259.47	307.04	2307.27

1997	307.30	2266.79	494.13	3824.57	474.17	3733.64	288.70	2595.97
1998	362.03	2628.82	596.20	4420.77	563.47	4297.11	385.60	2981.57
1999	299.57	2928.39	496.43	4917.20	479.00	4776.11	361.60	3343.17
2000	286.37	3214.76	453.73	5370.94	434.07	5210.17	307.83	3651.00
2001	289.17	3503.92	456.23	5827.17	450.70	5660.87	317.00	3968.00
2002	335.52	3839.44	545.32	6372.49	508.05	6168.93	378.57	4346.57
2003	349.90	4189.34	622.83	6995.32	606.17	6775.09	400.70	4747.27
2004	280.53	4469.88	450.83	7446.16	418.17	7193.26	309.17	5056.44
2005	317.04	4786.91	509.87	7956.02	477.90	7671.16	327.40	5383.84
2006	327.57	5114.48	523.30	8479.32	503.43	8174.60	357.20	5741.04
2007	295.17	5409.65	434.57	8913.89	395.13	8569.73	291.53	6032.57
2008	324.03	5733.68	457.57	9371.46	406.83	8976.56	331.97	6364.54
2009	320.33	6054.01	474.56	9846.02	437.96	9414.52	310.83	6675.37
2010	293.73	6347.75	441.37	10287.38	412.23	9826.76	304.17	6979.53
2011	357.47	6705.21	526.27	10813.65	460.83	10287.59	403.83	7383.37
2012	381.18	7086.39	518.51	11332.16	434.50	10722.09	371.75	7755.11
2013	438.61	7525.00	670.58	12002.74	580.08	11302.17	445.47	8200.58

En la Figura 18, se observa la curva de doble masa no es una recta uniforme, tampoco presenta una sola pendiente por lo que se concluye que no es consistente y requiere ser corregida. Se exhibe un cambio de pendiente en la línea en 2010, señalado por el círculo rojo, indicando que la estación inició operaciones en condiciones distintas a partir de ese año. Para mantener la coherencia en la información registrada en todos los años, los registros inferiores a 2010 pueden ajustarse multiplicándolos por un factor de corrección (Ecuación 9). En la Tabla 19, se representa las interpolaciones de los datos estacionarios anuales y acumuladas.

Figura 18

Curva de doble masa para la estación Tingo María



Figura 19

Recta para estimar pendientes

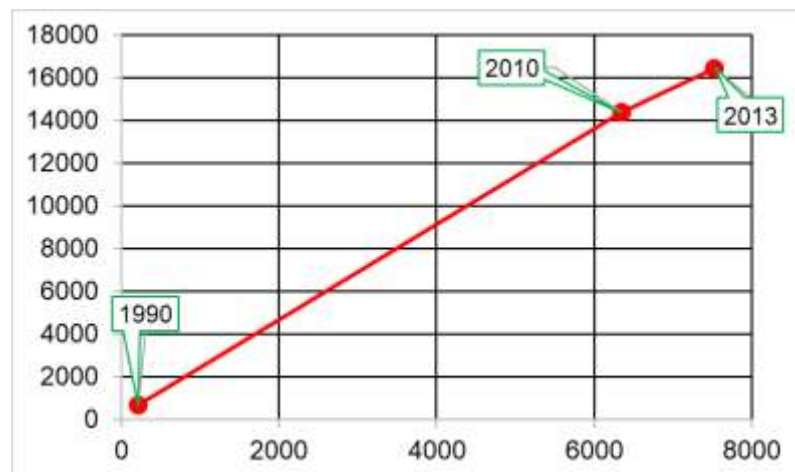


Tabla 19*Datos para interpolación*

Tingo María α	Tabla 18	Tabla 17
	$(\varphi+\mu+\beta)/3$ Acumulado	Anual acumulado
AÑO	X	Y
1990.00	217.67	661.10
2010.00	6347.75	14398.18
2013.00	7525.00	16455.48

$$m_2 = 1.75$$

$$m_1 = 2.24$$

$$F_c = \frac{1.75}{2.24} = 0.78$$

Tabla 20*Resultado de corrección de la estación Tingo María*

AÑO	ESTACIÓN TINGO MARIA			
	SIN CORREGIR		CORREGIDO	
	Tingo María α	Precip. Anual Acum.	Tingo María α° $\alpha^\circ = \alpha * F_c$	Precip. Anual Acum.
1990	661,10	661,10	515,54	515,54
1991	560,40	1221,50	437,02	952,56
1992	824,10	2045,60	642,66	1595,21
1993	711,50	2757,10	554,85	2150,06
1994	888,80	3645,90	693,11	2843,17
1995	685,10	4331,00	534,26	3377,43
1996	647,20	4978,20	504,70	3882,13
1997	642,40	5620,60	500,96	4383,10
1998	821,20	6441,80	640,39	5023,49
1999	737,90	7179,70	575,43	5598,92
2000	622,90	7802,60	485,75	6084,68
2001	645,60	8448,20	503,46	6588,13
2002	760,90	9209,10	593,37	7181,50
2003	929,90	10139,00	725,16	7906,67
2004	617,10	10756,10	481,23	8387,90
2005	681,10	11437,20	531,14	8919,04
2006	728,80	12166,00	568,34	9487,38

2007	530,90	12696,90	414,01	9901,39
2008	548,30	13245,20	427,58	10328,96
2009	582,68	13827,88	454,39	10783,35
2010	570,30	14398,18	570,30	11353,65
2011	676,00	15074,18	676,00	12029,65
2012	562,40	15636,58	562,40	12592,05
2013	818,90	16455,48	818,90	13410,95

Las cuatro estaciones presentan una sola pendiente, por lo tanto, no requieren ser corregidas nuevamente.

Figura 20

Análisis de consistencia corregida (Estación Huánuco)

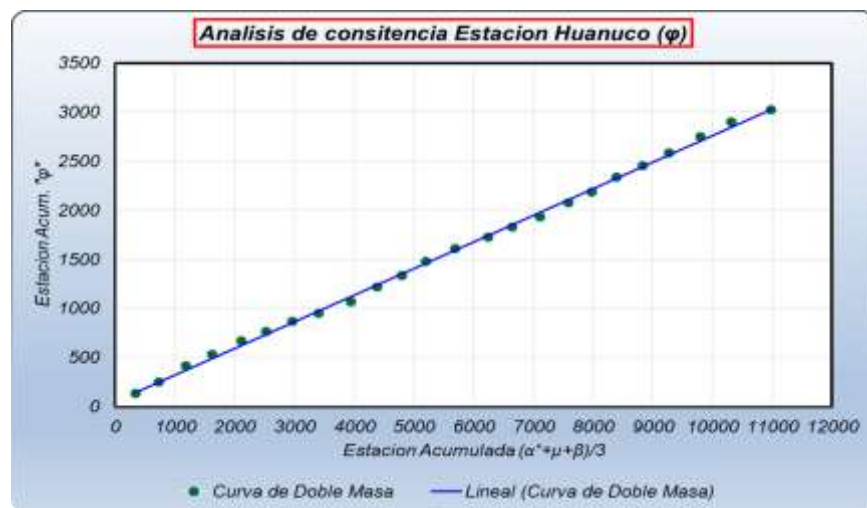


Figura 21

Análisis de consistencia corregida (Estación Milpo)

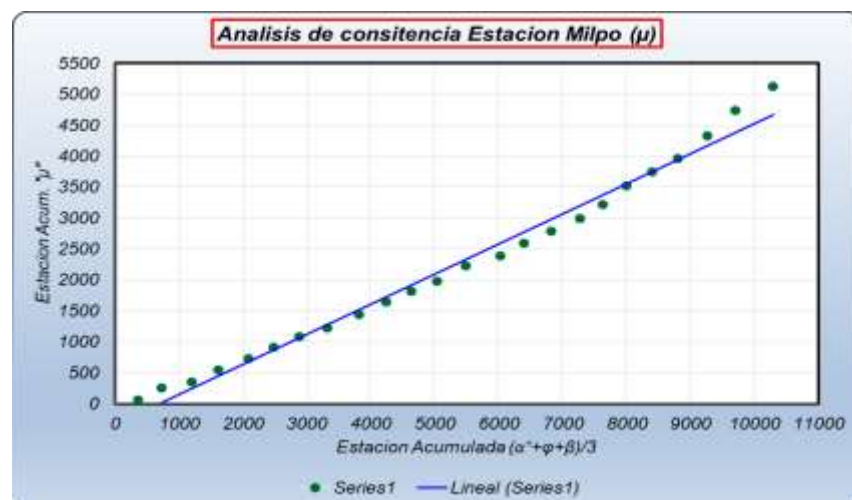


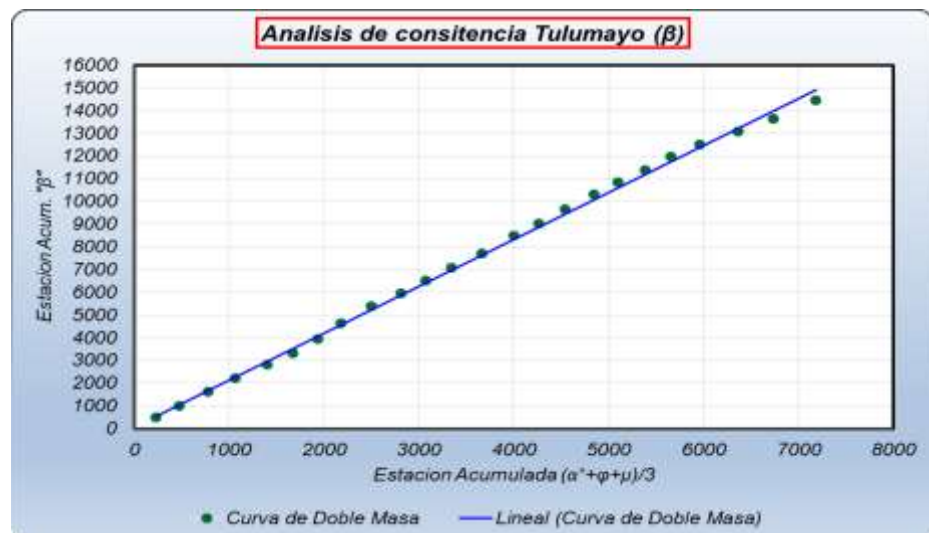
Figura 22

Análisis de consistencia corregida (Estación Tingo María)



Figura 23

Análisis de consistencia corregida (Estación Tulumayo)



c) Análisis probabilístico para la interpretación de datos hidrológicos

Varios expertos señalan la presencia de numerosos métodos de Análisis Estadístico de Distribuciones de Probabilidad en Hidrología. Entonces, resulta crucial seleccionar un modelo específico entre estos, aquel que se ajuste de manera óptima al problema objeto de análisis. Para examinar las precipitaciones máximas en la cuenca, se emplearon los datos más recientes de los registros históricos máximos de 24 horas de las cuatro

estaciones evaluadas en un tiempo de 24 años (1900-2013). Estos registros se sometieron a un ajuste y análisis mediante tres métodos probabilísticos precisos, que a continuación se describe:

➤ **Distribución de Log Normal 2 parámetros.**

La aplicación de esta distribución requiere de la transformación logarítmica de los datos hidrológicos, expresándolos como $Y=\ln X$. Luego, se utilizan las funciones del programa Hidroesta y Microsoft Excel 2016 para llevar a cabo los cálculos correspondientes. A continuación, se describen las ecuaciones para el cálculo de la distribución Log Normal 2:

$$f_x = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \frac{1}{x\beta} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2} \quad (20)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} \quad (21)$$

$$s = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(\ln x_i - \alpha)^2}{n} \right]^{0.5} \quad (22)$$

$$P = \frac{1}{T_r} \quad (23)$$

$$w = \left[\ln \left(\frac{1}{P^2} \right) \right]^{0.5}, 0 < P \leq 0.5 \quad (24)$$

$$z = \frac{\ln x - \alpha}{\beta} \quad (25)$$

$$K_T = z + (z^2 - 1)k + \frac{1}{3}(z^3 - 6z)k^2 - (z^2 - 1)k^3 + zk^4 - \frac{1}{3}k^5 \quad (26)$$

$$Y_T = y + K_T S_y \quad (27)$$

$$X_T = 10^{Y_T} \quad (28)$$

Donde:

$F(x)$ = Función de densidad de probabilidad

X = Media

S_y = Desviación estándar

w = Variable intermedia

z = Variable normal estándar

$K(T)$ = Factor de frecuencia, donde $k = 0$

$Y(T)$ = Magnitud respecto a la desviación estándar

$X(T)$ = Valor para un determinado período de retorno

Con el objetivo de realizar una evaluación probabilística de las precipitaciones máximas en un lapso de 24 horas, se suministran datos de las cuatro estaciones que serán sujetas a análisis, contemplando diversos intervalos de retorno.

Tabla 21

Registros de precipitaciones Máx. 24 h anuales

AÑO	Tingo María	Huánuco	Milpo	Tulumayo
	Pmax 24 h.	Pmax 24 h.	Pmax 24 h.	Pmax 24 h.
1990	86,30	21,30	12,10	60,64
1991	98,40	28,80	26,80	89,24
1992	98,30	38,40	16,80	97,47
1993	104,00	18,00	33,50	80,55
1994	149,20	24,00	31,60	94,54
1995	98,40	18,90	28,20	77,41
1996	78,00	17,10	33,20	102,90
1997	99,80	11,40	25,40	136,00
1998	156,00	27,50	44,80	113,30
1999	116,50	33,00	40,80	113,80
2000	88,50	20,30	41,00	96,60
2001	95,90	48,70	28,40	90,70
2002	123,10	27,20	55,60	103,50
2003	149,70	23,00	24,60	126,00
2004	80,00	17,60	29,50	102,40
2005	97,50	25,50	28,20	142,00
2006	108,00	28,00	43,20	118,60
2007	70,50	27,30	39,40	76,80
2008	95,80	33,10	53,80	68,30
2009	78,20	19,60	37,20	97,60
2010	69,90	22,60	52,70	108,50
2011	105,00	36,20	98,50	89,00
2012	103,70	30,70	98,60	80,00
2013	121,00	19,90	58,00	107,36

Tabla 22*Cálculo probabilístico (estación Tingo María)*

m	Año	Pmax 24 h.	Año ordenado	Pmax 24 h > a < (X)	Y= Log(X)	(Log Y)²	(Log Y)³	período de retorno Tr=(n+1)/m	Probab. 1/Tr
1	1990	86,30	1998	156,00	2,19	0,12	0,04	25,00	0,04
2	1991	98,40	2003	149,70	2,18	0,11	0,04	12,50	0,08
3	1992	98,30	1994	149,20	2,17	0,11	0,04	8,33	0,12
4	1993	104,00	2002	123,10	2,09	0,10	0,03	6,25	0,16
5	1994	149,20	2013	121,00	2,08	0,10	0,03	5,00	0,20
6	1995	98,40	1999	116,50	2,07	0,10	0,03	4,17	0,24
7	1996	78,00	2006	108,00	2,03	0,10	0,03	3,57	0,28
8	1997	99,80	2011	105,00	2,02	0,09	0,03	3,13	0,32
9	1998	156,00	1993	104,00	2,02	0,09	0,03	2,78	0,36
10	1999	116,50	2012	103,70	2,02	0,09	0,03	2,50	0,40
11	2000	88,50	1997	99,80	2,00	0,09	0,03	2,27	0,44
12	2001	95,90	1991	98,40	1,99	0,09	0,03	2,08	0,48
13	2002	123,10	1995	98,40	1,99	0,09	0,03	1,92	0,52
14	2003	149,70	1992	98,30	1,99	0,09	0,03	1,79	0,56
15	2004	80,00	2005	97,50	1,99	0,09	0,03	1,67	0,60
16	2005	97,50	2001	95,90	1,98	0,09	0,03	1,56	0,64
17	2006	108,00	2008	95,80	1,98	0,09	0,03	1,47	0,68
18	2007	70,50	2000	88,50	1,95	0,08	0,02	1,39	0,72

19	2008	95,80	1990	86,30	1,94	0,08	0,02	1,32	0,76
20	2009	78,20	2004	80,00	1,90	0,08	0,02	1,25	0,80
21	2010	69,90	2009	78,20	1,89	0,08	0,02	1,19	0,84
22	2011	105,00	1996	78,00	1,89	0,08	0,02	1,14	0,88
23	2012	103,70	2007	70,50	1,85	0,07	0,02	1,09	0,92
24	2013	121,00	2010	69,90	1,84	0,07	0,02	1,04	0,96

- **Parámetros estadísticos**

Los resultados de los parámetros estadísticos se muestran en la Tabla 23, Tabla 24, Tabla 25 y Tabla 26. Posteriormente, se realizaron los cálculos utilizando las fórmulas indicadas con el fin de determinar las precipitaciones máximas en un período de 24 horas para distintos intervalos de retorno.

Tabla 23

Parámetros estadísticos (Estación Tingo María)

n	24
Media Pmax (X)	102,99
Media (Y)	2,00
Sum (Log Y) ²	2,19
Sum (Log Y) ³	0,66
Varianza (Y)	0,0090
Desviación estándar (Sy)	0,0949

Tabla 24

Parámetros estadísticos (Estación Huánuco)

n	24
Media Pmax (X)	25,75
Media (Y)	1,39
Sum (Log Y) ²	0,52
Sum (Log Y) ³	0,09
Varianza (Y)	0,0187
Desviación estándar (Sy)	0,1368

Tabla 25

Parámetros estadísticos (Estación Milpo)

n	24
Media Pmax (X)	40,91
Media (Y)	1,56
Sum (Log Y) ²	0,95
Sum (Log Y) ³	0,21
Varianza (Y)	0,0429
Desviación estándar (Sy)	0,2072

Tabla 26*Parámetros estadísticos (Estación Huánuco)*

n	24
Media Pmax (X)	98,88
Media (Y)	1,99
Sum (Log Y) ²	2,13
Sum (Log Y) ³	0,64
Varianza (Y)	0,0081
Desviación estándar (Sy)	0,0902

➤ Cálculo de precipitación máxima estación Tingo María, para un período de retorno de $Tr = 2$ años

Se realizó el cálculo para períodos de retorno de 2, 5, 25, 50, 100, 200 y 500 años. Los resultados de estos cálculos se presentan en la Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29 y Tabla 30.

Tabla 27*Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Tingo María*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0,500	1,1774	0,000	0,000	2,003	100,61
5	0,200	1,7941	0,842	0,842	2,082	120,91
10	0,100	2,1460	1,282	1,282	2,124	133,13
25	0,040	2,5373	1,751	1,751	2,169	147,51
50	0,020	2,7971	2,054	2,054	2,198	157,61
100	0,010	3,0349	2,327	2,327	2,223	167,28
200	0,005	3,2552	2,576	2,576	2,247	176,65
500	0,002	3,5255	2,879	2,879	2,276	188,72

Tabla 28*Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Huánuco*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	0.000	1.390	24.57
5	0.200	1.7941	0.842	0.842	1.506	32.03
10	0.100	2.1460	1.282	1.282	1.566	36.79
25	0.040	2.5373	1.751	1.751	1.630	42.65
50	0.020	2.7971	2.054	2.054	1.671	46.93
100	0.010	3.0349	2.327	2.327	1.709	51.14
200	0.005	3.2552	2.576	2.576	1.743	55.32
500	0.002	3.5255	2.879	2.879	1.784	60.84

Tabla 29*Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Milpo*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	0.000	1.564	36.61
5	0.200	1.7941	0.842	0.842	1.738	54.70
10	0.100	2.1460	1.282	1.282	1.829	67.48
25	0.040	2.5373	1.751	1.751	1.926	84.42
50	0.020	2.7971	2.054	2.054	1.989	97.56
100	0.010	3.0349	2.327	2.327	2.046	111.11
200	0.005	3.2552	2.576	2.576	2.097	125.15
500	0.002	3.5255	2.879	2.879	2.160	144.57

Tabla 30*Parámetros para calcular Pmax 24 h - Estación Tulumayo*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	0.000	1.986	96.90
5	0.200	1.7941	0.842	0.842	2.062	115.40
10	0.100	2.1460	1.282	1.282	2.102	126.46
25	0.040	2.5373	1.751	1.751	2.144	139.40
50	0.020	2.7971	2.054	2.054	2.172	148.46

100	0.010	3.0349	2.327	2.327	2.196	157.11
200	0.005	3.2552	2.576	2.576	2.219	165.47
500	0.002	3.5255	2.879	2.879	2.246	176.19

➤ Distribución Log Pearson Tipo III

Se toma la transformación logarítmica de los datos hidrológicos, expresándolos como $Y = \log X$. A continuación, se calcula la media de Y , la desviación estándar (S_y), y el coeficiente de asimetría (C_s) para los logaritmos de los datos. El factor de frecuencia se determina en función del período de retorno T . Se aplican las fórmulas correspondientes, incorporando el coeficiente de asimetría y el valor de k detalladas en las ecuaciones Ecuación 29 y Ecuación 30.

$$C_s = Y \log(X) \quad (29)$$

$$k = \frac{C_s}{6} \quad (30)$$

• Parámetros estadísticos

Se emplean los valores de la referencia. Tabla, a los cuales, se les agrega el Coeficiente de asimetría C_s , representado por $C_s = Y \log(X)$.

Tabla 31

Coeficiente de asimetría de las estaciones

Estación	C_s
Tingo María	0.3766
Huánuco	-0.1162
Milpo	0.0854
Tulumayo	-0.2761

➤ Cálculo de precipitación máxima para un período de retorno de 2 años estación Tingo María.

Se realizaron los cálculos para diversos períodos de retorno de 2, 5, 25, 50, 100, 200 y 500 años.

Tabla 32*Parámetros para calcular Pmax 24 h – Estación Huánuco*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	-0.062	1.997	99.24
5	0.200	1.7941	0.842	0.817	2.080	120.28
10	0.100	2.1460	1.282	1.315	2.127	134.09
25	0.040	2.5373	1.751	1.874	2.180	151.51
50	0.020	2.7971	2.054	2.251	2.216	164.52
100	0.010	3.0349	2.327	2.601	2.249	177.61
200	0.005	3.2552	2.576	2.931	2.281	190.89
500	0.002	3.5255	2.879	3.343	2.320	208.87

Tabla 33*Parámetros para calcular Pmax 24 h – Estación Huánuco*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	0.019	1.393	24.72
5	0.200	1.7941	0.842	0.847	1.506	32.08
10	0.100	2.1460	1.282	1.269	1.564	36.64
25	0.040	2.5373	1.751	1.711	1.624	42.11
50	0.020	2.7971	2.054	1.992	1.663	46.01
100	0.010	3.0349	2.327	2.241	1.697	49.77
200	0.005	3.2552	2.576	2.468	1.728	53.45
500	0.002	3.5255	2.879	2.739	1.765	58.21

Tabla 34*Parámetros para calcular Pmax 24 h – Estación Milpo*

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	-0.014	1.561	36.36
5	0.200	1.7941	0.842	0.837	1.737	54.58
10	0.100	2.1460	1.282	1.291	1.831	67.77
25	0.040	2.5373	1.751	1.780	1.932	85.60
50	0.020	2.7971	2.054	2.100	1.999	99.70
100	0.010	3.0349	2.327	2.390	2.059	114.48

200	0.005	3.2552	2.576	2.657	2.114	130.04
500	0.002	3.5255	2.879	2.983	2.182	151.93

Tabla 35

Parámetros para calcular Pmax 24 h -Estación Tulumayo

Tr	P	W	Z	K(T)	Y (T)	X(T) (mm)
2	0.500	1.1774	0.000	0.046	1.990	97.83
5	0.200	1.7941	0.842	0.852	2.063	115.65
10	0.100	2.1460	1.282	1.248	2.099	125.58
25	0.040	2.5373	1.751	1.653	2.135	136.58
50	0.020	2.7971	2.054	1.904	2.158	143.90
100	0.010	3.0349	2.327	2.123	2.178	150.61
200	0.005	3.2552	2.576	2.319	2.195	156.84
500	0.002	3.5255	2.879	2.549	2.216	164.52

➤ Distribución o ley de Gumbel

A continuación, se muestran las fórmulas para el cálculo de distribución o ley de Gumbel (Aparicio, 1992).

$$Fx = e^{-e^{-\alpha}(x-\beta)} \quad (31)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln x_i}{n} \quad (32)$$

$$s = \left[\sum_{i=1}^n \frac{(X_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{0.5} \quad (33)$$

$$\alpha = \frac{\sigma_Y}{s} \quad (34)$$

$$\beta = \bar{x} - \frac{u_Y}{\alpha} \quad (35)$$

$$Y_T = \ln \ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \quad (36)$$

$$X_T = \beta - \frac{1}{\alpha} Y_T \quad (37)$$

$$T = \frac{n+1}{m} \quad (38)$$

Donde:

F(x) = Función de densidad de probabilidad

X = Media

s = Desviación estándar

α y β = Parámetros de la función

T = Período de retorno (Probabilidad Empírica)

Y_T = Variable de Gumbel para el período de retorno T

X_T = Valor para un determinado período de retorno

Para llevar a cabo el análisis probabilístico de las precipitaciones máximas en 24 horas para distintos períodos de retorno.

Tabla 36

Análisis probabilístico Gumbel de la estación Tingo María

m	Año	Pmax 24 h.	Año ordenado	Pmax 24 h > a < (X)	Probab. P>X
1	1990	86.30	1998	156.00	0.04
2	1991	98.40	2003	149.70	0.08
3	1992	98.30	1994	149.20	0.12
4	1993	104.00	2002	123.10	0.16
5	1994	149.20	2013	121.00	0.20
6	1995	98.40	1999	116.50	0.24
7	1996	78.00	2006	108.00	0.28
8	1997	99.80	2011	105.00	0.32
9	1998	156.00	1993	104.00	0.36
10	1999	116.50	2012	103.70	0.40
11	2000	88.50	1997	99.80	0.44
12	2001	95.90	1991	98.40	0.48
13	2002	123.10	1995	98.40	0.52
14	2003	149.70	1992	98.30	0.56
15	2004	80.00	2005	97.50	0.60
16	2005	97.50	2001	95.90	0.64
17	2006	108.00	2008	95.80	0.68
18	2007	70.50	2000	88.50	0.72
19	2008	95.80	1990	86.30	0.76
20	2009	78.20	2004	80.00	0.80
21	2010	69.90	2009	78.20	0.84

m	Año	Pmax 24 h.	Año ordenado	Pmax 24 h > a < (X)	Probab. P>X
22	2011	105.00	1996	78.00	0.88
23	2012	103.70	2007	70.50	0.92
24	2013	121.00	2010	69.90	0.96

- **Parámetros estadísticos**

Se llevó a cabo el cálculo de los parámetros estadísticos y los datos que serán objeto de análisis (Tabla 37, Tabla 38, Tabla 39 y Tabla 40). Para las constantes σ_y y U_y , las cuales son funciones constantes de N, se opta por medio del método descrito en el (Anexo J).

Tabla 37

Parámetros estadísticos (Estación Tingo María)

Nº	24
Media Pmax (X)	102,99
Desv. estándar (Sy)	23,48
U_y	0,53
σ_y	1,09
Alfa α	0,05
Beta β	91,54

Tabla 38

Parámetros estadísticos (Estación Huánuco)

Nº	24
Media Pmax (X)	25,75
Desv. estándar (Sy)	8,20
U_y	0,53
σ_y	1,09
Alfa α	0,13
Beta β	21,76

Tabla 39*Parámetros estadísticos (Estación Milpo)*

N°	24,00
Media Pmax (X)	40,91
Desv. estándar (Sy)	21,29
u_y	0,53
σ_y	1,09
Alfa α	0,05
Beta β	30,54

Tabla 40*Parámetros estadísticos (Estación Tulumayo)*

N°	24,00
Media Pmax (X)	98,88
Desv. estándar (Sy)	20,14
u_y	0,53
σ_y	1,09
Alfa α	0,05
Beta β	89,07

➤ Cálculo de precipitación máxima para un período de retorno de 2 años estación Tingo María

Este ejemplo ilustra el procedimiento de cálculo para un período de retorno de 2 años. El mismo enfoque se aplica de manera consistente para los demás períodos. Los resultados de todas las estaciones se presentan en la Tabla 41, Tabla 42, Tabla 43 y Tabla 44

Tabla 41*Pmax 24 h mediante Gumbel para la estación Tingo María*

Tr	Prob(Pmax<=x)	Y(T)	X(T) mm
2	0,500	0,3665	99,46
5	0,800	1,4999	123,96
10	0,900	2,2504	140,18
25	0,960	3,1985	160,68

50	0,980	3,9019	175,88
100	0,990	4,6001	190,97
200	0,995	5,2958	206,01
500	0,998	6,2136	225,84

Tabla 42

P_{max} 24 h mediante Gumbel para la estación Huánuco

Tr	Prob(P _{max} ≤x)	Y(T)	X(T) mm
2	0,500	0,37	24,52
5	0,800	1,50	33,08
10	0,900	2,25	38,74
25	0,960	3,20	45,89
50	0,980	3,90	51,20
100	0,990	4,60	56,47
200	0,995	5,30	61,71
500	0,998	6,21	68,64

Tabla 43

P_{max} 24 h mediante Gumbel para la estación Milpo

Tr	Prob(P _{max} ≤x)	Y(T)	X(T) mm
2	0,500	0,37	37,72
5	0,800	1,50	59,93
10	0,900	2,25	74,63
25	0,960	3,20	93,21
50	0,980	3,90	106,99
100	0,990	4,60	120,67
200	0,995	5,30	134,30
500	0,998	6,21	152,28

Tabla 44*Pmax 24 h mediante Gumbel para la estación Tulumayo*

Tr	Prob(Pmax<=x)	Y(T)	X(T) mm
2	0,500	0,37	95,86
5	0,800	1,50	116,87
10	0,900	2,25	130,78
25	0,960	3,20	148,36
50	0,980	3,90	161,40
100	0,990	4,60	174,35
200	0,995	5,30	187,24
500	0,998	6,21	204,26

4.1.4.3. AJUSTE DE LOS DATOS DE LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS

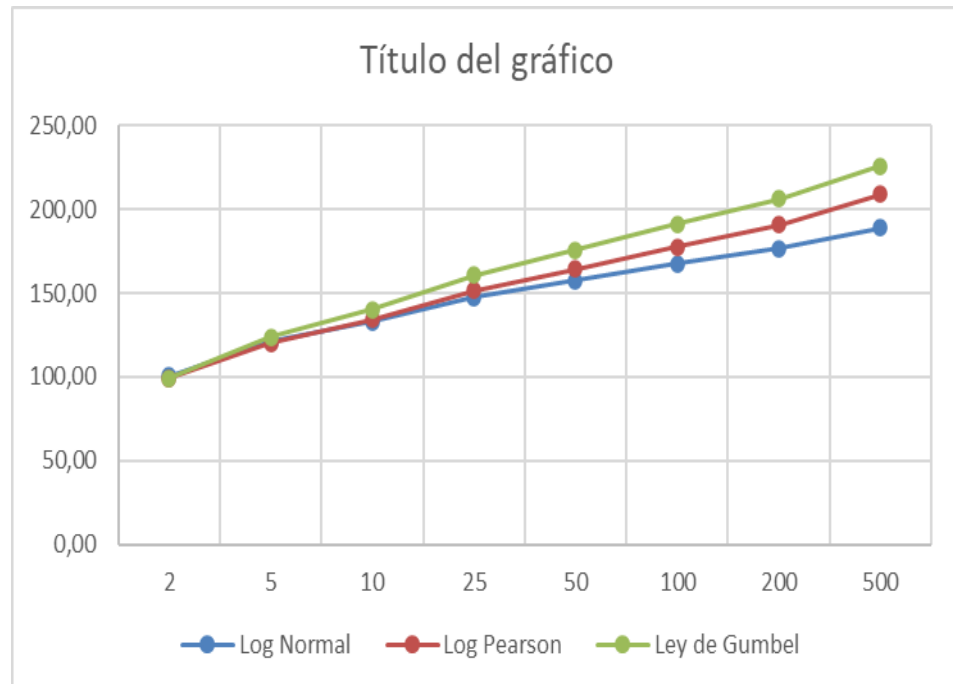
Como parte de la confirmación de que la distribución de probabilidad se adapta a los datos hidrológicos recopilados, se empleó el análisis gráfico. Se selecciona la función de distribución de probabilidad que mejor se ajuste visualmente a los datos medidos. Utilizando Microsoft Excel 2016, se lleva a cabo un análisis gráfico detallado con el objetivo de obtener las precipitaciones máximas para distintos períodos de retorno.

Tabla 45*Resumen de Pmax 24m (mm) -Tingo María*

Tr (Años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	100,61	99,24	99,46
5	120,91	120,28	123,96
10	133,13	134,09	140,18
25	147,51	151,51	160,68
50	157,61	164,52	175,88
100	167,28	177,61	190,97
200	176,65	190,89	206,01
500	188,72	208,87	225,84

Figura 24

Ajuste gráfico - Tingo María



Podemos deducir que los datos se ajustan mejor al log Normal; por tanto, se toma los datos de las Pmax 24 h.

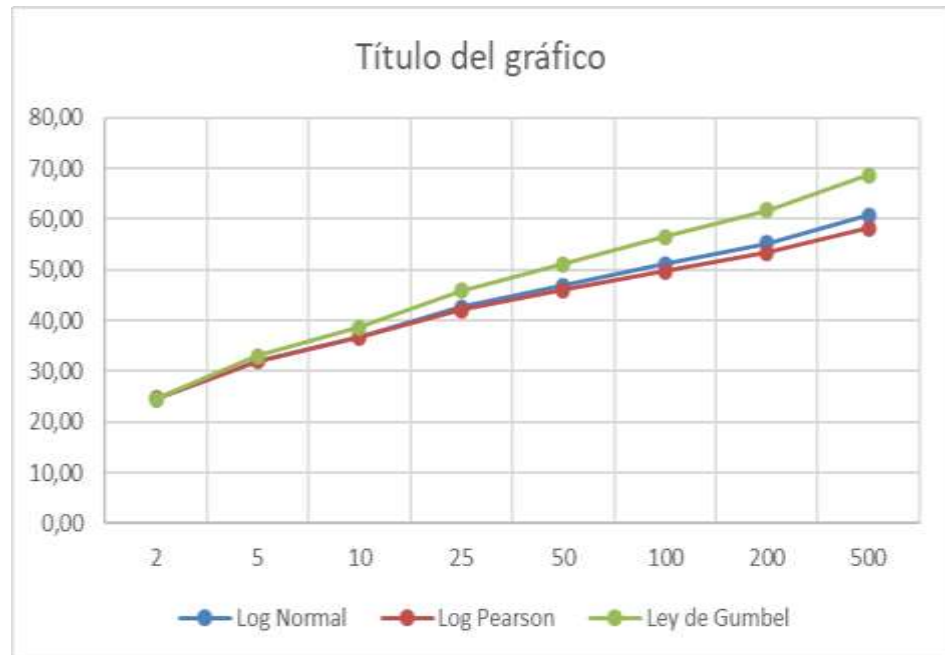
Tabla 46

Resumen probabilístico de Pmax 24m (mm)-Huánuco

Tr (Años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	24,57	24,72	24,52
5	32,03	32,08	33,08
10	36,79	36,64	38,74
25	42,65	42,11	45,89
50	46,93	46,01	51,20
100	51,14	49,77	56,47
200	55,32	53,45	61,71
500	60,84	58,21	68,64

Figura 25

Ajuste gráfico - Huánuco



Podemos deducir que los datos se ajustan mejor al log Pearson; por tanto, se toma los datos de las Pmax 24 h.

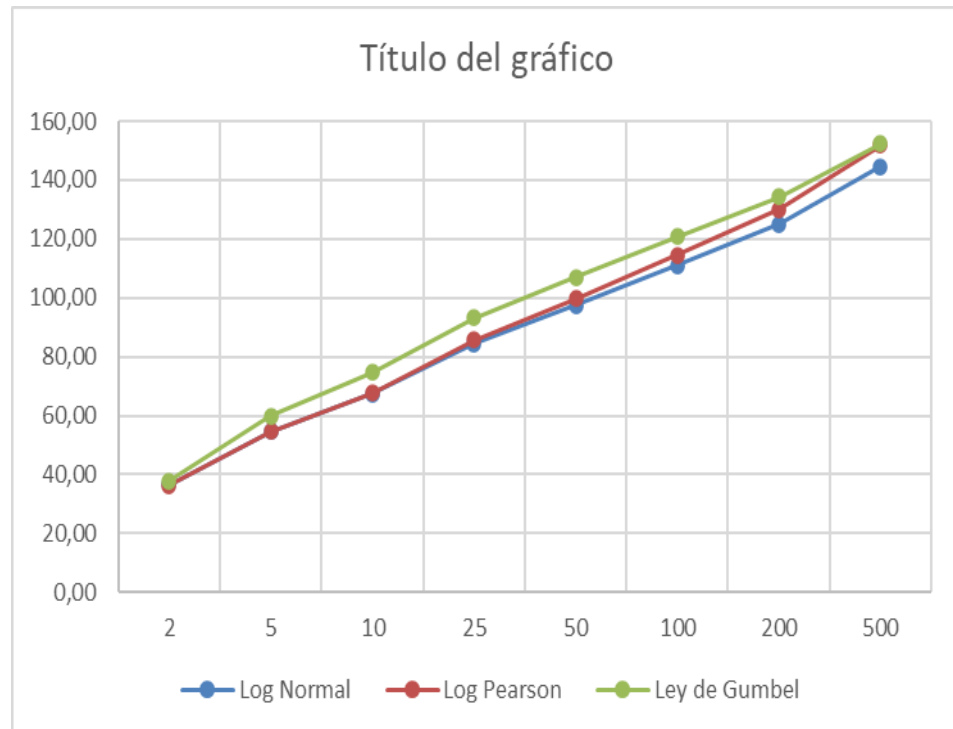
Tabla 47

Resumen probabilístico de Pmax 24m (mm)-Milpo

Tr (Años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	36,61	36,36	37,72
5	54,70	54,58	59,93
10	67,48	67,77	74,63
25	84,42	85,60	93,21
50	97,56	99,70	106,99
100	111,11	114,48	120,67
200	125,15	130,04	134,30
500	144,57	151,93	152,28

Figura 26

Ajuste Grafico - Milpo



De la gráfica podemos deducir que los datos se ajustan mejor a la distribución log Normal; por tanto, se toma los datos de las Pmax 24 h.

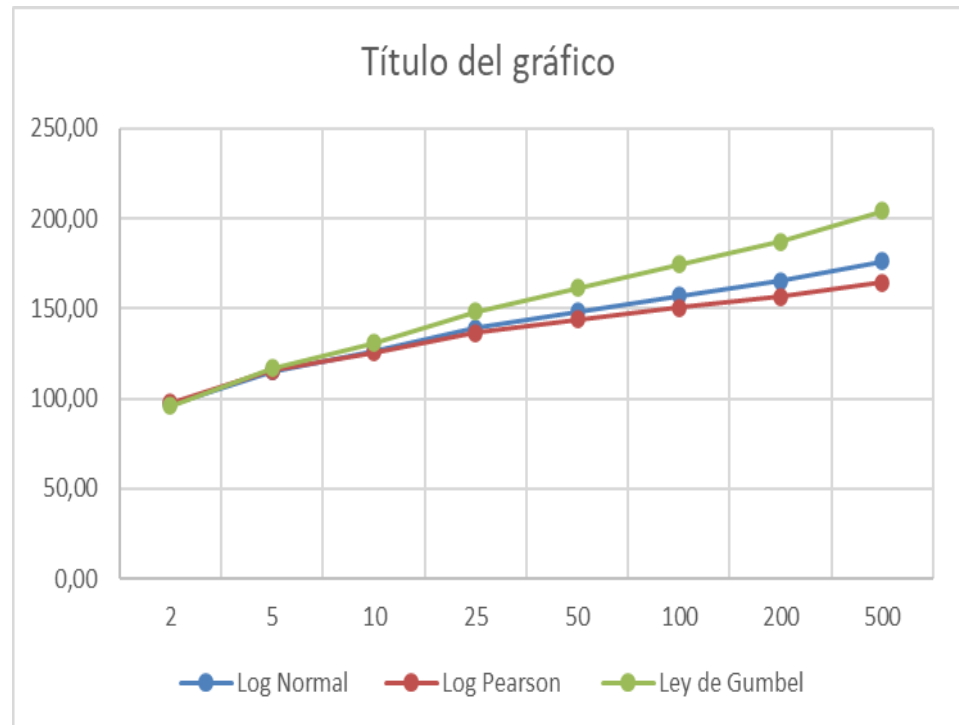
Tabla 48

Resumen probabilístico de Pmax 24m (mm)-Tulumayo

Tr (Años)	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel
2	96,90	97,83	95,86
5	115,40	115,65	116,87
10	126,46	125,58	130,78
25	139,40	136,58	148,36
50	148,46	143,90	161,40
100	157,11	150,61	174,35
200	165,47	156,84	187,24
500	176,19	164,52	204,26

Figura 27

Ajuste gráfico - Tulumayo



La distribución de Pearson III de longitud se ajusta mejor a los datos recopilados en la estación analizada. De esta forma, se determinan las precipitaciones máximas en 24 horas ($P_{\max}$ 24 h) para diversos períodos de retorno.

4.1.4.4. PRECIPITACIONES MAXIMAS EN 24H

Según los tres métodos aplicados y de los ajustes representados se obtuvieron los datos de precipitaciones máximas en 24 h para diferentes períodos de retorno de los cuatros de las estaciones auxiliares.

Tabla 49*Resultados de las Max 24 h*

Tr (Años)	PRECIPITACIÓN MAXIMA 24 h (mm)			
	Tingo María	Huánuco	Milpo	Tulumayo
2	100,61	24,72	36,61	97,83
5	120,91	32,08	54,70	115,65
10	133,13	36,64	67,48	125,58
25	147,51	42,11	84,42	136,58
50	157,61	46,01	97,56	143,90
100	167,28	49,77	111,11	150,61
200	176,65	53,45	125,15	156,84
500	188,72	58,21	144,57	164,52

4.1.4.5. PRECIPITACIÓN MEDIA EN LA CUENCA

Es fundamental disponer de datos acerca de la precipitación promedio en la región de interés, que incluye la cuenca. Para estimar esta precipitación media, se emplearán los valores de precipitación máxima proporcionados para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años. Se aplicarán los tres métodos previamente descritos:

a) Método del promedio aritmético

En esta investigación, se empleó la siguiente ecuación mediante este método:

$$h_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi} \quad (39)$$

Donde:

h_p = Altura de precipitación media

h_{pi} = Altura de precipitación registrada en la estación i

n = Número de estaciones en análisis

Para el respectivo procedimiento y aplicación del método de promedio aritmético se tomaron los datos de precipitación máxima en 24 h para un período de retorno $Tr = 500$ años.

Tabla 50*Precipitación máxima con $Tr = 500$ años*

Estaciones	Hpi (mm)
Tingo María	188.72
Huánuco	58.21
Milpo	144.57
Tulumayo	164.52

➤ Cálculo de la Pm para un $Tr = 500$ años:

Tabla 51*Resultados de hpi. máx. 24 h - Método Aritmético*

DESCRIPCIÓN	ALTURA DE Pmax MEDIA 24 h (mm)			
Tr (Años)	50	100	200	500
hpm (mm)	111,27	119,69	128,02	139,00

b) Método de los polígonos de Thiessen

Utilizando la extensión create, Thiessen polygons de ArcGIS 10.4.2 con la extensión, se generan los resultados correspondientes a la cuenca en su conjunto. Estos resultados se muestran en la Figura 28.

Tabla 52*Resultado de Áreas de influencia $Tr = 500$ años*

ESTACIÓN	hpi (mm)	Ai	Ai*hpi
Tingo María	188,72	960,73	181305,09
Tulumayo	164,52	1082,54	178099,39
Huánuco	58,21	58,69	3416,62
Milpo	144,57	0,00	0,00
		2101,96	362821,10

Se tomarán los resultados de Áreas de influencia - Polígonos Thiessen para un $Tr = 500$ años – Cuenca Monzón.

$$h_p = 172.61 \text{ mm}$$

A continuación, se presentan los resultados adquiridos mediante este procedimiento:

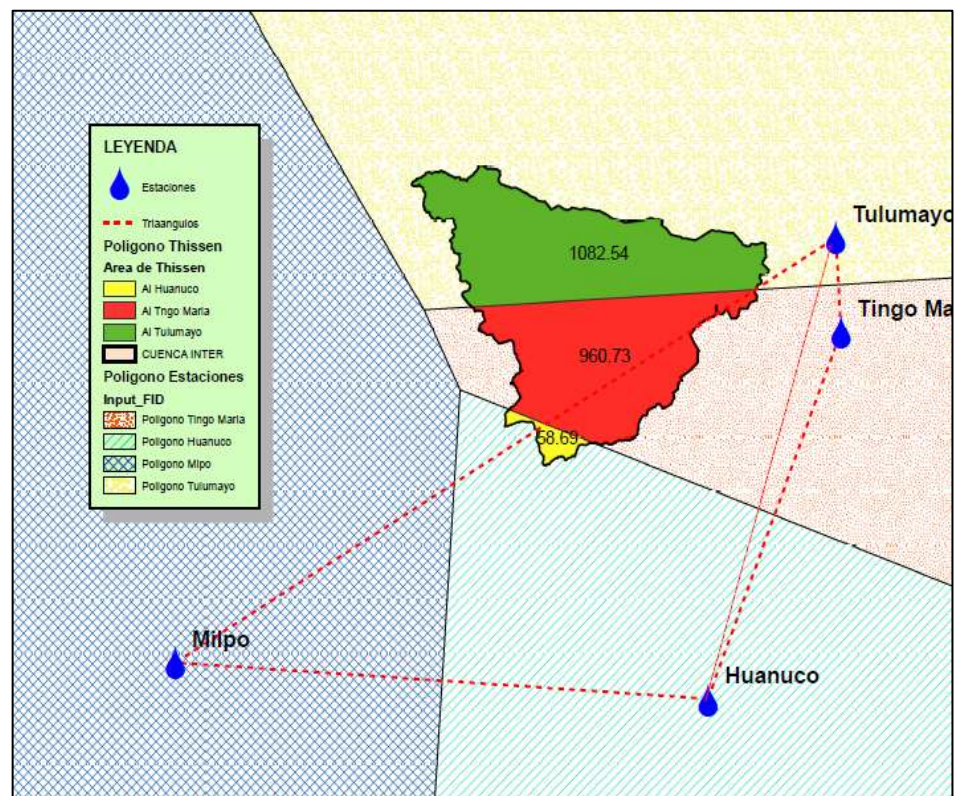
Tabla 53

hpi. máx. 24 h - Método polígono de Thiessen

DESCRIPCIÓN	ALTURA DE Pmax MEDIA 24 h (mm)			
Tr (Años)	50	100	200	500
hpm (mm)	147.43	155.41	163.01	172.61

Figura 28

Polígono de Thiessen – Cuenca río Monzón



c) Método de las Isoyetas

La generación de isoyetas se realiza a través de la aplicación de técnicas de trazado similares a las utilizadas para cualquier tipo de isolínea. En este estudio, se emplea el software especializado ArcGIS 10.4.2 con la extensión de interpolación raster-spline. Esta herramienta interpola las precipitaciones a altitudes uniformes. Para las isoyetas e isolíneas, se llevó a cabo una interpolación a intervalos de 10 km y 5 km, respectivamente, con el fin de lograr una mayor precisión. Los resultados derivados de esta metodología se exponen en la (Figura 29 y Tabla 54).

Tabla 54*Resultado del cálculo de superposición de áreas*

Precipitación máxima 24 h (mm)	Tr (Años)			
	50	100	200	500
Tingo María	157,61	167,28	176,65	188,72
Huánuco	46,01	49,77	53,45	58,21
Milpo	97,56	111,11	125,15	144,57
Tulumayo	143,90	150,61	156,84	164,52

Estos resultados del cálculo de superposición de áreas entre isoyetas para un Tr = 500 años de la cuenca Monzón representada para cada estación. Obtenido las áreas entre cada Isoyeta se procede a remplazar en la Ecuación 10:

$$h_p = 133.26 \text{ mm}$$

Utilizando los mapas de isoyetas de cada período de retorno y usando la herramienta Zonal Statistics del módulo Análisis Tools de ArcGIS 10.4.2, se ha determinado la precipitación real máxima en 24 horas.

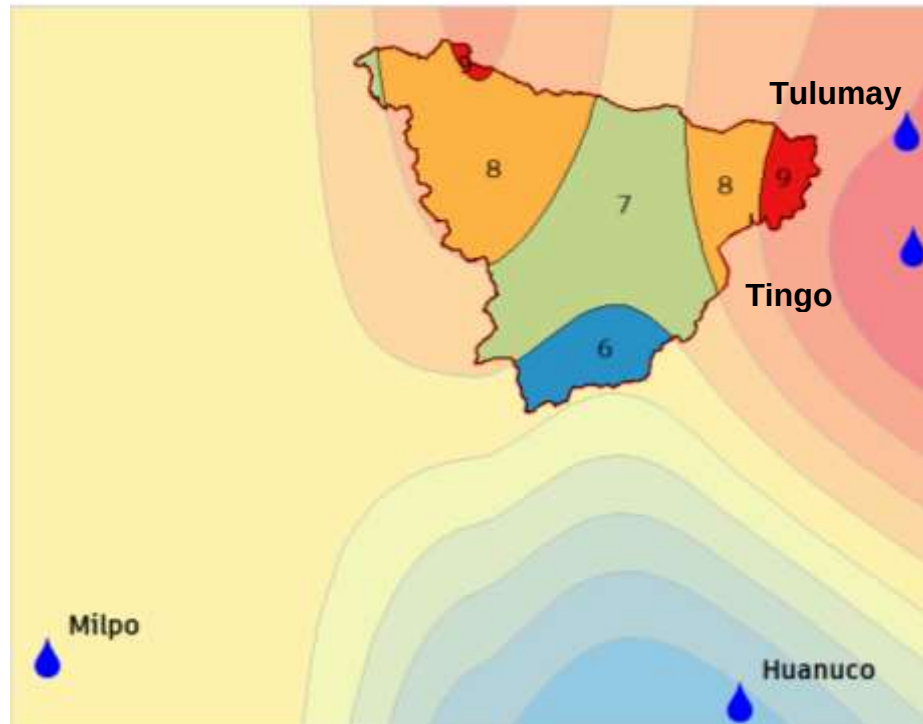
Tabla 55*Resultados de hpi. máx. 24 h - Método polígono de isoyetas*

DESCRIPCIÓN	ALTURA DE Pmax MEDIA 24 h (mm)			
Tr (Años)	50	100	200	500
hpm (mm)	168.98	153.59	141.84	133.26

Se seleccionarán los resultados del método de Promedio aritmético para las precipitaciones máximas en 24 horas en esta investigación. Este método es reconocido por su precisión, ya que las estimaciones son de gran alcance y menos margen de error para los cálculos de caudales máximos.

Figura 29

Isoyetas - Cuenca del río Monzón



4.1.5. DETERMINACIÓN DEL GASTO MÁXIMO DE DISEÑO

4.1.5.1. MÉTODO DEL (SCS) O DEL NÚMERO DE CURVA

Para calcular el Qmax mediante este método, es necesario hacer uso de fórmulas y tablas específicas que se describen a continuación (Villón, 2002):

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{p+0.8S} \quad (40)$$

$$S = \frac{2540}{N} - 2.54 \quad (41)$$

$$P_e = Q = \frac{[N(P+5.08)-508]^2}{N[N(P-20.32)+2032]} \quad (42)$$

$$T_c = 0.0195K^{0.77} \quad (43)$$

$$Q_{max} = qQA \quad (44)$$

Donde:

Pe = Escorrentía total acumulada o altura de lluvia en exceso (mm)

P = Precipitación máxima 24 h (mm)

S = Infiltración potencial máxima (cm)

N = CN = Número de curva

q = Gasto unitario

T_c = Tiempo de concentración (h)

- **Número de curva (N=CN)**

El número de curva varía en un intervalo de 1 a 100, donde un N=100 sugiere que la totalidad de la lluvia se escurre y un N=1 indica que la lluvia se infiltra por completo. Para determinar el valor específico de N, se hace referencia a la Tabla 56, desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) en condiciones de humedad antecedente promedio (CHA II) (Villón, 2002).

Tabla 56

NC para usos selectos de tierra agrícola

COBERTURA			NÚMERO DE CURVA			
Uso de la tierra	Tratamiento o práctica	Condición hidrológica	A	B	C	D
Descuidado en descanso sin cultivo	Surcos rectos	-	77	86	91	94
	Surcos rectos	Pobre	72	81	88	91
Cultivos	Surcos rectos	Bueno	67	78	85	89
	Curvas de nivel	Pobre	70	79	84	88
	Curvas de nivel	Bueno	65	75	82	86
	Terrazas	Pobre	66	74	80	82
	Terrazas	Bueno	62	71	78	81
	Surcos rectos	Pobre	65	76	84	88
Pequeños granos	Surcos rectos	Bueno	63	75	83	87
	Curvas de nivel	Pobre	63	74	82	85
	Curvas de nivel	Bueno	61	73	81	84
	Terrazas	Pobre	61	72	79	82
	Terrazas	Bueno	59	70	78	81
	Surcos rectos	Pobre	66	77	85	89
Sembríos cerrados, legumbres o sembríos en rotación	Surcos rectos	Bueno	58	72	81	85
	Curvas de nivel	Pobre	64	75	83	85
	Curvas de nivel	Bueno	55	69	78	83
	Curvas de nivel	Bueno	55	69	78	83

	Terrazas	Pobre	63	73	80	83
	Terrazas	Bueno	51	67	76	80
Pastizales o similares	-	Pobre	68	79	86	89
	-	Regular	49	69	79	84
	-	Bueno	39	61	74	80
Pradera	-	Bueno	30	58	71	78
Bosques		Pobre	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Bueno	25	55	70	77
Caminos incluyendo	Cieno	-	72	82	87	89
derecho de vía	Superficie firme	-	74	84	90	92

Tabla 57

Condición hidrológica de la vegetación

Cobertura vegetal	Condición hidrológica
> 75 % del área	Buena
50 % - 75 % del área	Regular
< 50 % del área	Pobre

Tabla 58

Grupo hidrológico de suelo

Grupo de suelo	Textura de suelo
A	Arena o gravas profundas, suelos muy permeables
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos, suelo con alto contenido de arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades, suelos poco profundos con subhorizonte de roca sana, suelos muy impermeables

Fuente: (Aparicio, 1987, p. 189).

De acuerdo con las tablas anteriores se calcula el valor de NC para la Cuenca, vea la Tabla 59.

Tabla 59

Valor NC calculado para la Cuenca

Grupo Hidrológico del suelo		
C	Arenas muy finas, limos, suelos con alto contenido de arcilla	
Descripción del uso de Tierra		
Uso de tierra	Tierra cultivada con tratamiento de conservación y pastizales en condiciones buenas	
Numero de curva		
NC	Cultivo = NC =62	Pastizal=NC=39

En esta situación, el 40% de la tierra en la cuenca se destina a cultivos, mientras que el 60% restante está ocupado por pastizales naturales. Para obtener el coeficiente de escorrentía (NC), se calculó un promedio ponderado considerando ambos porcentajes, resultando en un valor de NC = 50.5.

- **Escorrentía total directa**

Una vez obtenido el valor de NC, se procede a realizar el cálculo del exceso de lluvia para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años en la cuenca. En el caso de Pmax 24 h, se utiliza el cálculo previamente realizado (ver Tabla 51), y al sustituirlo en las fórmulas del método SCS, se obtiene:

➤ Cálculo de precipitación en exceso para un Tr = 500 años – Cuenca

$$P_e = 23.53\text{mm}$$

Tabla 60

Resultado de escorrentía directa para diferentes períodos

DESCRIPCIÓN	ESCORRENTÍA TOTAL DIRECTA			
Tr (Años)	50	100	200	500
Pe (mm)	12,17	15,32	18,70	23,53

- **Tiempo de concentración (tc)**

De los parámetros de la red hidrográfica se tiene el tiempo de concentración de 442.585 min.

- **Gasto unitario (Q)**

La tasa de flujo unitario (Q) varía en relación con el tiempo de concentración (Tc).

Tabla 61

Gasto unitario q (m³/s/mm/Km²) en función de Tc (hr)

Tc (hr)	q	Tc	q	Tc	q
0.1	0.337	1	0.158	8	0.039
0.2	0.300	2	0.120	10	0.034
0.3	0.271	2	0.100	12	0.030
0.4	0.246	3	0.086	14	0.027
0.5	0.226	3	0.076	16	0.025
0.6	0.208	4	0.063	18	0.023
0.7	0.195	5	0.054	20	0.021
0.8	0.190	6	0.048	22	0.020
0.9	0.168	7	0.043	24	0.019

Para un tiempo de concentración de Tc= 7.38hr se procede a escoger el gasto unitario según la tabla presente. Donde se pudo obtener un Gasto unitario q = 0.039.

- **Caudal máximo – método SCS (Qmax)**

Obtenido las variables necesarias, se realiza el cálculo de Qmax en diferentes períodos, reemplazando los números en las fórmulas del método SCS. El resultado de este proceso es el siguiente:

➤ Cálculo Qmax. para un Tr = 500 años – Cuenca

$$Q_{max} = 0.039 * 23.533 * 2101.958 \Rightarrow 1929.15 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Tabla 62*Resultados de Qmax - método SCS.*

DESCRIPCIÓN	Caudal Máximo			
	50	100	200	500
Tr (Años)				
Qmax (m3/s)	997,87	1256,05	1533,29	1929,15

4.1.5.2. MÉTODO RACIONAL MODIFICADO

Aplicamos este método sabiendo que nuestra cuenca supero 770 km². Para determinar el caudal máximo (Q_{máx}) mediante este procedimiento, es preciso emplear las fórmulas que se detallan a continuación (MTC, 2010). En la tabla se muestra datos de caudales unitarios en función a su tiempo de concentración.

$$T_c = 0.95 \left[\frac{L^3}{H} \right]^{0.385} \quad (45)$$

$$K = 1 + \frac{T_c^{1.25}}{T_c^{1.25} + 14} \quad (46)$$

$$K_A = 1 - \left(\frac{\log_{10} A}{15} \right) \quad (47)$$

$$P^* = k_A P_d \quad (48)$$

$$I = \left(\frac{P}{24} \right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - T_c^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} \quad (49)$$

$$P_0 = \frac{5000}{CN} - 500 \quad (50)$$

$$C = \frac{(P_d - P_0) * (P_d + 23 * P_0)}{(P_d + 11 * P_0)^2} \quad (51)$$

$$Q_{max} = 0.278 * C * I * A * K \quad (52)$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (h)

K = Coeficiente de uniformidad

K_A = Coeficiente de simultaneidad o factor reductor

P* = Precipitación máxima 24 h corregida sobre la cuenca (mm)

P_d = Precipitación máxima 24 h (mm)

P₀ = Umbral de escorrentía (mm)

C = Coeficiente de escorrentía

I = Intensidad de la precipitación (mm/h)

Qmáx = Descarga máxima (m³/s)

- **Coefficiente de uniformidad (K)**

Se encuentra determinado por el tiempo de concentración, siendo T_c=7.38 horas; al sustituir en la Ecuación 46, se obtiene.

$$K = 1 + \frac{7.38^{1.25}}{7.38^{1.25} + 14} = 1.465$$

- **Coefficiente de simultaneidad (K_A)**

Para el cálculo se necesita el área de la cuenca A=2101.96 Km², reemplazando a la Ecuación 47 se tiene:

$$K_A = 1 - \left(\frac{\log_{10} 2101.96}{15} \right) = 0.778$$

- **Precipitación máxima corregida en la cuenca (P*)**

En esta situación, se llevó a cabo la corrección de las P_{max} en 24 horas para diferentes períodos (ver Tabla 51). Al sustituir en las fórmulas del método racional simplificado, se obtiene:

➤ Cálculo P* para un Tr =50 años – Cuenca

$$P^* = 0.778 * 111.27 = 86.621 \text{ mm}$$

De manera similar se calcularán los siguientes períodos faltantes.

Tabla 63

Períodos faltantes

DESCRIPCIÓN	PRECIPITACIÓN MAXIMA P*			
Tr (Años)	50	100	200	500
P* (mm)	86.62	93.18	99.67	108.21

- **Umbral de escorrentía (PO)**

La cantidad crítica para la escorrentía está relacionada con el índice de número de curva NC, que se calculó conforme al método SCS, resultando en un valor de NC=50.50 para la cuenca. Al insertar este valor en la Ecuación 50, se logra obtener:

$$P_0 = \frac{5000}{50.50} - 500 = \mathbf{99.010}$$

- **Intensidad de precipitación (I)**

Guarda relación con la precipitación máxima en 24 horas corregida y también con el tiempo de concentración. Por lo tanto, la intensidad se calcula para los períodos de retorno mencionados anteriormente. Al sustituir los valores en la Ecuación 49, se obtiene:

➤ Cálculo de la intensidad para un Tr =50 años – Cuenca

$$I = \left(\frac{86.621}{24} \right) * (11)^{\frac{28^{0.1} - 7.38^{0.1}}{28^{0.1} - 1}} = \mathbf{10.38 \text{ mm/hr}}$$

De manera similar se calcularán los siguientes períodos faltantes ver Tabla 65.

- **Coefficiente de escorrentía (C)**

En este cálculo se requiere la precipitación máxima en 24 horas corregida y el umbral de escorrentía, ya que la Pmax 24 h tiene un impacto significativo. Por lo tanto, se calculará el coeficiente de escorrentía (C) para los períodos de retorno mencionados anteriormente. Al sustituir los valores en Ecuación 51, se obtiene:

➤ Cálculo de c para Tr =50 años – Cuenca

$$c = \mathbf{-0.02}$$

Los resultados para los demás períodos para la cuenca se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 64*Resultados de coeficiente de escorrentía*

DESCRIPCIÓN	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA			
Tr (Años)	50	100	200	500
C	-0.021	-0.009	0.001	0.153

- **Descarga máxima –método racional modificado (Qmax)**

De los datos de la Tabla 65 se procede a remplazar en las formulas

➤ Cálculo Qmax, para Tr = 500 años

$$Q_{max} = 170.021 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tabla 65*Resultado de Descargas Máximas-MRM*

DESCRIPCIÓN		Descarga Máxima			Total (m3/s)
Tr (Años)	C	I	A	K	
50	-0,021	10,383	2101,958	1,465	-188,278
100	-0,009	11,169	2101,958	1,465	-94,523
200	0,001	11,946	2101,958	1,465	11,281
500	0,0153	12,971	2101,958	1,465	170,021

4.1.5.3. MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR (HUT)

Para calcular el caudal pico utilizando este método, es necesario emplear las siguientes ecuaciones:

$$t_b = 2.67t_p \quad (53)$$

$$P_e = \frac{(P-0.2S)^2}{P+0.8S} \quad (54)$$

$$t_r = 0.6 * Tc \quad (55)$$

$$d_e = 2\sqrt{Tc} \quad (56)$$

$$tp = \frac{d_e}{2} + t_r \quad (57)$$

$$Q_{max} = 0.208 \frac{A * P_e}{tp} \quad (58)$$

- **Duración en exceso (DE)**

Depende de T_c , para la cuenca $T_c=7.38$ hr, remplazando a la ecuación se tiene:

$$d_e = 2\sqrt{7.38} = 5.43 \text{ hr}$$

- **Tiempo de retraso (TR)**

En este escenario, el tiempo de concentración ya ha sido establecido en los parámetros de la red hidrográfica, siendo para la cuenca $T_c=7.38$ horas.

$$t_r = 0.6 * 7.38 = 4.43 \text{ hr}$$

- **Tiempo pico (TP)**

Remplazando a la ecuación de la tabla 66 se tiene:

$$tp = \frac{5.43}{2} + 4.43 = 7.14 \text{ hr}$$

- **Tiempo base (TB)**

Se relaciona con el tiempo pico

$$t_b = 2.67 * 7.14 = 19.07 \text{ hr}$$

- **Caudal pico – Método del H.U.T (QMÁX)**

Para calcular el caudal pico, se utilizan las alturas de precipitación en exceso (P_e) obtenidas en los cálculos anteriores. Al reemplazar estos valores en la Ecuación 58, se obtiene:

➤ Cálculo Q_{max} para un $Tr = 500$ años – Cuenca

$$Q_{max} = 0.208 * \frac{2101.958 * 12.173}{7.142} = 745.189 \text{ m}^3/\text{s}$$

De esta manera, se realiza el cálculo tomando en cuenta los valores de precipitación en exceso (**P_e**) para todos los períodos de retorno en la cuenca. Los resultados obtenidos mediante este método son los siguientes:

Tabla 66*Resultados del Qmax - HUT*

DESCRIPCIÓN Tr (Años)	Qmax (m3/s)			Total (m3/s)
	A	Pe	tp	
50	2101,958	12,173	7,142	745,189
100	2101,958	15,322	7,142	937,987
200	2101,958	18,704	7,142	1145,025
500	2101,958	23,533	7,142	1440,643

4.1.5.4. MÉTODO MAC MATH

Se presenta las fórmulas para determinar el Qmax:

$$c = c_1 + c_2 + c_3 \quad (59)$$

$$Q_{max} = 0.0091 * C * I * A^{0.8} * S^{0.2} \quad (60)$$

Donde:

I = Intensidad máxima de lluvia (h)

A = Área de las cuencas (ha)

C = Factor de escorrentía

Tabla 67*Factor de escorrentía-MMM*

Vegetación		Suelo		Topografía	
Cobertura (%)	C1	Textura	C2	S (%)	C3
100	0.08	Arenoso	0.08	0.0-0.2	0.04
80-100	0.12	ligera	0.12	0.2-0.5	0.06
50-80	0.16	media	0.16	0.5-2.0	0.06
20-50	0.22	fin	0.22	2.0-5.0	0.10
0-20	0.30	Rocosa	0.30	5.0-10.0	0.15

- Factor de escorrentía (C)**

Para calcular el coeficiente de escorrentía, se consulta la Tabla 68 y se elige según las características particulares de la zona.

Tabla 68*Resultados de selección de factor de escorrentía*

Cuenca	Vegetación		Suelo		Topografía	
	Cob. (%)	C1	Textura	C2	S (%)	C3
Monzón	20-50	0.22	Rocosa	0.30	5.0-10.0	0.15

Remplazando a la Ecuación 59:

$$c = 0.22 + 0.30 + 0.15 = 0.67$$

- **Caudal máximo – Método MAC MATH**

Una vez que se ha obtenido el valor de C, se procede a sustituirlo en la ecuación de la Tabla 68. La intensidad es el factor calculado mediante el método racional modificado (Ecuación 60).

➤ Cálculo Qmax para un Tr = 500 años – Cuenca

$$Q_{max} = 3104.508$$

Los resultados se presentan a continuación:

Tabla 69*Resultados de Qmax - MMM*

DESCRIPCIÓN Tr (Años)	CAUDAL MAXIMO (m3/s)				Total (m3/s)
	C	I	A	S	
50	0,670	10,383	210195,79	47,757	2485,036
100	0,670	11,169	210195,79	47,757	2673,198
200	0,670	11,946	210195,79	47,757	2859,291
500	0,670	12,971	210195,79	47,757	3104,508

Realizando una compilación de los caudales máximos, se obtiene el resumen siguiente:

Tabla 70*Resumen de Resultados de Qmax*

Tr (Años)	M. del SCS	M. Racional modificado	M.H.U. Triangular	M. Mac Math
50	997,874	-188,278	745,189	2485,036
100	1256,048	-94,523	937,987	2673,198
200	1533,289	11,281	1145,025	2859,291
500	1929,148	170,021	1440,643	3104,508

En el análisis llevado a cabo en esta investigación, se considera el valor ponderado de todos los métodos, arrojando como resultado:

Tabla 71*Resumen Total del Gasto Unitario Qmax.*

CAUDAL MAXIMO (m3/s)	
Tr (Años)	Cuenca Monzón
50	1009,955
100	1193,177
200	1387,222
500	1661,080

4.1.6. EVALUACIÓN HIDRÁULICA

4.1.6.1. GEOMORFOLOGIA DEL RIO MONZON

El punto de interés del río Monzón en el área de puerto Malato de Cachicoto revela un eje trenzado característico de ríos con baja pendiente, aunque con una elevada carga de sedimentos. La zona de estudio abarca áreas agrícolas propensas a inundaciones en diversos tramos y márgenes, y en la actualidad, el río sigue un curso central. La composición del lecho del río consiste principalmente en bolones, cantos, arena y una porción de limos. Durante la visita al terreno, se pudo observar que las aguas del río Monzón presentaban un nivel de carga de sedimentos bajo.

4.1.6.2. GEOMETRÍA DEL CAUCE DEL RIO MONZON

Con el fin de establecer la configuración geométrica del río Monzón en el área de puerto Malatoa, situado en el centro poblado de Cachicoto, se llevó a cabo un levantamiento topográfico en ambas orillas y en la sección central (**Anexo E**). El objetivo consiste en evaluar las secciones transversales y, para alcanzar dicho propósito, se realizó una simulación hidráulica utilizando la extensión HEC-GeoRAS en ArcGIS versión 10.4.2.

4.1.6.3. MODELAMIENTO HIDRÁULICO

Con el fin de llevar a cabo el modelado hidráulico, se efectuó inicialmente un levantamiento topográfico en el terreno. Posteriormente, utilizando los puntos obtenidos, se generó la importación de puntos y la superficie de terreno en AutoCAD Civil 3D 2022, dando como resultado un plano de levantamiento topográfico (**Anexo E del plano PLT -01**). Así mismo se separa los puntos topográficos para poder ser procesado a ArcGIS convirtiendo los puntos en Shapefile, quedando finalmente como un modelo digital de terreno MDT (**Anexo F del plano PLT -02**).

Luego, se efectuó la demarcación del eje fluvial (Línea central del curso de agua) utilizando las funcionalidades de la extensión HEC-GeoRAS. De manera análoga, se establecieron las orillas (Líneas de orilla), que representan los límites actuales del río. Además, se trazaron las líneas de flujo de inundación (Línea central de la ruta de flujo). Todo el procedimiento se llevó a cabo en un entorno bidimensional (2D). Para obtener las altitudes y generar las secciones transversales, se suministraron las coordenadas tridimensionales del río utilizando el Modelo de Superficie Triangular (Atributos de la Línea central del curso de agua). De esta manera, se procedió a segmentar cada 20 metros (Atributos de la Línea de Corte Transversal). Finalmente, se transfirió el modelo a HEC-RAS (Exportar datos a HEC-RAS).

4.1.6.4. FACTORES DE DISEÑO PARA SIMULAR EL RÍO

Los factores hidráulicos que deben tenerse en cuenta para la ejecución de un modelo en HEC-RAS incluyen.

- ❖ Secciones transversales hechas en HEC-GeoRAS
- ❖ Caudal de diseño de 1193,180 m³/seg para un período de diseño Tr:100 años y su caudal actual.
- ❖ Pendiente de la cuenca del río en el punto de intervención.
- ❖ Coeficiente de Rugosidad n , según **Cowan**.

a) Pendiente del cauce principal.

A partir del estudio topográfico, se determinaron tanto la elevación máxima como la mínima del lecho del río, junto con la longitud horizontal de dicho curso. Los resultados obtenidos son los siguientes.

$$s = 0.020 \text{ m/m}$$

b) Selección del coeficiente de rugosidad del curso de agua.

En el análisis hidráulico, la dificultad principal reside en determinar el coeficiente de rugosidad. Es crucial tener en cuenta los factores que impactan en el valor de n , abarcando los siguientes parámetros. Rugosidad de la superficie, presencia de vegetación, irregularidad del cauce, formación de depósitos y socavaciones, alineación del cauce, dimensiones y forma del canal, nivel y caudal del agua, y transporte de material.

$$n = m_5(n_0 n_1 n_2 n_3 n_4)$$

Siguiendo lo analizado por Cowan el coeficiente de rugosidad del río se calcula según la siguiente formula.

Tabla 72*Tabla de COWAN para determinar coeficiente n*

CONDICIONES DEL CANAL			VALORES
MATERIAL INVOLUCRADO	Tierra	n0	0.020
	Corte en roca		0.025
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
GRADO DE IRREGULARIDAD	Suave	n1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
VARIACIONES DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL	Gradual	n2	0.000
	Ocasionalmente		0.050
	Frecuentemente		0.010 - 0.015
EFECTO RELATIVO DE OBSTRUCCIONES	Insignificante	n3	0.000
	Menor		0.010 - 0.015
	Apreciable		0.020 - 0.030
	Severo		0.040 - 0.060
VEGETACIÓN	Baja	n4	0.005 - 0.010
	Media		0.010 - 0.025
	Alta		0.025 - 0.050
	Muy alta		0.050 - 0.10
GRADO DE LOS EFECTOS POR MEANDRO	Menor	n5	1.000
	Apreciable		1.150
	Severo		1.300

Para el análisis, se eligen los resultados obtenidos durante la visita in situ para evaluar el estado actual del río.

Tabla 73*Coeficiente n en el margen del Río*

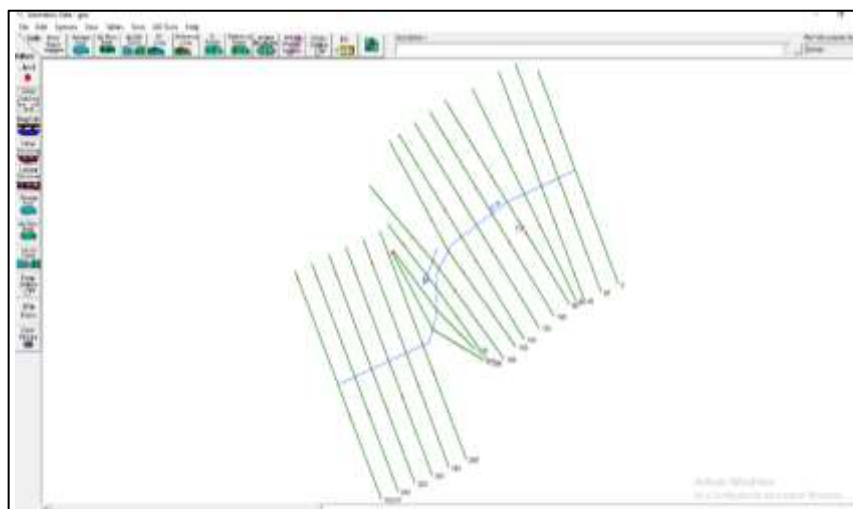
CONDICION DEL CANAL	VALORES		
Material involucrado	Tierra	n0	0.020
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
Efecto relativo de obstrucciones	Menor	n3	0.015
Vegetación	Alta	n4	0.025
Grado de los efectos por meandro	Apreciable	n5	1.150
Según Datos COWAN N =			0.065

Tabla 74*Coeficiente n en el cauce del Río*

CONDICION DEL CANAL	VALORES		
Material involucrado	Grava gruesa	n0	0.028
Grado de irregularidad	Menor	n1	0.005
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n2	0.000
Efecto relativo de obstrucciones	Menor	n3	0.015
Vegetación	Baja	n4	0.01
Grado de los efectos por meandro	Menor	n5	1.000
Según Datos COWAN N =		0.058	

c) Secciones transversales del río con un caudal actual y un caudal de un Tr = 100 años

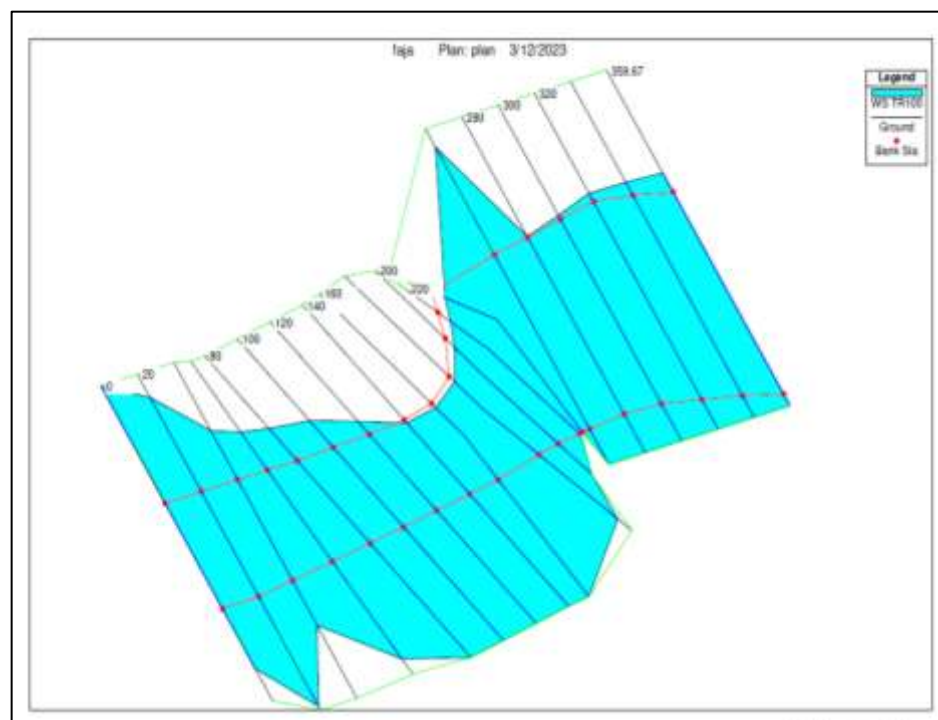
Considerando el caudal para un período de retorno $Tr = 100$ años, se presentan los resultados de la simulación en la Figura 30 y Figura 31. En la Figura 31, se exhibe el tramo bajo análisis en planta, mostrando 19 secciones transversales. En el Anexo G, se aprecian de manera clara las secciones transversales del río para un período de retorno $Tr = 100$ años con un caudal de $Q = 1193,180 \text{ m}^3/\text{s}$, indicando una propensión al desbordamiento. Por lo tanto, se considera necesario instalar una estructura adicional en ambos lados.

Figura 30*Secciones para la generación de cortes*

Nota. Secciones transversales del río en el punto de intervención generadas a cada 20 m para la configuración de máximas avenidas.

Figura 31

Secciones en 3D para la generación de cortes



Nota. Se muestran las secciones transversales en vista 3D del río en el punto de intervención generadas a cada 20 m para la configuración de máximas avenidas elaboradas en HEC-RAS V.5.0.3.

Figura 32

Resultado del análisis en HEC-RAS V.5.0.3

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: plan1 Riv												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
EJE	359.67	TR100	1193,18	721,00	730,64		730,80	0,001386	1,77	676,45	159,63	0,26
EJE	340	TR100	1193,18	720,11	730,60		730,77	0,001496	1,81	665,19	167,65	0,27
EJE	320	TR100	1193,18	719,21	730,55		730,73	0,001709	1,89	643,81	168,52	0,29
EJE	300	TR100	1193,18	718,89	730,48		730,69	0,002083	2,05	599,24	161,24	0,31
EJE	280	TR100	1193,18	718,63	730,42		730,65	0,002263	2,13	578,84	154,29	0,33
EJE	260	TR100	1193,18	718,63	730,39		730,60	0,002026	2,07	600,40	171,08	0,31
EJE	240	TR100	1193,18	718,63	730,33		730,56	0,001948	2,12	564,51	117,22	0,31
EJE	220	TR100	1193,18	718,63	730,21		730,51	0,002466	2,41	495,69	100,13	0,34
EJE	200	TR100	1193,18	718,03	730,15		730,46	0,002297	2,50	497,41	108,83	0,34
EJE	180	TR100	1193,18	716,89	730,01		730,40	0,002572	2,81	463,48	122,76	0,36
EJE	160	TR100	1193,18	716,83	730,00		730,35	0,001834	2,66	498,41	146,99	0,31
EJE	140	TR100	1193,18	716,40	729,96		730,31	0,001855	2,67	497,98	146,00	0,31
EJE	120	TR100	1193,18	716,14	729,93		730,27	0,001797	2,61	515,35	160,73	0,31
EJE	100	TR100	1193,18	716,11	729,93		730,22	0,001574	2,46	554,86	174,97	0,29
EJE	80	TR100	1193,18	716,59	729,89		730,19	0,001705	2,48	558,16	178,08	0,30
EJE	60	TR100	1193,18	720,30	729,73		730,14	0,003074	2,91	477,36	170,50	0,40
EJE	40	TR100	1193,18	723,51	729,43		730,03	0,007012	3,61	378,92	139,06	0,58
EJE	20	TR100	1193,18	723,40	729,00	728,71	729,83	0,011813	4,21	335,01	180,46	0,73
EJE	0	TR100	1193,18	723,49	728,33	728,33	729,50	0,019113	4,92	269,01	142,34	0,91

Se especifica lo siguiente:

Q = Caudal de diseño

V = Velocidad media del cauce

C_{mc} = Cota mínima del canal

C_{la} = Cota de lámina del agua

S = Pendiente

A = Área del flujo mojado

B = Ancho de la sección

F = Número de Froude

En la Tabla 75, se exhiben los resultados para cada sección del río, asociados a un período de retorno de 100 años. Al realizar un cálculo de promedio ponderado, se determinan los valores críticos para el tramo bajo evaluado.

Tabla 75*Resultados del análisis hidráulico para un $Tr = 100$ años*

Nombre	Estacas	Q m3/s	Cmc m	Cla m	S m/m	V m/s	A m2	B m	F
Rio Monzón	0+000	1193,180	721,000	730,630	0,001	1,770	676,240	159,580	0,260
Rio Monzón	0+020	1193,180	720,110	730,600	0,001	1,810	664,960	167,620	0,270
Rio Monzón	0+040	1193,180	719,210	730,550	0,002	1,890	643,600	168,510	0,290
Rio Monzón	0+060	1193,180	718,890	730,480	0,002	2,050	599,020	161,210	0,310
Rio Monzón	0+080	1193,180	718,630	730,420	0,002	2,140	578,630	154,290	0,330
Rio Monzón	0+100	1193,180	718,630	730,380	0,002	2,070	600,190	170,900	0,310
Rio Monzón	0+120	1193,180	718,630	730,330	0,002	2,120	564,370	117,210	0,310
Rio Monzón	0+140	1193,180	718,630	730,210	0,002	2,410	495,550	100,130	0,340
Rio Monzón	0+160	1193,180	718,030	730,140	0,002	2,500	497,290	108,830	0,340
Rio Monzón	0+180	1193,180	716,890	730,010	0,003	2,810	463,350	122,750	0,360
Rio Monzón	0+200	1193,180	716,830	730,000	0,002	2,660	498,220	146,990	0,310
Rio Monzón	0+220	1193,180	716,400	729,960	0,002	2,670	497,830	146,000	0,310
Rio Monzón	0+240	1193,180	716,140	729,930	0,002	2,610	515,200	160,730	0,310
Rio Monzón	0+260	1193,180	716,110	729,930	0,002	2,460	554,670	174,960	0,290
Rio Monzón	0+280	1193,180	716,590	729,890	0,002	2,480	557,960	178,060	0,300
Rio Monzón	0+300	1193,180	720,300	729,730	0,003	2,910	477,170	170,470	0,400
Rio Monzón	0+320	1193,180	723,510	729,430	0,007	3,610	378,690	139,040	0,580
Rio Monzón	0+340	1193,180	723,400	728,990	0,012	4,230	332,880	179,940	0,730
Rio Monzón	0+360	1193,180	723,490	728,350	0,019	4,890	271,860	145,970	0,900
Promedio Ponderado			719,022	729,998	0,004	2,636	519,352	151,221	0,382

4.1.7. CÁLCULOS HIDRAÚLICOS EN PUENTES VEHICULARES

4.1.7.1. CÁLCULO DEL ANCHO DEL CAUCE DEL RIO

Para dicho cálculo es necesario contar con los siguientes datos calculados anteriormente.

- ❖ $Q_{\text{max de diseño}} = 1193.18 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ $S\% = 0.02 \text{ m/m}$

a) Método de Simons y Henderson:

Este método dependerá del caudal de diseño calculado y de las condiciones del fondo del río (K_1).

$$B = K_1 Q^{1/2} \quad (61)$$

Tabla 76

Condiciones de fondo de río.

Condiciones del fondo del río	K_1
Fondos y orillas de arena	5.7
Fondos de arena y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orilla de material cohesivo	3.6
Fondo y orillas de grava	2.9
Fondo de arena y orillas de material no cohesivo	2.8

Nota. En la tabla se muestra las condiciones de fondo del río para la aplicación del método de Simmons y Henderson. River, pág. 105.

Según la evaluación realizada con el programa HEC-RAS, se obtiene un ancho promedio de $B=151.22\text{m}$, mientras que, mediante métodos anteriores, se establece un ancho de $B=197.00 \text{ m}$, para $K_1 = 5.7$ considerando el fondo y arillas de arena. Se optó por tomar el promedio $B = 174 \text{ m}$ de ambas cifras siendo como resultado final:

4.1.7.2. CÁLCULO DEL TIRANTE HIDRÁULICO ($T = Y$)

Para dicho cálculo es necesario contar con los siguientes datos calculados anteriormente.

- ❖ $Q_{\text{max de diseño}} = 1193.18 \text{ m}^3/\text{s}$
- ❖ $S\% = 0.02 \text{ m/m}$

Para un procedimiento correcto del cálculo correspondiente se aplicará el siguiente método.

a) Método De Manning - Strickler:

Este método se basa en la inversa del coeficiente de rugosidad (K_s) y en la pendiente del lecho del cauce (S).

$$t = \left(\frac{Q}{K_s B S^{0.5}} \right)^{3/5} \quad (62)$$

Tabla 77

Coeficiente de rugosidad (K_s).

Descripción	K_s
Lechos naturales de río con fondo sólido sin irregularidades	40
Lechos naturales de río con acarreo regular	33-35
Lechos naturales de río con vegetación	30-35
Lechos naturales de río con derrubio e irregularidades	30
Lechos naturales de río con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con derrubios gruesos (piedra de tamaño de una cabeza)	26-28
Torrentes con derrubio grueso, con acarreo móvil	19-22

Nota. En la tabla representa los valores de coeficiente de rugosidad para la aplicación del método de Manning-strickler. ACI-UNI (1994).

Para nuestro caso según la inspección de campo seleccionaremos un valor para Lechos naturales de río con acarreo regular, por lo tanto, se tiene lo siguiente: $K_s = 35$ reemplazando en la formula.

$$t = 1.22 \text{ m}$$

4.1.7.3. CÁLCULO DE LA VELOCIDAD MEDIA DEL RIO (V):

Para un procedimiento correcto del cálculo correspondiente se aplicará el siguiente método.

a) Método De Manning:

Para este cálculo de velocidad según Manning se presentan las siguientes formulas.

$$A = By + zy^2 \quad (63)$$

$$P = B + 2y\sqrt{1 + \text{---}^2} \quad (64)$$

$$R = \frac{A}{P} \quad (65)$$

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (66)$$

Se especifica lo siguiente que:

A = Área hidráulica (m²)

Z = Talud de borde 1:2

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente de la zona del proyecto (m/m)

P = Perímetro (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

Según Villón para un coeficiente de rugosidad optimo planteamos datos del siguiente cuadro.

Tabla 78

Valores de rugosidad

Descripción	n
Cauce con fondo sólido sin irregularidades	0.026
Cauces de ríos con acarreo irregular	0.030-0.029
Cauces de ríos con vegetación	0.033-0.029
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	0.033
Cauces de río con fuerte transporte de sedimentos	0.035
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	0.040-0.036
Torrentes con derrubio grueso, con acarreo móvil	0.045-0.050

Nota. En la tabla se muestra los valores de rugosidad del cauce del río. Villón pág. 108.

Para nuestro caso según la inspección de campo seleccionaremos un material de Cauces de río con acarreo irregular, por lo tanto, se tiene lo siguiente: n= 0.030 remplazando en las ecuaciones.

$$A = 174 * 1.22 + 2 * 1.22^2 = 215.26 \text{ m}^2$$

$$P = 174 + 2(1.22)\sqrt{1 + 2^2} = 179.46 \text{ m}$$

$$R = \frac{215.26}{179.46} = 1.20\text{m}$$

$$v = \frac{1}{0.03} * 1.20^{\frac{2}{3}} * 0.02^{\frac{1}{2}} = 5.32 \frac{m}{s}$$

4.1.7.4. CÁLCULO DEL NÚMERO DE FROUDE (F)

Para un procedimiento correcto del cálculo correspondiente se aplicará con la siguiente formula.

$$F = \frac{v}{\sqrt{gY}} \quad (67)$$

Se especifica lo siguiente que:

g = Aceleración de la gravedad

Y = Profundidad hidráulica media (m)

Reemplazando en la ecuación anterior se obtiene:

$$F = 1.53$$

Por tanto, el tipo de flujo es un: Flujo Supercrítico por ser $F > 1$.

4.1.7.5. CÁLCULO DE PROFUNDIDAD DE SOCAVACIÓN

a) Análisis granulométrico del suelo

Con el fin de asegurar una evaluación precisa de la profundidad general de socavación, se llevó a cabo la recopilación de información y la obtención de muestras de suelo in situ. Es importante destacar que, para la obtención de datos, se utilizó el método del sondeo eléctrico vertical, registrando información en tres puntos específicos del área de interés: margen izquierdo, margen derecho y centro del río. Este proceso permitió obtener datos relevantes para los estribos derecho e izquierdo, así como para el pilar central del futuro puente que se proyectará.

Los datos procesados en el laboratorio **LABORATEC- Laboratorio técnico Especializado de Suelos, concreto y asfalto, (Ver Anexo K)** arrojaron como resultado lo siguiente.

- Estribo Izquierdo: Presenta un tipo de material Arcilla arenosa de baja plasticidad.

- Estribo Derecho: Presenta un tipo de material Rocoso.
- Pilar Izquierdo: presenta un tipo de material Arcilla arenosa de baja plasticidad.
- Para el Estribo izquierdo y pilar izquierdo se tomaron las muestras hasta profundidades de 10.00 m.

En el análisis granulométrico por tamizado se tomaron aberturas desde 75 mm (3") hasta 0.075mm (N°200) resultando porcentajes que pasan de 65.8 % hasta 100% para pilar Izquierdo con un índice de plasticidad de 14 y de 59.8 % hasta 100% para estribo Izquierdo con un índice de plasticidad de 26 y para Estribo derecho no cuenta con registros por presencia de rocas.

De los datos antes mencionado según MTC (2010) indica que el muestreo y caracterización del material del lecho del río para la elección del tamaño representativo para el cálculo de socavación en cauces naturales se debe considerar un diámetro medio de sedimento que corresponde a (D50) de toda la distribución granulométrica. Nuestro análisis granulométrico para ambos casos no registra el (D50) ya que la muestra no cuenta con la presencia de diámetros medios de sedimentos para ese tamiz, por lo que se tomara como dato para el cálculo de socavación del estribo izquierdo como (D60) de 0.082mm. Los resultados detallados del análisis granulométrico se encuentran en los Anexo K, y estos han sido debidamente certificados por el laboratorio de mecánica de suelos de LABORATEC.

b) Método de Lischtnan - Levediev

El cálculo de la socavación general se llevará a cabo utilizando las siguientes fórmulas y tablas:

$$\alpha = \frac{Q_d}{tm^{5/3}B\mu} \quad (68)$$

$$\mu = 1 - 0.387 \frac{v}{B} \quad (69)$$

$$t_s = \left[\frac{\alpha t^{5/3}}{0.68 \beta D m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{x+1}} \quad (70)$$

$$H_s = t_s - t \quad (71)$$

Se especifica lo siguiente que:

α = Coeficiente de sección

Q_d = Caudal de diseño (m³/s)

t_m = Tirante medio de la sección $t=A/B$

B = Ancho estable (m)

μ = Coeficiente de contracción o fórmula

β = Coeficiente de tiempo de retorno

X = variable que depende del D_m

D_m = Diámetro medio del sedimento (curva granulométrica)

t = Tirante máximo antes de la erosión (m)

t_s = Tirante de socavación

H_s = Profundidad de socavación (m)

Tabla 79*Valores de X respecto al diámetro del sedimento*

Suelos cohesivos			Suelos no cohesivos		
γ (t/m ³)	X	1/(X+1)	D(mm)	X	1/(X+1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.9	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

Nota. Valores de suelos cohesivos y suelos no cohesivos. Tomas Alfaro A. pág. 20.

Tabla 80*Coeficiente de contracción (10 m - 30 m)*

V (m/s)	Ancho libre del río B						
	10 m	13 m	16 m	18 m	21 m	25 m	30 m
< 1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96
> 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95

Nota. En la tabla se muestra valores de coeficiente de contracción en función a la velocidad y ancho libre del Río. Juárez Badillo E. (1992).

Tabla 81*Coeficiente de contracción (42 m - 200 m)*

V (m/s)	Ancho libre del río B					
	42 m	52 m	63 m	106 m	124 m	200 m
< 1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
> 4.0	0.86	0.89	0.97	0.99	0.99	0.99

Nota. En la tabla se muestra valores de coeficiente de contracción en función a la velocidad y ancho libre del Río. Juárez Badillo E. (1992).

Tabla 82*Valores de coeficiente β*

Período de retorno (años)	Probabilidad de retorno (%)	Coeficiente β
	0.00	0.77
2.00	50.00	0.82
5.00	20.00	0.86
10.00	10.00	0.90
20.00	5.00	0.94
50.00	2.00	0.97
100.00	1.00	1.00
300.00	0.33	1.03
500.00	0.20	1.05
1000.00	0.10	1.07

Nota. En la tabla se muestra valores de coeficiente al período de retorno y la probabilidad de retorno que presenta el cauce. Tomas Alfaro A. Pág. 21.

De la Tabla 80 y Tabla 81, se determina el coeficiente de μ , por lo que se debe tener en cuenta que dicho coeficiente dependerá de Velocidad V (m/s) y ancho libre de B por lo que se deberá realizar la interpolación correspondiente.

Para una velocidad de: $V = 5.32\text{m/s}$

Para una velocidad de: $B = 174\text{ m}$

Se tendrá un coeficiente de: $\mu = 0.99$

Obtenemos el tirante medio:

$$tm = \frac{A}{B} = \frac{215.26\text{m}^2}{174\text{m}} = 1.24\text{m}$$

Por lo tanto:

$$\alpha = \frac{1193.18}{1.24^{\frac{5}{3}} * 174 * 0.99} = 4.84$$

De acuerdo con el análisis granulométrico se obtuvo el diámetro medio de las partículas del sedimento siendo este $D_{60} = 0.082\text{mm}$, para este caso es un suelo no cohesivo.

De la interpolación generada de la tabla 81 se obtiene el valor de $X = 0.427$. Luego se obtiene mediante la tabla anterior, para un $Tr=100$ años se tiene que $\phi=1.00$, y el tirante de agua calculada anteriormente $t = Y = 1.22m$. De los datos obtenidos se remplazan en la fórmula de tirante de socavación.

$$t_s = \left[\frac{4.84 * 1.22^{\frac{5}{3}}}{0.68 * 1.03 * 0.082^{0.28}} \right]^{\frac{1}{0.427+1}} = \mathbf{8.14m}$$

Para calcular la profundidad de la socavación, se sustituye en la ecuación, obteniendo como resultado final lo siguiente para un período de retorno de 100 años ($Tr=100$).

$$H_s = 8.14 - 1.22 = 6.93 \approx \mathbf{7.00m}$$

Resultados de profundidad de socavación para $Tr=50, 100, 200$ y 500 años.

De manera análoga al detallado cálculo para un período de retorno de 100 años ($Tr=100$), se lleva a cabo el proceso para los demás períodos de retorno, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 83

Tr=50,100,200,500 años (Q, S, B, t y A)

Tr	Q	S	B	t	A
Años	m3/s	m/m	m	m	m2
50	1009,960	0,02	159	1,16	187,13
100	1193,180	0,02	174	1,22	215,26
200	1387,220	0,02	187	1,27	240,72
500	1661,080	0,02	200	1,36	275,7

Tabla 84*Tr=50,100,200,500 años (P, R, V, tm y F)*

Tr	P	R	V	tm	F
Años	m		m/s	m	
50	164,19	1,14	5,14	1,18	1,51
100	179,46	1,2	5,32	1,24	1,53
200	192,68	1,25	5,47	1,29	1,54
500	206,08	1,34	5,73	1,38	1,56

Tabla 85*Profundidad de socavación para Tr=50, 100, 200; 500 años*

Tr	μ	α	x	β	Dm	ts	hs
Años						m	m
50	0,990	4,87	0,427	1,000	0,082	7,89	7,00
100	0,990	4,84	0,427	1,03	0,082	8,15	7,00
200	0,990	4,9	0,427	1,05	0,082	8,44	7,00
500	0,990	4,9	0,427	1,07	0,082	9,02	8,00

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

H1: Con los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico se logra un diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón - Huánuco 2023.

Se inicia delineando el cauce del río Monzón, representado en la Figura 9, para identificar con precisión los valores geométricos y los parámetros geomorfológicos de la cuenca de interés. La extensión total es de 2101.96 km² con un contorno de 271.121 km, generando un factor de forma de 0.1516. La cuenca tiene un ancho de 17.85 km, una longitud de 117.76 km y un índice de compacidad de 1.67. Las altitudes varían entre 720 y 44650 m s. n. m., siendo 2193.75 m s. n. m. la más recurrente. El relieve muestra una longitud del río principal de 89.03 km, con una pendiente media de 0.046m/m, implicando un tiempo de concentración de 442.59 minutos. La longitud total de la red hídrica es de 4837.74 km, con un orden U = 7 y una densidad de drenaje de 2.3 km/km². Estos valores caracterizan integralmente la cuenca.

Usando datos pluviométricos procesados y estaciones cercanas a la cuenca, se estimaron intensidades de lluvia. La interpolación en el centroide de la cuenca reveló precipitaciones de 111.27, 119.69, 128.02 y 139.00 mm para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años. Estos valores se incorporaron en fórmulas empíricas para calcular los caudales máximos de diseño, resultando en 1009.96, 1193.18, 1387.22 y 1661.08 m³/s para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años, respectivamente.

Con base en los caudales estimados para distintos períodos de retorno, se establecieron los parámetros de simulación para evaluar hidráulicamente el río en el punto de interés con el software HEC-RAS. Este programa, con interpolación en un plano bidimensional, permitió calcular velocidades medias de las secciones del río, ancho de las secciones y cotas mínima y máxima, empleando un caudal de diseño de 1193.18 m³/s para un período de retorno de 100 años.

Con los datos recopilados, se calculó el ancho estable del cauce para el puente vehicular proyectado, obteniendo $B = 174$ m. El tirante hidráulico se determinó en $t = 1.22$ m. Aplicando el método de Manning, la velocidad media del río en el punto de interés se estimó en 5.33 m/s. Finalmente, se calculó la profundidad de socavación para períodos de 50, 100, 200 y 500 años, revelando resultados de 7.00, 7.00, 7.00 y 8.00 m respectivamente.

En resumen, los resultados mencionados previamente establecen una relación significativa entre las variables dependientes e independientes. Esto posibilita la aplicación correctiva de los parámetros técnicos, conduciendo a la obtención de datos cruciales para un diseño óptimo del puente vehicular. En consecuencia, se valida la hipótesis planteada.

H0: Con los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico no se logra un diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón - Huánuco 2023.

En resumen, de acuerdo con la hipótesis 1, se determina que la hipótesis 0 debe ser rechazada. El análisis y aplicación de la variable independiente (parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico) y variable dependiente (diseño óptimo del puente vehicular), que están

interrelacionadas, han proporcionado los resultados esenciales para el desarrollo del diseño óptimo de un puente vehicular. Esta conclusión respalda la seguridad de lograr un futuro diseño y dimensionamiento estructural e hidráulico adecuado para el puente vehicular.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Terry (2019) llevó a cabo el modelamiento hidrológico e hidráulico del Río Runichinchay, específicamente para el diseño del puente del mismo nombre situado en la provincia de Huari, departamento de Ancash. En el proceso de modelamiento, empleó sistemas informativos como HEC-HMS y el HEC-RAS. El propósito central de esta aplicación fue lograr un diseño óptimo para un puente vehicular, destacando la importancia de la utilización de herramientas especializadas para optimizar el resultado final.

En la presente investigación, utilizamos el sistema informativo ARGIS V.10.2.1, con la extensión de ARC HIDRO TOOLS, junto con los programas AUTOCAD Civil 3D 2022 y Microsoft Excel 2019 con el objetivo de lograr un diseño óptimo para un puente vehicular, aprovechando la sinergia de estas herramientas que complementan eficientemente el proceso de análisis y planificación.

Terry (2019), logró obtener los resultados de los parámetros y características morfométricas de la cuenca del río Runichichay. Encontró que la cuenca tiene un área total de 104.41 km², dividida en tres subcuencas con áreas de (40.24 km², 16.64 km², 47.53 km²). Las longitudes de los cauces principales son de (6.31 km; 3.67 km, 8.37 km), con cotas máximas del cauce de (4033 m s. n. m., 4128 m s. n. m., 3637 m s. n. m.) y cotas mínimas de (3637 m s. n. m., 3637 m s. n. m., 3000 m s. n. m.). Adicionalmente, Terry mencionó que la forma de la cuenca es moderadamente alargada e irregular, con índices de compacidad de (1.67, 1.85, 1.71). La longitud del eje mayor es de (8.78 km; 8.00 km), y el ancho promedio es de (6.02 km, 2.85 km). Asimismo, la cuenca presenta una pendiente media de (62.09%, 60.07%, 61.56%). Estos resultados proporcionan una visión detallada de las características morfológicas de la cuenca.

En esta investigación, al emplear sistemas informativos, se lograron identificar todas las características morfométricas previamente mencionadas por Terry (2019), aunque con resultados distintos, dado que el estudio se llevó a cabo en el Río Monzón. La cuenca de este río no exhibe subcuencas, por lo

que se realizó un análisis integral del área y el perímetro. Los resultados revelan un área de la cuenca de 2101.96 km², con un perímetro de 271.17 km. Asimismo, se determinó que la longitud del cauce principal es de 89.025 km, con una altitud máxima de 4650 m s. n. m. y una altitud mínima de 720 m s. n. m. La forma de la cuenca se caracteriza por su alargamiento y baja concentración de lluvias, evidenciada por un índice de compacidad de 1.67. La longitud del eje mayor se estableció en 117.76 km, y el análisis concluyó con una pendiente del terreno del 45.22%. De este resultado se concluye que en nuestra investigación contamos con mayor área y perímetro.

En la continuación del modelamiento y análisis, Terry (2019) logró calcular el caudal de diseño para la configuración óptima de un puente vehicular, considerando un período de retorno de 140 años, con un flujo de 44.70 m³/s. Asimismo, Terry (2019) determinó el caudal de socavación local, alcanzando 55.40 m³/s con un período de retorno de 500 años, y definió la profundidad de socavación local en los estribos, la cual se estableció en 2.29 m. Estos resultados fueron esenciales para la determinación precisa del dimensionamiento y diseño de las estructuras del puente Runichinchay.

Del análisis y evaluación de la presente tesis, se logró determinar un caudal de diseño de 1193.18 m³/s para un período de diseño de 100 años. Asimismo, se identificó un caudal de socavación de 1661.08 m³/s con un período de retorno de 500 años, acompañado de una profundidad de socavación que varió entre 7.00 m y 8.00 m para períodos de retorno de 50, 100, 200, y 500 años. Estos resultados aseguran el correcto diseño y dimensionamiento del puente vehicular en el Puerto Malatoa del Río Monzón. En resumen, se destaca que una mayor área de la cuenca se traduce en un incremento del caudal de diseño y una mayor profundidad de socavación.

CONCLUSIONES

1. Los detalles morfométricos de la región de Puerto Malatoa - Cachicoto fueron establecidos mediante las cartas nacionales georreferenciadas a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Estas cartas simplificaron la delimitación y el cálculo de los parámetros geomorfológicos, posibilitando así una caracterización minuciosa de cada uno de los parámetros establecidos. Como resultado, se consiguió determinar un área de 2101,958 km² para la cuenca del río Monzón.
2. Empíricamente, se efectuaron los cálculos de caudales de diseño para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años, generando valores de 1009.96, 1193.18, 1387.22 y 1661.08 m³/s, respectivamente. En el contexto del diseño de un puente vehicular, se recomienda tener en cuenta el caudal de diseño asociado a un período de retorno de 100 años. Siguiendo esta sugerencia, se llevó a cabo un modelado utilizando HEC-GeoRAS y ArcGIS para evaluar la frecuencia de inundación en ambas márgenes. Por ende, estos caudales desempeñan un papel fundamental para lograr un diseño eficiente del puente vehicular.
3. A través de análisis hidráulicos y granulométricos del lecho, se determinaron las profundidades de socavación para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años, registrando medidas de 7.00, 7.00, 7.00 y 8.00 metros, respectivamente. Estos resultados han sido fundamentales en la creación de una propuesta de diseño para un puente vehicular, la cual se respalda en la confiabilidad de los valores obtenidos.
4. Las alternativas más eficientes y económicamente factibles para minimizar los daños en regiones susceptibles a inundaciones incluyen el empleo de enrocados y muros de gaviones. Estas soluciones son particularmente idóneas dada la abundancia de piedra y roca en la localidad. Como resultado, la implementación de estas sugerencias desempeñarán un papel crucial en atenuar de manera considerable los efectos ocasionados por eventos naturales.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que el SENAMHI coloque estaciones meteorológicas en ubicaciones cercanas a ríos que albergan comunidades vulnerables. De este modo, los datos recolectados para investigaciones específicas no estarán sujetos a la estimación basada en estaciones auxiliares, las cuales a veces no ofrecen resultados confiables. Además, se aconseja adoptar estaciones automáticas aprovechando la tecnología disponible, con el fin de evitar la carencia de datos y posibilitar un análisis más preciso.
2. En relación con las medidas de protección para el puente, se aconseja, como medida de prevención, la edificación de estructuras adicionales como gaviones o enrocados. con distantes precisa de 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo del puente en ambas márgenes. Esta acción tiene como objetivo prevenir posibles daños futuros que podrían impactar directamente en la estabilidad y seguridad de la estructura.
3. Se recomienda realizar estudios análogos en distintas localidades tanto rurales como urbanas que se encuentren propensas a sufrir consecuencias a causa de fenómenos naturales. De este modo, será posible anticipar o minimizar los efectos devastadores ocasionados por la naturaleza en estas áreas.
4. Para investigaciones que busquen una mayor precisión, se sugiere llevar a cabo un levantamiento topográfico exhaustivo de todos los afluentes que contribuyen al río Monzón en todas sus dimensiones. Esto permitirá crear una delimitación más detallada de la subcuenca, facilitando una identificación más precisa de las características del suelo presentes en la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriana, A. K., & Bermúdez, B. J. (agosto de 2016). *Determinación del caudal máximo para diseño de puente en la Quebrada Tuaneca sobre la vía Siachoque-Toca. Bogotá DC: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.*
- Aparicio, M. F. (1987). *Fundamentos de hidrología de superficie. Cuernavaca: Limusa, S.A.*
- Bermúdez, J. D., & Martínez, R. A. (2016). *Evaluación Hidrológica e Hidráulica de la quebrada la Chorrera para la verificación de los niveles máximos y mínimos en la captación del Centro Poblado la Magdalena, Municipio de Quebrada negra-Cundinamarca. Programa de especialización en Recursos Hídricos. Bogotá D.C, Colombia: Universidad Católica de Colombia-Facultad de ingeniería.*
- Breña P, A., & Jacovo V, M. (2005). *Principios y fundamentos de la hidrología superficial. Metropolitana: Universidad Autónoma Metropolitana.*
- Cahuana Andia, A., & Yugar Morales, W. (2009). *Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología CIV-233. Cochabamba - Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.*
- Campos Aranda, D. (1987). *Procesos del ciclo hidrológico. San Luis de Potosí - México: Universidad Autónoma de San Luis de Potosí.*
- Castillo Altamirano, E. M. (2017). *Evaluación Hidrológica e hidráulica de los drenajes transversales en la carretera Cocahuayco - Cocachimba - Bongara - Amazonas. Jaén - Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.*
- Chereque Moran, W. (2003). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. Lima - Perú: Segunda Edición.*
- Chow, V. T., Mays, M. W., & Maidment, D. R. (1994). *Hidrología Aplicada. Bogotá: Nomos S.A.*
- Elbio Felipe, M. (2016). *Socavación producida por el río Huallaga al puente Colpa alta en la provincia de Huánuco, utilizando los métodos de*

- Artamanov, Straub y Maza, en el Hec-Ras. Lima: Universidad de Piura-
Máster en ingeniería Civil.
- G., M. S. (s.f.). *Hidrología en la ingeniería*. Colombia: Segunda Edición.
Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Hernández - Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México:
Sexta Ed.
- INRENA. (2008). *Actualización del Balance Hídrico de la cuenca del Río
Ramis. Ayaviri. Melgar. Puno: Hidrología - Volumen I*.
- Karina Coello, & Rumbo Mendoza, L. H. (2018). *Evaluación de la respuesta a
Hidrología del río Tinaquillo en el puente los Apamates, Municipio
Tinaquillo, Estado Cojedes. maestría en ingeniería Ambiental. Estado
Cojedes, Venezuela: Universidad Nacional Experimental de los Llanos
occidentales Ezequiel Zamora*.
- Linsley, K. R., Kohler, A. M., & Paulus, H. J. (1977). *Hidrología para Ingenieros*.
Bogotá-Colombia: Hill Latinoamericano S.A.
- López Cabello, J. E. (2014). *Simulación hidráulica de inundación en la zona
urbana de la cuenca baja del Río Higuera – Huánuco – 2014*. Huánuco
- Perú: Universidad de Huánuco.
- Monja, G. E. (2018). *Estudio hidrológico e hidráulico para el dimensionamiento
optimizado del puente vehicular sobre el río Cumbaza en la localidad
Juan Guerra-distrito Juan Guerra-provincia de San Martín- San Martín
2018*. Tarapoto, Perú: Tesis para optar el título profesional de Ingeniero
Civil.
- MTC. (2010). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. En M. d.
comunicaciones. Perú.
- Pérez Campomanes, G. (2015). *MANUAL DE HIDROLOGIA APLICADA*.
LIMA.
- Pérez Romo, A. T., & Vanegas Sandoval, L. J. (2016). *Estudio hidrológico e
hidráulico en la zona baja de la cuenca del río Frio en el Municipio de
Chía. Universidad católica de Colombia. Cundinamarca, Colombia:
Trabajo de Investigación*.

- Rudy Aurelio, T. C. (2018). *Estudio hidrológico para la propuesta de construcción de defensa Rivereña ante amenazas de derrumbe*. En T. C. Rudy Aurelio. Juliaca: Tesis UANCV.
- Talledo Chumacero, I. A., & Noriega Aponte, A. S. (2019). *Vulnerabilidad de la sección hidráulica del puente Bolsico para soportar caudales de crecidas extraordinarias del río Zarumilla*. Tumbes, Tumbes, Perú: Universidad Nacional de Tumbes - Facultad de Ciencias Agrarias.
- Terry Cerdaña, M. A. (2019). *Modelamiento hidrológico e hidráulico del Río Runichinchay para el diseño del puente Runichinchay, provincia de Huari, Áncash*. La Molina-Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Ticona Mamani, A. C. (2016). *Modelación hidrológica de escenarios futuros de caudales medios con la aplicación del modelo hidrológico Weap en la cuenca del río Llave - Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Villodas, R. (2008). *Guía de Estudio para las Cátedras - Hidrología*. Mendoza - Argentina: Universidad Nacional de Cuyo.
- Villón, M. (2010). *Cálculos hidrológicos e hidráulicos en cuencas hidrográficas*. Cartago-Costa Rica: Segunda Edición.
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Cartago-Costa Rica: Instituto tecnológico Costa Rica.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Arbe Castillo, T. (2024). *Parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre Puerto Malatoa del río Monzón–Huánuco 2023* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 86

Matriz de consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología	Población y Muestra
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable	Enfoque	Población
¿Cuáles son los parámetros técnicos del Análisis Hidrológico e Hidráulico para el diseño óptimo de un Puente Vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón–Huánuco 2023?	Determinar los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón – Huánuco 2023.	Con los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico se logra un diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón – Huánuco 2023.	independiente Los parámetros técnicos del análisis hidrológico e hidráulico.	Presenta un enfoque cuantitativo	se trata de la corriente principal conocida como Río Monzón.
Problemas específicos	Objetivo Especifico	Hipótesis específica	Variable	Alcance o nivel	Muestra
¿Cómo se establece los parámetros geomorfológicos según las cartas nacionales referenciadas para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023?	Establecer los parámetros geomorfológicos mediante el uso de las cartas nacionales referenciadas para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del Río Monzón – Huánuco 2023.	Los parámetros geomorfológicos permiten obtener el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón - Huánuco 2023.	El diseño óptimo del puente vehicular.	Presenta un alcance correlacional	Puerto de Malatoa Río Monzón distrito Monzón –
¿Cuáles son los caudales	Determinar los caudales	Los caudales máximos de diseño con períodos de		Diseño Presenta un	Huamalíes - Huánuco

máximos de diseño con períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023? ¿Cuál es profundidad de socavación, para períodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el Puerto Malatoa del Río Monzón - Huánuco 2023?	máximos de diseño con período de retorno de 50, 100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos, para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del Rio Monzón – Huánuco 2023. Determinar la profundidad de socavación, para período de retorno de 50, 100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos, para el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón – Huánuco 2023.	retorno de 50,100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos permiten obtener el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón - Huánuco 2023. La profundidad de socavación para tiempos de retorno de 50,100, 200 y 500 años aplicando métodos empíricos permiten obtener el diseño óptimo de un puente vehicular sobre el puerto Malatoa del río Monzón - Huánuco 2023.	diseño no experimental
---	--	---	------------------------

ANEXO 2

ESTACIONES METEREOLÓGICAS CONSIDERADAS PARA EL ESTUDIO

ESTACION "A"												
ESTACIÓN: TINGO MARIA / 109027 / SENAMHI / DRE							LAT.	: 9°18' 36.6"S'	DPTO.	: Huanuco		
Tipo: CP-Meteorologica							LONG.	: 76° 0' 1.8"W'	PROV.	: Loncio Prado		
Código: 109027							ALT.	: 657 msnm	DIST.	: Rupa-Rupa		
PRECIPITACION maxima en 24 Hrs. (mm)												
AÑO	ENE	FEB	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1990	76,70	67,00	41,20	33,00	70,00	47,20	60,00	36,50	30,20	60,50	52,50	86,30
1991	98,40	21,30	58,40	67,80	32,40	33,20	27,90	16,50	20,50	42,70	68,80	72,50
1992	49,60	79,30	55,20	90,00	77,70	56,80	20,00	58,00	56,20	85,00	98,30	98,00
1993	104,00	25,00	27,50	62,00	43,40	36,30	48,30	40,50	55,90	90,50	80,70	97,40
1994	133,00	84,80	46,50	94,30	71,30	34,30	67,40	21,90	58,10	82,30	45,70	149,20
1995	82,30	98,40	83,70	36,20	36,30	45,30	44,20	16,90	44,50	75,30	51,30	70,70
1996	68,70	75,30	32,20	76,00	63,90	50,00	21,00	30,00	54,50	53,00	78,00	44,60
1997	55,00	39,70	60,40	51,00	50,00	33,70	51,30	23,70	76,20	33,60	68,00	99,80
1998	52,50	87,00	74,50	63,30	156,00	83,00	16,40	27,50	36,90	97,10	72,20	54,80
1999	57,10	78,30	82,60	66,30	116,50	52,20	48,00	22,30	22,70	26,10	71,80	94,00
2000	88,50	64,50	54,60	24,10	20,90	60,90	85,60	20,50	32,80	53,40	51,70	65,40
2001	95,90	45,80	71,80	38,70	67,70	28,30	43,30	7,40	88,30	35,50	79,00	43,90
2002	72,20	78,80	123,10	72,70	64,70	46,90	40,70	28,90	61,30	46,00	65,20	60,40
2003	33,80	106,00	51,70	54,60	149,70	94,60	23,50	57,10	58,40	111,20	86,00	103,30
2004	64,10	67,80	80,00	50,00	38,10	13,80	79,60	27,50	33,40	48,50	68,20	46,10
2005	48,80	92,60	94,70	23,30	37,50	43,70	37,50	25,70	54,30	58,70	66,80	97,50
2006	54,80	108,00	53,00	80,50	41,90	20,50	42,00	30,60	68,10	68,90	96,00	64,50
2007	70,50	35,00	69,80	51,50	35,80	4,90	35,50	29,10	27,80	48,30	61,80	60,90
2008	69,50	88,60	65,50	31,70	34,90	26,50	35,00	14,50	24,60	95,80	28,80	32,90
2009	78,20	53,00	48,50	55,50	65,60	27,40	35,50	34,80	51,28	34,40	41,80	56,70
2010	46,00	64,40	69,90	30,30	23,70	26,90	55,70	22,00	45,30	51,40	68,40	66,30
2011	105,00	66,30	85,30	64,00	44,00	37,60	21,70	26,00	79,60	47,20	60,50	38,80
2012	58,90	51,50	103,70	52,20	43,00	33,70	9,60	15,80	28,80	55,10	48,50	61,60
2013	98,00	104,50	65,30	115,00	32,40	59,70	18,80	37,80	121,00	69,20	44,20	53,00

Fuente: Estaciones meteorológicas SENAMHI Tingo María.

ESTACION "C"

ESTACIÓN: TULUMAYO / 109028 / SENAMHI / DRE

Tipo: CP-Meteorologica

Código: 109028

LAT. : 9°8' 49.4"S

LONG. : 76° 0' 33.97"W

ALT. : 612 msnm

DPTO. : Huanuco

PROV. : Luncio Prado

DIST. : Jose Crespo y castillo

PRECIPITACION maxima en 24 Hrs. (mm)

AÑO	ENERO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1990	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1991	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1992	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1993	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1994	53,50	52,00	53,50	72,00	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1995	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
1996	NR	36,00	28,30	102,90	95,70	43,60	4,20	19,20	25,20	55,20	65,30	71,10
1997	48,40	58,40	62,40	136,00	31,00	40,50	21,60	43,80	51,20	49,20	110,50	45,20
1998	63,70	109,00	82,00	67,20	113,30	35,80	23,20	60,80	37,00	65,70	27,20	65,60
1999	113,80	60,60	74,40	17,30	67,70	26,30	43,60	12,80	24,00	34,00	53,50	23,80
2000	47,40	57,80	63,20	34,00	40,90	49,50	26,10	96,60	21,20	35,40	28,30	58,10
2001	67,80	42,40	34,60	28,40	62,00	42,80	41,00	18,50	34,40	34,10	65,40	90,70
2002	56,30	103,50	50,50	43,30	58,00	31,30	72,50	35,00	12,00	40,30	79,00	NR
2003	41,80	72,30	60,50	126,00	72,00	36,20	23,00	68,20	66,00	44,00	93,00	74,50
2004	70,80	31,30	60,00	40,20	32,30	21,30	102,40	22,70	22,10	32,20	50,20	45,70
2005	52,60	142,00	65,10	24,80	13,10	62,50	5,50	27,70	54,70	72,70	41,60	87,70
2006	46,40	118,60	40,80	38,00	38,00	51,40	30,40	60,00	35,50	55,30	63,20	62,30
2007	60,00	34,70	45,20	40,80	65,00	20,40	35,20	21,60	19,10	76,80	56,00	67,00
2008	34,80	43,40	45,50	68,30	37,80	36,40	61,00	22,80	47,90	57,40	26,20	43,00
2009	62,00	97,60	40,80	56,70	67,00	33,00	27,80	32,70	41,10	35,50	50,70	66,30
2010	36,30	70,90	108,50	56,70	26,30	11,30	40,30	14,40	12,50	39,60	78,60	43,60
2011	54,10	84,00	28,20	38,40	29,30	18,10	54,60	16,70	89,00	52,00	22,50	50,00
2012	80,00	73,00	69,00	43,00	52,60	54,60	13,80	31,10	36,40	22,70	61,80	52,70
2013	83,70	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	67,80	70,00	56,40	45,50

Fuente: Estaciones meteorológicas SENAMHI Tingo María.

ESTACION "B"

ESTACIÓN: HUANUCO / 109003 / SENAMHI / DRE

Tipo: CP-Meteorologica

Código: 109003

LAT. : 9°57' 7.24"S'

LONG. : 76° 14' 54.8"W'

ALT. : 1919 msnm

DPTO. : Huanuco

PROV. : Luncio Prado

DIST. : Rupa-Rupa

PRECIPITACION maxima en 24 Hrs. (mm)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1990	11,50	6,10	15,10	20,10	13,00	4,70	1,30	4,50	2,80	21,30	18,00	12,00
1991	4,70	15,00	28,80	8,30	2,00	5,00	4,80	0,00	2,20	11,40	15,00	20,40
1992	8,50	29,60	15,60	5,40	0,00	3,60	0,00	25,00	2,00	38,40	24,90	9,80
1993	12,50	18,00	13,70	13,50	6,20	4,70	3,40	3,70	6,00	7,60	16,40	12,30
1994	11,65	8,70	10,90	24,00	15,00	0,00	0,00	0,00	20,50	19,00	7,20	20,60
1995	8,00	18,90	17,50	8,90	1,80	0,70	1,20	0,40	3,00	8,90	13,90	12,30
1996	13,50	9,10	15,90	17,10	10,40	0,01	0,10	3,50	1,40	9,30	15,10	8,10
1997	10,50	6,60	11,40	10,60	4,20	1,90	0,00	4,10	5,30	8,30	11,20	7,80
1998	17,90	16,50	27,50	1,00	2,70	1,80	0,00	1,50	3,20	13,40	26,00	7,20
1999	13,10	28,00	15,20	5,40	9,20	8,10	4,70	0,60	33,00	5,60	10,70	13,70
2000	10,80	14,20	14,60	7,70	5,30	7,30	2,40	12,10	4,00	2,80	20,30	19,30
2001	11,30	8,90	10,60	25,70	7,40	0,80	3,20	5,00	2,00	10,00	48,70	10,80
2002	13,00	19,40	14,90	27,20	9,70	2,10	5,20	1,30	2,80	22,90	7,80	5,20
2003	12,30	6,40	9,40	14,90	3,00	0,10	0,10	6,90	4,40	12,50	23,00	18,10
2004	7,60	8,10	11,90	10,50	11,70	1,40	2,10	4,60	11,30	6,40	13,00	17,60
2005	5,90	16,60	25,50	2,40	0,60	0,01	0,80	7,50	3,50	11,00	8,70	20,10
2006	28,00	11,30	18,90	8,30	1,90	3,60	1,60	2,00	7,20	18,90	21,70	18,20
2007	8,70	2,40	12,30	7,50	5,30	1,20	3,30	2,90	2,30	25,80	13,70	27,30
2008	7,90	12,50	16,60	15,80	2,70	1,80	0,10	0,70	14,20	11,70	33,10	30,60
2009	19,60	10,00	19,40	10,60	7,30	9,00	4,00	3,40	2,30	16,80	8,50	9,10
2010	4,90	17,40	22,60	6,80	2,40	1,20	3,80	5,00	9,60	12,00	21,80	19,90
2011	13,60	11,60	35,40	8,00	9,50	1,80	0,90	1,50	11,40	20,40	19,30	36,20
2012	16,30	12,30	11,60	16,30	5,70	1,90	4,70	2,50	2,60	16,20	29,60	30,70
2013	7,90	13,80	14,70	13,60	1,90	4,70	5,50	14,10	2,40	13,40	11,10	19,90

Fuente: Estaciones meteorológicas SENAMHI Huánuco.

ESTACION "D"

ESTACIÓN: MILPO / 150902 / SENAMHI / DRE							LAT.	9° 53' 1.0"S'		DPTO.	Ancash	
Tipo:	TC-Meteorologica						LONG	77° 14' 1.0"W'		PROV.	Recuay	
Código:	150902						ALT.	4400 msnm		DIST.	Catac	
PRECIPITACION maxima en 24 Hrs. (mm)												
AÑO	ENERO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
1990	4,20	11,50	12,10	2,60	1,50	1,20	0,30	1,90	0,90	8,80	12,00	2,70
1991	24,94	26,70	26,80	21,30	11,00	9,00	0,00	10,00	11,30	15,50	15,50	13,30
1992	10,00	13,00	16,80	14,00	7,30	0,01	6,60	4,10	1,90	10,90	12,50	8,00
1993	16,20	22,40	22,00	29,70	8,80	6,40	3,70	3,70	15,50	13,50	19,50	33,50
1994	25,80	29,00	31,60	14,80	14,90	3,30	2,80	6,30	11,50	12,40	11,30	18,00
1995	28,20	18,70	23,80	12,20	15,20	5,20	3,00	9,80	8,10	11,40	20,20	25,30
1996	33,20	11,40	20,60	27,40	12,20	7,00	0,50	3,80	12,20	8,20	17,20	16,70
1997	17,60	16,80	10,00	6,50	9,50	0,70	9,60	9,80	14,80	9,30	11,80	25,40
1998	44,80	30,00	30,20	33,70	9,80	10,90	0,00	2,80	6,20	20,00	13,50	15,00
1999	40,80	34,20	26,40	13,50	5,90	8,10	4,40	3,40	12,80	15,10	23,10	11,90
2000	17,10	17,80	41,00	10,10	15,50	3,90	3,10	6,20	12,10	20,00	8,50	24,50
2001	23,60	18,30	28,40	4,50	7,30	2,00	5,00	0,50	10,70	16,70	20,00	24,00
2002	29,50	46,60	55,60	16,80	6,40	3,90	1,30	2,00	10,20	29,20	16,80	25,00
2003	11,30	24,60	18,80	23,00	7,90	3,90	9,50	2,50	12,90	10,30	14,30	22,10
2004	17,00	26,80	27,60	29,50	10,70	3,70	11,60	3,30	2,60	19,00	28,10	24,30
2005	23,70	18,60	24,60	16,00	25,20	1,50	4,50	6,10	3,40	24,90	28,20	21,80
2006	17,90	24,40	29,10	43,20	14,10	9,20	3,40	1,50	10,20	18,90	13,40	15,90
2007	39,40	3,20	38,90	34,00	12,00	5,20	8,00	13,80	1,80	26,30	24,90	23,50
2008	38,40	30,50	53,80	19,60	2,50	15,40	25,10	28,20	20,30	32,70	9,00	24,40
2009	34,60	26,00	31,20	27,60	3,60	4,40	4,20	2,80	2,60	37,20	24,40	31,20
2010	19,10	14,60	30,10	9,50	10,90	2,00	0,90	2,30	15,70	16,20	52,70	40,80
2011	26,50	31,80	29,00	18,20	4,20	2,40	7,20	4,40	75,60	27,70	40,40	98,50
2012	32,50	98,60	51,60	55,20	11,20	27,30	3,00	2,70	41,00	18,40	35,50	25,44
2013	22,30	45,20	45,70	54,00	23,80	58,00	14,40	7,40	25,40	34,30	24,70	39,30

Fuente: Estaciones meteorológicas SENAMHI Áncash.

ANEXO 3

MÉTODO

Método de la razón normal

1990 Estimación de la lluvia en la estación Luyando

ESTACION	Pi (mm)	Ene-90
Tingo Maria	685,65	76,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	11,50
Milpo	213,50	4,20
		hpx = 45,26 mm

ESTACION	Pi (mm)	Feb-90
Tingo Maria	685,65	67,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	6,10
Milpo	213,50	11,50
		hpx = 40,62 mm

ESTACION	Pi (mm)	Mar-90
Tingo Maria	685,65	41,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	15,10
Milpo	213,50	12,10
		hpx = 48,07 mm

ESTACION	Pi (mm)	Abr-90
Tingo Maria	685,65	33,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	20,10
Milpo	213,50	2,60
		hpx = 44,66 mm

ESTACION	Pi (mm)	May-90
Tingo Maria	685,65	70,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,00
Milpo	213,50	1,50
		hpx = 43,13 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jun-90
Tingo Maria	685,65	47,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	4,70
Milpo	213,50	1,20
		hpx = 22,70 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jul-90
Tingo Maria	685,65	60,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	1,30
Milpo	213,50	0,30
		hpx = 20,15 mm

ESTACION	Pi (mm)	Ago-90
Tingo Maria	685,65	36,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	4,50
Milpo	213,50	1,90
		hpx = 19,88 mm

ESTACION	Pi (mm)	Set-90
Tingo Maria	685,65	30,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	2,80
Milpo	213,50	0,90
		hpx = 14,32 mm

ESTACION	Pi (mm)	Oct-90
Tingo Maria	685,65	60,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	21,30
Milpo	213,50	8,80
		hpx = 60,64 mm

ESTACION	Pi (mm)	Nov-90
Tingo Maria	685,65	52,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	18,00
Milpo	213,50	12,00
		hpx = 55,99 mm

ESTACION	Pi (mm)	Dic-90
Tingo Maria	685,65	86,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	12,00
Milpo	213,50	2,70
		hpx = 47,48 mm

ESTIMACIÓN DE DATOS FALTANTES EN LA ESTACIÓN TULUMAYO

1991 Estimación de la lluvia en la estación

ESTACION	Pi (mm)	Ene-91
Tingo Maria	685,65	98,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	4,70
Milpo	213,50	24,94
		hpx = 60,45 mm

ESTACION	Pi (mm)	Feb-91
Tingo Maria	685,65	21,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	15,00
Milpo	213,50	26,70
		hpx = 55,90 mm

ESTACION	Pi (mm)	Mar-91
Tingo Maria	685,65	58,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	28,80
Milpo	213,50	26,80
		hpx = 89,24 mm

ESTACION	Pi (mm)	Abr-91
Tingo Maria	685,65	67,80
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	8,30
Milpo	213,50	21,30
		hpx = 53,73 mm

ESTACION	Pi (mm)	May-91
Tingo Maria	685,65	32,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	2,00
Milpo	213,50	11,00
		hpx = 23,29 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jun-91
Tingo Maria	685,65	33,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	5,00
Milpo	213,50	9,00
		hpx = 26,46 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jul-91
Tingo Maria	685,65	27,90
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	4,80
Milpo	213,50	0,00
		hpx = 16,00 mm

ESTACION	Pi (mm)	Ago-91
Tingo Maria	685,65	16,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,00
Milpo	213,50	10,00
		hpx = 14,40 mm

ESTACION	Pi (mm)	Set-91
Tingo Maria	685,65	20,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	2,20
Milpo	213,50	11,30
		hpx = 20,37 mm

ESTACION	Pi (mm)	Oct-91
Tingo Maria	685,65	42,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	11,40
Milpo	213,50	15,50
		hpx = 45,78 mm

ESTACION	Pi (mm)	Nov-91
Tingo Maria	685,65	68,80
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	15,00
Milpo	213,50	15,50
		hpx = 59,31 mm

ESTACION	Pi (mm)	Dic-91
Tingo Maria	685,65	72,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	20,40
Milpo	213,50	13,30
		hpx = 67,02 mm

1992 Estimación de la lluvia en la estación

ESTACION	Pi (mm)	Ene-92
Tingo Maria	685,65	49,60
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	8,50
Milpo	213,50	10,00
		hpx = 37,91 mm

ESTACION	Pi (mm)	Feb-92
Tingo Maria	685,65	79,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	29,60
Milpo	213,50	13,00
		hpx = 83,59 mm

ESTACION	Pi (mm)	Mar-92
Tingo Maria	685,65	55,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	15,60
Milpo	213,50	16,80
		hpx = 57,49 mm

ESTACION	Pi (mm)	Abr-92
Tingo Maria	685,65	90,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	5,40
Milpo	213,50	14,00
		hpx = 48,68 mm

ESTACION	Pi (mm)	May-92
Tingo Maria	685,65	77,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,00
Milpo	213,50	7,30
		hpx = 29,96 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jun-92
Tingo Maria	685,65	56,80
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	3,60
Milpo	213,50	0,01
		hpx = 22,64 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jul-92
Tingo Maria	685,65	20,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,00
Milpo	213,50	6,60
		hpx = 12,20 mm

ESTACION	Pi (mm)	Ago-92
Tingo Maria	685,65	58,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	25,00
Milpo	213,50	4,10
		hpx = 61,40 mm

ESTACION	Pi (mm)	Set-92
Tingo Maria	685,65	56,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	2,00
Milpo	213,50	1,90
		hpx = 21,68 mm

ESTACION	Pi (mm)	Oct-92
Tingo Maria	685,65	85,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	38,40
Milpo	213,50	10,90
		hpx = 97,47 mm

ESTACION	Pi (mm)	Nov-92
Tingo Maria	685,65	98,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	24,90
Milpo	213,50	12,50
		hpx = 81,16 mm

ESTACION	Pi (mm)	Dic-92
Tingo Maria	685,65	98,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	9,80
Milpo	213,50	8,00
		hpx = 52,44 mm

1993 Estimación de la lluvia en la estación

ESTACION	Pi (mm)	Ene-93
Tingo Maria	685,65	104,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	12,50
Milpo	213,50	16,20
		hpx = 66,37 mm

ESTACION	Pi (mm)	Feb-93
Tingo Maria	685,65	25,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	18,00
Milpo	213,50	22,40
		hpx = 57,74 mm

ESTACION	Pi (mm)	Mar-93
Tingo Maria	685,65	27,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,70
Milpo	213,50	22,00
		hpx = 51,17 mm

ESTACION	Pi (mm)	Abr-93
Tingo Maria	685,65	62,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,50
Milpo	213,50	29,70
		hpx = 68,39 mm

ESTACION	Pi (mm)	May-93
Tingo Maria	685,65	43,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	6,20
Milpo	213,50	8,80
		hpx = 31,22 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jun-93
Tingo Maria	685,65	36,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	4,70
Milpo	213,50	6,40
		hpx = 24,42 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jul-93
Tingo Maria	685,65	48,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	3,40
Milpo	213,50	3,70
		hpx = 23,31 mm

ESTACION	Pi (mm)	Ago-93
Tingo Maria	685,65	40,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	3,70
Milpo	213,50	3,70
		hpx = 21,48 mm

ESTACION	Pi (mm)	Set-93
Tingo Maria	685,65	55,90
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	6,00
Milpo	213,50	15,50
		hpx = 40,98 mm

ESTACION	Pi (mm)	Oct-93
Tingo Maria	685,65	90,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	7,60
Milpo	213,50	13,50
		hpx = 51,90 mm

ESTACION	Pi (mm)	Nov-93
Tingo Maria	685,65	80,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	16,40
Milpo	213,50	19,50
		hpx = 68,90 mm

ESTACION	Pi (mm)	Dic-93
Tingo Maria	685,65	97,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	12,30
Milpo	213,50	33,50
		hpx = 80,55 mm

1994 Estimación de la lluvia en la estación

ESTACION	Pi (mm)	May-94
Tingo Maria	685,65	71,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	15,00
Milpo	213,50	14,90
		hpx = 59,48 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jun-94
Tingo Maria	685,65	34,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,00
Milpo	213,50	3,30
		hpx = 13,30 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jul-94
Tingo Maria	685,65	67,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,00
Milpo	213,50	2,80
		hpx = 22,63 mm

ESTACION	Pi (mm)	Ago-94
Tingo Maria	685,65	21,90
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,00
Milpo	213,50	6,30
		hpx = 12,48 mm

ESTACION	Pi (mm)	Set-94
Tingo Maria	685,65	58,10
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	20,50
Milpo	213,50	11,50
		hpx = 61,21 mm

ESTACION	Pi (mm)	Oct-94
Tingo Maria	685,65	82,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	19,00
Milpo	213,50	12,40
		hpx = 66,81 mm

ESTACION	Pi (mm)	Nov-94
Tingo Maria	685,65	45,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	7,20
Milpo	213,50	11,30
		hpx = 35,90 mm

ESTACION	Pi (mm)	Dic-94
Tingo Maria	685,65	149,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	20,60
Milpo	213,50	18,00
		hpx = 94,54 mm

1996 Estimación de la lluvia en la estación

ESTACION	Pi (mm)	Ene-96
Tingo Maria	685,65	68,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,50
Milpo	213,50	33,20
		hpx = 73,70 mm

1995 Estimación de la lluvia en la estación

ESTACION	Pi (mm)	Ene-95
Tingo Maria	685,65	82,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	8,00
Milpo	213,50	28,20
	hpx = 64,10 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Feb-95
Tingo Maria	685,65	98,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	18,90
Milpo	213,50	18,70
	hpx = 77,41 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Mar-95
Tingo Maria	685,65	83,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	17,50
Milpo	213,50	23,80
	hpx = 75,65 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Abr-95
Tingo Maria	685,65	36,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	8,90
Milpo	213,50	12,20
	hpx = 36,68 mm	

ESTACION	Pi (mm)	May-95
Tingo Maria	685,65	36,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	1,80
Milpo	213,50	15,20
	hpx = 28,11 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Jun-95
Tingo Maria	685,65	45,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,70
Milpo	213,50	5,20
	hpx = 19,49 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Jul-95
Tingo Maria	685,65	44,20
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	1,20
Milpo	213,50	3,00
	hpx = 17,88 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Ago-95
Tingo Maria	685,65	16,90
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	0,40
Milpo	213,50	9,80
	hpx = 14,97 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Set-95
Tingo Maria	685,65	44,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	3,00
Milpo	213,50	8,10
	hpx = 25,72 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Oct-95
Tingo Maria	685,65	75,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	8,90
Milpo	213,50	11,40
	hpx = 47,50 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Nov-95
Tingo Maria	685,65	51,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,90
Milpo	213,50	20,20
	hpx = 56,83 mm	

ESTACION	Pi (mm)	Dic-95
Tingo Maria	685,65	70,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	12,30
Milpo	213,50	25,30
	hpx = 64,84 mm	

2013 Estimación de la lluvia en la estación L

ESTACION	Pi (mm)	Feb-13
Tingo Maria	685,65	104,50
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,80
Milpo	213,50	45,20
		hpx = 96,20 mm

ESTACION	Pi (mm)	Mar-13
Tingo Maria	685,65	65,30
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	14,70
Milpo	213,50	45,70
		hpx = 86,52 mm

ESTACION	Pi (mm)	Abr-13
Tingo Maria	685,65	115,00
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	13,60
Milpo	213,50	54,00
		hpx = 107,36 mm

ESTACION	Pi (mm)	May-13
Tingo Maria	685,65	32,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	1,90
Milpo	213,50	23,80
		hpx = 35,30 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jun-13
Tingo Maria	685,65	59,70
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	4,70
Milpo	213,50	58,00
		hpx = 80,43 mm

ESTACION	Pi (mm)	Jul-13
Tingo Maria	685,65	18,80
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	5,50
Milpo	213,50	14,40
		hpx = 28,14 mm

ESTACION	Pi (mm)	Ago-13
Tingo Maria	685,65	37,80
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	14,10
Milpo	213,50	7,40
		hpx = 40,97 mm

2002 Estimación de la lluvia en la estación I

ESTACION	Pi (mm)	Dic-02
Tingo Maria	685,65	60,40
Tulumayo	609,26	hpx
Huanuco	125,93	5,20
Milpo	213,50	25,00
		hpx = 50,06 mm

ANEXO 4

ESTIMACIÓN ESTIMADOS EN LA ESTACIÓN TULUMAYO

ANEXO "C" DATOS COMPLETOS ESTACION TULUMAYO													
ESTACIÓN: TULUMAYO / 109028 / SENAMHI / DRE								LAT.	: 9°8' 49.4"S			DPTO.	: Huanuco
Tipo:	CP-Meteorologica							LONG.	: 76° 0' 33.97"W'			PROV.	: Loncio Prado
Código:	109028							ALT.	: 612 msnm			DIST.	: Jose Crespo y castillo
PRECIPITACION maxima en 24 Hrs. (mm)													
AÑO	ENERO	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
1990	45,26	40,62	48,07	44,66	43,13	22,70	20,15	19,88	14,32	60,64	55,99	47,48	
1991	60,45	55,90	89,24	53,73	23,29	26,46	16,00	14,40	20,37	45,78	59,31	67,02	
1992	37,91	83,59	57,49	48,68	29,96	22,64	12,20	61,40	21,68	97,47	81,16	52,44	
1993	66,37	57,74	51,17	68,39	31,22	24,42	23,31	21,48	40,98	51,90	68,90	80,55	
1994	53,50	52,00	53,50	72,00	59,48	13,30	22,63	12,48	61,21	66,81	35,90	94,54	
1995	64,10	77,41	75,65	36,68	28,11	19,49	17,88	14,97	25,72	47,50	56,83	64,84	
1996	73,70	36,00	28,30	102,90	95,70	43,60	4,20	19,20	25,20	55,20	65,30	71,10	
1997	48,40	58,40	62,40	136,00	31,00	40,50	21,60	43,80	51,20	49,20	110,50	45,20	
1998	63,70	109,00	82,00	67,20	113,30	35,80	23,20	60,80	37,00	65,70	27,20	65,60	
1999	113,80	60,60	74,40	17,30	67,70	26,30	43,60	12,80	24,00	34,00	53,50	23,80	
2000	47,40	57,80	63,20	34,00	40,90	49,50	26,10	96,60	21,20	35,40	28,30	58,10	
2001	67,80	42,40	34,60	28,40	62,00	42,80	41,00	18,50	34,40	34,10	65,40	90,70	
2002	56,30	103,50	50,50	43,30	58,00	31,30	72,50	35,00	12,00	40,30	79,00	50,06	
2003	41,80	72,30	60,50	126,00	72,00	36,20	23,00	68,20	66,00	44,00	93,00	74,50	
2004	70,80	31,30	60,00	40,20	32,30	21,30	102,40	22,70	22,10	32,20	50,20	45,70	
2005	52,60	142,00	65,10	24,80	13,10	62,50	5,50	27,70	54,70	72,70	41,60	87,70	
2006	46,40	118,60	40,80	38,00	38,00	51,40	30,40	60,00	35,50	55,30	63,20	62,30	
2007	60,00	34,70	45,20	40,80	65,00	20,40	35,20	21,60	19,10	76,80	56,00	67,00	
2008	34,80	43,40	45,50	68,30	37,80	36,40	61,00	22,80	47,90	57,40	26,20	43,00	
2009	62,00	97,60	40,80	56,70	67,00	33,00	27,80	32,70	41,10	35,50	50,70	66,30	
2010	36,30	70,90	108,50	56,70	26,30	11,30	40,30	14,40	12,50	39,60	78,60	43,60	
2011	54,10	84,00	28,20	38,40	29,30	18,10	54,60	16,70	89,00	52,00	22,50	50,00	
2012	80,00	73,00	69,00	43,00	52,60	54,60	13,80	31,10	36,40	22,70	61,80	52,70	
2013	83,70	96,20	86,52	107,36	35,30	80,43	28,14	40,97	67,80	70,00	56,40	45,50	

ANEXO 4

PUNTOS TOPOGRÁFICOS DE LA ZONA DE INTERÉS

Nº PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
54	366618.4488	8982156.173	728.6989	P
55	366621.2012	8982165.25	728.8923	P
56	366623.2353	8982168.481	729.0504	P
57	366656.4944	8982173.287	728.2538	R
58	366662.744	8982176.868	728.2853	R
59	366668.6276	8982181.177	728.2068	R
60	366674.9401	8982184.75	728.1904	R
61	366680.8251	8982188.395	728.1769	R
62	366687.5904	8982192.268	728.2251	R
63	366694.317	8982196.665	728.1666	R
64	366700.9597	8982200.333	728.1391	R
65	366706.5599	8982203.466	728.0849	R
66	366712.3727	8982207.933	728.1142	R
67	366719.5302	8982211.977	728.132	R
68	366726.0213	8982215.271	728.1257	R
69	366736.0091	8982218.186	728.0141	R
70	366744.8572	8982221.102	727.9184	R
71	366635.2756	8982089.958	732.2605	E3
72	366636.5826	8982089.782	732.2818	R3
73	366647.5902	8982168.155	728.2737	R
74	366640.9326	8982163.802	728.2982	R
75	366634.2392	8982159.407	728.35	R
76	366627.2235	8982155.311	728.3439	R
77	366620.8342	8982150.139	728.3991	R
78	366614.2745	8982145.982	728.435	R
79	366607.9779	8982140.967	728.4161	R
80	366600.206	8982135.582	728.3873	R
81	366592.3183	8982131.357	728.3429	R
82	366585.8305	8982127.492	728.3679	R
83	366578.8116	8982120.03	728.3894	R
84	366583.7267	8982119.086	728.3002	R
85	366578.0565	8982114.181	728.39	R
86	366571.2856	8982109.137	728.397	R
87	366563.6024	8982104.817	728.4076	R
88	366556.5937	8982100.426	728.2971	R
89	366548.9632	8982096.123	728.4078	R
90	366542.1522	8982092.548	728.373	R
91	366535.3597	8982087.943	728.3748	R
92	366528.4956	8982083.944	728.4337	R
93	366522.137	8982079.875	728.4172	R
94	366515.5012	8982076.462	728.446	R
95	366602.0653	8982162.46	729.3671	R
96	366592.7345	8982153.91	729.133	R
97	366640.6534	8982175.265	728.8275	P
98	366636.3026	8982186.198	729.4018	P
99	366638.3032	8982180.44	729.1199	P
100	366632.1728	8982194.975	728.6213	P
101	366628.6333	8982177.629	729.9195	P
102	366628.2984	8982204.694	728.6163	P
103	366618.4212	8982199.14	728.5889	P
104	366621.1727	8982192.49	728.4413	P
105	366624.8999	8982183.611	729.2124	P

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
106	366620.3245	8982169.072	729.1097	P
107	366616.4738	8982176.874	729.4918	P
108	366611.2053	8982164.396	729.1265	P
109	366612.6831	8982185.355	728.671	P
110	366614.8669	8982157.258	728.7576	P
111	366608.5879	8982193.189	728.5511	P
112	366607.7035	8982150.857	728.7171	P
113	366596.4885	8982188.033	728.7183	P
114	366603.9624	8982159.35	729.0779	P
115	366597.3309	8982180.782	728.7	P
116	366594.3164	8982157.37	729.2166	P
117	366598.8817	8982174.589	729.1662	P
118	366599.1891	8982148.014	728.8347	P
119	366591.5879	8982166.437	729.3646	P
120	366592.9336	8982157.144	728.4896	P
121	366587.2058	8982173.519	728.9706	P
122	366584.1716	8982154.861	728.5151	P
123	366574.3599	8982183.103	729.2786	P
124	366592.8688	8982143.99	728.8834	P
125	366589.6694	8982152.489	729.0532	P
126	366571.3395	8982179.966	729.4555	P
127	366580.1719	8982150.068	729.0832	P
128	366574.4124	8982172.083	728.7655	P
129	366577.5014	8982163.119	729.2164	P
130	366584.2808	8982142.474	728.9199	P
131	366588.7907	8982135.341	728.7297	P
132	366569.5416	8982151.012	729.3143	P
133	366579.1619	8982128.946	728.7752	P
134	366565.3463	8982160.619	729.1263	P
135	366575.3567	8982136.76	729.2394	P
136	366571.9396	8982145.206	728.9983	P
137	366559.4899	8982170.497	729.1957	P
138	366559.0633	8982141.878	729.0256	P
139	366563.6708	8982133.414	729.7825	P
140	366543.7594	8982162.1	729.2048	P
141	366569.6341	8982121.797	728.4514	P
142	366562.2115	8982121.082	728.9909	P
143	366558.4441	8982116.061	728.5261	P
144	366555.2442	8982127.363	729.3626	P
145	366552.4588	8982143.412	729.2043	P
146	366552.9581	8982136.665	729.0261	P
147	366539.0778	8982131.202	729.116	P
148	366542.6233	8982122.886	728.7254	P
149	366538.7676	8982134.38	729.2869	P
150	366548.4403	8982110.916	729.091	P
151	366534.3481	8982142.86	729.4659	P
152	366539.0744	8982103.054	729.3031	P
153	366529.2836	8982153.106	729.0149	P
154	366532.3348	8982117.134	728.6902	P
155	366518.9577	8982146.761	728.9262	P
156	366528.5112	8982126.096	729.2025	P
157	366521.7097	8982139.6	729.4497	P

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
158	366524.0737	8982131.395	729.3886	P
159	366515.6024	8982120.885	728.9732	P
160	366520.8243	8982108.172	728.7788	P
161	366513.7357	8982125.797	729.449	P
162	366510.2092	8982133.158	729.2998	P
163	366526.3064	8982095.653	729.4693	P
164	366507.0314	8982139.976	729.1112	P
165	366514.5911	8982090.979	729.8355	P
166	366507.5832	8982104.623	728.9074	P
167	366495.0507	8982134.664	729.4369	P
168	366498.3034	8982127.011	729.4311	P
169	366503.2969	8982115.625	728.8749	P
170	366494.2269	8982141.012	730.2541	P
171	366499.4931	8982120.699	730.3706	E4
172	366497.5079	8982122.61	730.2447	R4
173	366634.1302	8982079.915	733.2168	BM_02
174	366711.2871	8982089.859	732.6264	BM_02
175	366571.5758	8982186.447	729.7224	PP
176	366612.9325	8982201.64	729.55	PP
177	366584.1441	8982189.941	729.7728	PP
178	366600.9662	8982195.667	729.401	PP
179	366588.7756	8982191.479	729.7428	PP
180	366597.8515	8982194.665	729.476	PP
181	366659.7157	8982153.139	720.721	PP
182	366594.468	8982193.895	729.6507	PP
183	366770.1948	8982090.677	726.826	PP
184	366575.0565	8982198.497	729.8365	PP
185	366594.4402	8982204.527	729.8097	PP
186	366553.1842	8982184.721	729.7378	PP
187	366571.0907	8982196.013	729.665	PP
188	366604.2248	8982207.672	729.709	PP
189	366609.4092	8982210.5	729.6668	PP
190	366599.3167	8982214.356	729.2211	PP
191	366579.1361	8982207.076	729.947	PP
192	366584.3826	8982209.743	729.2004	PP
193	366781.5032	8982178.839	724.764	
194	366771.5832	8982213.287	724.709	
195	366800.6862	8982075.026	726.334	
196	366636.5877	8982089.781	732.2822	
197	366637.8039	8982091.809	730.5569	
198	366637.9641	8982089.671	730.94	
199	366639.0698	8982088.122	731.1099	
200	366639.1734	8982087.261	731.1726	
201	366639.4145	8982092.794	730.4231	
202	366639.8667	8982090.588	730.5468	
203	366603.6771	8982106.067	717.1624	
204	366642.1103	8982093.186	730.0155	
205	366757.0567	8982103.863	727.733	
206	366643.0107	8982088.804	730.249	
207	366643.613	8982086.71	730.0994	
208	366647.5845	8982085.686	730.1162	
209	366647.6874	8982087.766	729.7933	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
210	366647.3422	8982089.981	729.6938	
211	366647.9175	8982093.349	729.4858	
212	366648.6683	8982098.48	728.5093	
213	366654.2472	8982099.735	728.6409	
214	366653.7042	8982095.616	729.0412	
215	366654.4856	8982093.39	729.1445	
216	366653.7365	8982091.86	729.3968	
217	366673.2821	8982107.269	728.4546	
218	366689.8267	8982116.442	726.647	
219	366669.4841	8982099.814	728.6894	
220	366662.4798	8982095.04	729.0509	
221	366652.2098	8982090.586	730.0726	
222	366654.0164	8982091.344	730.1727	
223	366655.0817	8982092.094	730.2376	
224	366657.4765	8982090.844	730.3868	
225	366708.8572	8982157.364	723.555	
226	366654.7905	8982088.852	730.4305	
227	366653.3093	8982089.531	730.233	
228	366657.2423	8982143.33	717.392	
229	366649.4283	8982086.737	730.1009	
230	366647.6389	8982085.576	730.1336	
231	366648.8136	8982084.98	730.862	
232	366649.7645	8982085.723	730.9639	
233	366623.9967	8982115.88	716.2881	
234	366646.5189	8982136.749	717.781	
235	366638.7983	8982128.454	716.128	
236	366655.4831	8982088.699	730.9506	
237	366658.4423	8982088.506	731.043	
238	366660.6538	8982089.282	731.0197	
239	366650.5401	8982082.741	730.8533	
240	366646.9718	8982081.688	730.7533	
241	366646.4536	8982079.645	730.8366	
242	366651.8615	8982077.461	730.4455	
243	366651.1241	8982080.208	730.8681	
244	366654.9216	8982076.739	730.9182	
245	366619.7306	8982105.116	717.628	
246	366637.9456	8982085.47	731.4687	
247	366635.4439	8982085.101	732.6415	
248	366635.6108	8982082.436	732.7742	
249	366637.774	8982083.358	731.883	
250	366638.6148	8982083.546	731.3798	
251	366639.6424	8982083.796	730.9474	
252	366641.191	8982082.761	730.6085	
253	366640.9359	8982074.937	731.0276	
254	366638.1873	8982081.012	732.0435	
255	366636.108	8982080.67	732.7272	
256	366641.0819	8982073.364	731.0963	
257	366641.4487	8982084.867	730.5024	CAR
258	366643.8597	8982081.566	730.3195	CAR
259	366644.9253	8982079.315	730.7275	CAR
260	366641.085	8982080.48	730.702	CAR
261	366642.8467	8982075.939	730.9247	CAR

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
262	366643.8998	8982074.117	731.1198	CAR
263	366644.5716	8982067.05	731.5992	CAR
264	366640.7964	8982069.819	731.6068	CAR
265	366646.7646	8982085.564	730.0057	CAR
266	366604.4783	8982096.977	716.8882	CAR
267	366649.0133	8982088.439	729.7751	CAR
268	366644.4158	8982089.619	730.1133	CAR
269	366647.8395	8982093.01	729.5341	CAR
270	366652.3906	8982091.424	729.3999	CAR
271	366650.7044	8982092.595	729.3481	
272	366646.8676	8982089.745	729.7366	
273	366645.5146	8982087.817	729.9431	
274	366608.3793	8982105.302	716.8112	
275	366601.1807	8982090.531	716.9831	
276	366642.4642	8982078.943	730.5827	
277	366642.6422	8982075.311	730.9176	
278	366642.2122	8982070.193	731.3209	
279	366641.945	8982063.795	731.7906	
280	366640.7923	8982055.634	732.5503	
281	366646.5716	8982080.546	730.7487	
282	366651.9205	8982077.271	730.2826	
283	366655.1303	8982075.184	730.9618	
284	366757.4967	8982095.3	726.866	
285	366655.3479	8982080.169	730.9146	
286	366656.7575	8982081.265	730.9503	
287	366637.2592	8982097.052	729.2601	R
288	366642.0684	8982097.271	728.7493	R
289	366645.994	8982097.443	728.4878	R
290	366648.0363	8982098.411	728.4922	R
291	366649.8519	8982099.542	728.4491	R
292	366652.1044	8982099.44	728.5577	R
293	366655.0419	8982100.104	728.5358	R
294	366658.0882	8982101.943	728.4687	R
295	366668.3516	8982114.816	726.448	R
296	366637.0694	8982088.519	731.4021	
297	366636.2664	8982085.708	732.2641	
298	366636.6531	8982089.882	731.8757	
299	366636.553	8982087.7	731.9411	
300	366634.4174	8982087.238	732.3207	
301	366633.5122	8982088.756	732.3344	
302	366633.2628	8982089.86	731.8516	
303	366636.1359	8982092.119	730.9942	
304	366630.186	8982086.846	732.3865	
305	366629.4132	8982085.384	732.7299	
306	366631.7549	8982085.19	732.8311	
307	366633.9237	8982085.651	732.6837	
308	366635.5745	8982086.026	732.4252	
309	366636.7442	8982086.177	731.7743	
310	366616.3543	8982100.019	718.3833	
311	366635.3931	8982083.577	732.6778	
312	366633.5362	8982083.564	733.0124	
313	366631.4232	8982083.41	732.9701	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
314	366629.1721	8982083.196	732.6922	
315	366637.4921	8982067.226	733.0998	E5
316	366637.2344	8982066.499	733.1145	R5
317	366633.2454	8982065.904	733.698	CASA
318	366638.6174	8982066.482	732.9249	
319	366638.989	8982065.159	732.551	
320	366636.751	8982065.53	733.1574	
321	366636.7621	8982067.279	733.1725	
322	366634.6341	8982067.436	733.2017	
323	366634.0822	8982066.059	733.2389	
324	366632.7097	8982066.169	733.3263	
325	366632.5048	8982067.902	733.273	
326	366632.4373	8982069.836	733.2372	
327	366634.71	8982070.158	733.1094	
328	366636.6529	8982070.349	732.9024	
329	366638.9122	8982070.836	732.4695	
330	366626.4154	8982070.057	733.7057	
331	366730.7945	8982182.734	723.707	
332	366626.4657	8982067.186	734.0323	
333	366628.9117	8982070.222	733.8361	
334	366626.0433	8982072.733	733.6265	
335	366625.5976	8982081.898	732.5271	B
336	366623.2809	8982078.373	732.6112	B
337	366621.3392	8982076.495	732.7856	B
338	366622.4887	8982075.184	733.3249	B
339	366621.1508	8982072.503	733.507	B
340	366619.3412	8982073.78	732.786	B
341	366617.9992	8982071.776	732.7937	B
342	366618.7592	8982069.749	733.5117	B
343	366616.7799	8982069.482	732.9437	B
344	366616.5059	8982067.571	733.0151	B
345	366604.5736	8982067.19	724.63	B
346	366615.6564	8982065.189	733.0093	B
347	366614.4666	8982065.307	732.3748	B
348	366615.5625	8982062.965	733.3282	
349	366617.0434	8982062.935	733.6233	
350	366615.1303	8982061.38	733.0588	
351	366616.7459	8982060.81	733.5588	
352	366616.1603	8982058.314	733.2395	
353	366620.1734	8982063.987	733.8903	
354	366622.6832	8982063.147	733.7854	
355	366614.582	8982057.833	732.6606	
356	366742.1457	8982107.158	726.9716	
357	366615.9185	8982056.7	732.9137	
358	366614.3056	8982055.98	732.2069	
359	366615.9477	8982053.796	733.1725	
360	366614.4929	8982052.546	732.2201	
361	366617.5375	8982050.291	733.2964	
362	366616.2292	8982049.261	732.7268	
363	366615.9732	8982046.734	732.8731	
364	366617.5255	8982046.458	733.3907	
365	366615.7918	8982044.371	733.071	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
366	366617.739	8982044.318	733.2732	
367	366618.0811	8982042.147	733.3645	
368	366616.9671	8982041.138	732.8604	
369	366618.8394	8982038.668	733.1859	
370	366617.2315	8982038.065	732.6927	
371	366617.3291	8982035.645	732.729	
372	366619.5373	8982035.509	732.95	
373	366619.4516	8982033.616	732.7851	
374	366617.7416	8982033.558	732.4442	
375	366619.1366	8982031.059	732.5608	
376	366617.5507	8982030.193	731.9984	
377	366617.9747	8982028.213	732.209	
378	366619.6876	8982029.438	732.3272	
379	366621.7476	8982029.12	732.6276	
380	366621.8177	8982030.849	732.8776	
381	366621.154	8982033.528	732.8854	
382	366622.6955	8982033.811	733.134	
383	366623.6518	8982032.119	733.0575	
384	366625.4453	8982030.568	733.0722	
385	366625.6528	8982029.001	733.1036	
386	366624.6876	8982028.673	733.0292	
387	366627.4358	8982028.577	733.1958	
388	366626.8981	8982033.239	733.1987	
389	366627.5824	8982035.486	733.3142	
390	366626.0168	8982034.807	733.2672	
391	366630.8169	8982036.214	733.3353	
392	366629.5225	8982034.187	733.2695	
393	366624.0554	8981971.351	728.7293	
394	366630.7187	8982028.256	733.3615	
395	366631.9577	8982028.364	733.4697	
396	366633.207	8982028.533	733.5429	
397	366633.3663	8982030.483	733.5384	
398	366625.9473	8981971.66	728.372	
399	366631.7251	8982032.231	733.3215	
400	366631.8448	8982034.094	733.32	
401	366630.0894	8982037.372	733.3464	
402	366623.8224	8982035.701	733.2606	
403	366621.8937	8982034.855	733.1551	
404	366622.4387	8982038.101	733.3735	
405	366625.8933	8982039.732	733.4932	
406	366629.5829	8982040.304	733.4464	
407	366633.4887	8982040.893	733.4397	
408	366631.6806	8982043.288	733.4843	
409	366627.1467	8982042.227	733.5849	
410	366622.9646	8982041.295	733.5662	
411	366621.2243	8982043.288	733.5301	
412	366625.2582	8982044.28	733.6356	
413	366630.6444	8982045.589	733.6024	
414	366630.9422	8982048.408	733.4573	
415	366626.413	8982054.238	733.8875	
416	366620.7601	8982056.332	733.8795	
417	366622.3865	8982062.055	734.0369	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
418	366618.3853	8982065.117	733.7571	
419	366790.6695	8982194.781	723.715	
420	366767.1897	8982197.173	723.759	
421	366622.4811	8982071.282	733.7218	
422	366620.3063	8982071.252	733.7795	
423	366620.3645	8982067.188	733.7565	
424	366623.6174	8982064.609	733.7153	CASA
425	366627.0201	8982064.551	733.7247	CASA
426	366627.1435	8982066.532	733.7951	CASA
427	366623.3927	8982061.332	733.7294	CASA
428	366565.1198	8982046.271	728.6707	ISLA
429	366561.013	8982041.418	728.6964	ISLA
430	366549.8038	8982033.387	728.8381	ISLA
431	366533.5215	8982027.69	729.0046	ISLA
432	366521.6287	8982024.982	729.1304	ISLA
433	366510.4603	8982024.276	729.2733	ISLA
434	366517.1632	8982034.432	729.2027	ISLA
435	366514.2736	8982037.238	729.1522	ISLA
436	366540.7292	8982061.317	728.6115	ISLA
437	366555.2964	8982067.069	728.5876	ISLA
438	366567.2873	8982070.476	728.5814	ISLA
439	366570.9746	8982071.174	728.5672	ISLA
440	366574.4793	8982068.425	728.6712	ISLA
441	366563.6033	8982065.2	728.7634	ISLA
442	366543.1108	8982037.217	729.1455	ISLA
443	366549.4867	8982096.815	728.7236	R
444	366541.9221	8982092.781	728.5978	R
445	366534.4381	8982088.687	728.822	R
446	366527.3767	8982084.014	728.7475	R
447	366519.0208	8982078.481	728.6798	R
448	366518.6519	8982078.428	728.7213	R
449	366511.8995	8982074.645	728.7198	R
450	366503.1192	8982069.649	728.6634	R
451	366575.9829	8982113.384	728.6278	R
452	366599.9091	8982137.806	728.6502	R
453	366580.815	8982117.774	728.6825	R
454	366464.22	8982074.852	730.4944	R
455	366622.9181	8982053.007	733.5455	E6
456	366622.8758	8982051.895	733.5574	E6
457	366637.0432	8982055.119	732.8811	
458	366634.136	8982054.279	733.0632	
459	366633.6498	8982057.069	733.0473	
460	366636.8529	8982057.178	732.9926	
461	366638.2895	8982060.484	732.8541	
462	366636.5257	8982060.916	732.998	
463	366634.4539	8982061.264	733.0614	
464	366638.5154	8982064.387	732.8448	
465	366636.3738	8982064.471	733.0922	
466	366634.5776	8982064.702	733.1489	
467	366640.3212	8982063.857	731.8506	CAR
468	366644.0605	8982063.088	731.8962	CAR
469	366645.3525	8982069.283	731.4347	CAR

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
470	366640.842	8982069.542	731.4028	CAR
471	366642.0449	8982038.39	733.4971	CAR
472	366639.4555	8982040.503	733.314	CAR
473	366636.551	8982043.646	733.0867	CAR
474	366635.7126	8982031.719	733.6135	CAR
475	366641.3275	8982032.242	733.653	CAR
476	366641.0361	8982022.985	733.9657	CAR
477	366638.5968	8982023.559	733.8977	CAR
478	366636.1799	8982023.823	733.8819	CAR
479	366641.1081	8982017.47	734.1591	CAR
480	366636.2668	8982015.789	734.3498	CAR
481	366636.3131	8982010.362	734.3662	CAR
482	366632.8924	8982010.649	734.8125	
483	366611.9887	8981991.665	728.795	
484	366625.9979	8982006.814	734.3417	
485	366640.7908	8982009.827	734.3505	C
486	366643.3249	8982009.806	734.8915	C
487	366641.1168	8982001.391	734.6213	C
488	366643.2206	8982001.138	735.0268	
489	366635.8626	8982001.705	734.5822	C
490	366633.8542	8982002.262	735.0176	
491	366631.0313	8982002.027	734.7233	
492	366628.3695	8982001.53	734.6779	
493	366635.8028	8981992.328	734.9146	C
494	366617.6599	8981988.428	728.291	
495	366631.6651	8981991.612	735.0971	
496	366629.2722	8981991.234	734.5798	
497	366640.6682	8981991.095	734.9388	C
498	366643.2391	8981991.072	735.294	
499	366640.7014	8981983.466	735.2148	C
500	366642.6005	8981983.537	735.6147	
501	366635.5544	8981982.867	735.156	C
502	366633.7742	8981982.538	735.4165	
503	366632.0302	8981982.377	735.2919	
504	366635.502	8981970.785	735.5126	C
505	366633.2197	8981970.722	736.0129	
506	366631.4635	8981970.478	735.1371	
507	366640.0398	8981972.604	735.4994	C
508	366642.8566	8981972.46	735.985	
509	366639.6813	8981962.73	735.804	C
510	366643.0014	8981962.725	736.2732	
511	366635.5607	8981962.227	735.7501	C
512	366633.9603	8981961.381	736.0909	
513	366632.3921	8981961.365	735.479	
514	366635.8569	8981950.621	736.0656	C
515	366634.1814	8981950.684	736.3729	
516	366633.2169	8981950.516	735.6355	
517	366639.6429	8981951.406	736.0758	C
518	366642.2415	8981951.545	736.5974	
519	366635.758	8981942.364	736.3154	C
520	366634.213	8981942.496	736.6048	
521	366632.9624	8981942.623	735.9863	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
522	366640.2828	8981942.901	736.3345	C
523	366642.8757	8981942.582	736.8435	
524	366639.7773	8981933.294	736.6878	C
525	366635.768	8981932.641	736.6457	C
526	366634.016	8981932.894	737.1535	
527	366632.7895	8981932.761	736.5763	
528	366635.8143	8981923.361	736.9685	C
529	366634.0396	8981923.241	737.7316	
530	366632.8192	8981923.075	737.0723	
531	366640.2384	8981923.844	736.9951	C
532	366642.9304	8981923.176	737.5148	
533	366639.6214	8981913.707	737.3461	C
534	366643.0177	8981913.706	737.5851	
535	366636.2183	8981912.958	737.3324	C
536	366634.6703	8981912.795	737.4318	
537	366633.2357	8981912.949	737.3994	
538	366636.4198	8981902.978	737.6201	C
539	366634.7646	8981903.096	737.5643	
540	366633.615	8981902.983	737.1533	
541	366640.0058	8981902.791	737.6867	C
542	366624.8977	8981873.988	730.723	
543	366642.7089	8981902.599	737.9655	
544	366640.193	8981892.794	737.9733	C
545	366642.5464	8981892.82	738.1805	
546	366636.3678	8981891.791	737.9842	C
547	366634.2297	8981891.314	738.2044	
548	366632.7294	8981891.133	737.9848	
549	366636.3428	8981879.905	738.4214	C
550	366628.6315	8981892.604	730.8664	
551	366632.8201	8981880.086	738.3492	
552	366641.2201	8981880.461	738.3839	C
553	366642.3537	8981880.126	738.6948	
554	366641.4759	8981870.676	738.5854	C
555	366642.7266	8981870.717	738.7881	
556	366637.1322	8981870.539	738.5613	C
557	366635.3493	8981870.345	738.929	
558	366633.3691	8981870.715	738.7301	
559	366637.8046	8981860.786	738.8046	C
560	366636.0658	8981860.695	739.0921	
561	366634.4744	8981860.357	738.8252	
562	366632.7898	8981859.929	738.7303	
563	366642.2298	8981861.57	738.7385	C
564	366643.4288	8981861.666	738.8326	
565	366643.3931	8981853.389	739.0117	C
566	366638.9923	8981853.285	739.029	C
567	366638.5653	8981854.807	738.924	E7
568	366638.7078	8981853.305	739.0571	R7
569	366622.2743	8981980.114	728.523	
570	366633.39	8982019.211	734.4047	
571	366633.7566	8982015.243	734.5373	
572	366629.9491	8982016.396	734.6343	
573	366630.8386	8982015.145	734.6777	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
574	366634.8628	8982021.297	734.5359	
575	366634.0398	8981847.943	739.1422	
576	366633.1561	8981850.471	738.9569	
577	366628.0894	8981839.926	739.1666	
578	366633.1033	8981842.307	739.2651	
579	366638.8392	8981845.063	739.4686	
580	366640.1836	8981840.326	739.6227	
581	366633.7403	8981834.572	739.7464	
582	366630.5443	8981836.949	739.4815	
583	366626.0502	8981835.868	739.4257	
584	366639.1798	8981836.342	739.7994	
585	366639.3952	8981834.342	739.7977	
586	366639.9678	8981831.109	739.7994	
587	366641.6968	8981825.267	739.9949	
588	366634.4682	8981833.967	739.6598	
589	366636.8239	8981824.335	739.9874	
590	366633.4475	8981821.011	740.1438	
591	366630.5947	8981822.484	739.9464	
592	366628.6815	8981824.914	739.9195	
593	366641.3272	8981840.446	739.3665	C
594	366644.6565	8981843.263	739.3103	C
595	366646.1253	8981833.322	739.5974	C
596	366642.4871	8981832.535	739.5491	C
597	366644.3264	8981822.089	739.7631	C
598	366647.0409	8981827.472	739.7614	C
599	366647.2546	8981809.723	740.1178	C
600	366650.5495	8981807.104	740.0445	C
601	366639.7667	8981849.8	739.1325	C
602	366643.1631	8981850.855	739.1533	C
603	366647.3787	8981845.288	739.5416	
604	366646.9759	8981848.719	739.3149	
605	366649.167	8981833.773	740.0301	
606	366673.6469	8981857.071	739.4095	/CASA
607	366645.3675	8981863.736	739.0826	
608	366645.8434	8981851.033	739.5427	
609	366651.4074	8981780.1	740.3606	C
610	366650.0104	8981779.954	740.6512	
611	366655.8051	8981780.541	740.404	C
612	366654.42	8981788.105	740.2596	C
613	366650.3753	8981787.73	740.257	C
614	366649.1125	8981787.942	740.2821	
615	366654.3544	8981788.746	740.2468	
616	366652.6641	8981798.173	740.1353	C
617	366648.5983	8981798.027	740.1273	C
618	366647.2024	8981797.832	740.2359	
619	366645.4038	8981806.564	739.9907	C
620	366650.653	8981808.51	739.9795	C
621	366645.5027	8981810.991	740.1193	C
622	366643.0328	8981808.051	740.1166	C
623	366639.8601	8981814.23	740.0687	C
624	366639.4437	8981810.521	740.0033	C
625	366632.956	8981811.511	739.7807	C

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
626	366633.285	8981815.22	740.0342	C
627	366625.8715	8981813.761	739.7053	C
628	366626.6379	8981810.394	739.507	C
629	366621.1351	8981857.276	730.9244	C
630	366621.7338	8981807.122	739.0188	C
631	366613.7898	8981842.697	730.8524	
632	366636.2523	8981848.674	739.34	
633	366639.2632	8981876.644	738.554	E9
634	366639.1446	8981878.741	738.48	R9
635	366650.88	8982199.152	728.554	
636	366646.8296	8982197.513	728.6309	
637	366643.0647	8982196.127	728.6015	
638	366640.3783	8982195.255	728.7542	
639	366634.7446	8982193.606	728.7496	
640	366631.249	8982192.471	728.7037	
641	366633.6996	8982200.052	728.5305	
642	366639.3571	8982202.546	728.5459	C
643	366643.2684	8982203.961	728.5141	
644	366646.2434	8982205.158	728.4834	
645	366649.6677	8982205.933	728.4254	
646	366652.9891	8982207.512	728.367	
647	366648.8759	8982215.739	728.8293	
648	366640.2313	8982213.841	728.8713	
649	366632.0102	8982211.343	728.6418	C
650	366626.9438	8982211.15	729.108	
651	366632.7163	8982221.211	729.2437	C
652	366637.4354	8982222.289	729.5546	
653	366644.7641	8982224.712	729.5165	
654	366787.2898	8982078.307	726.617	
655	366683.7261	8982236.293	730.3065	
656	366420.8284	8982067.466	729.9018	
657	366633.8783	8982095.922	728.6804	R
658	366630.6961	8982091.235	728.8124	R
659	366624.9094	8982087.11	728.9374	R
660	366621.6516	8982083.873	728.9571	R
661	366616.6999	8982079.008	728.8067	R
662	366610.7712	8982074.215	728.9181	R
663	366611.5505	8982066.336	728.7492	R
664	366609.4172	8982059.423	728.744	R
665	366608.9745	8982054.555	728.9754	R
666	366610.1546	8982049.554	729.0157	R
667	366611.8345	8982043.219	729.1872	R
668	366613.7844	8982030.104	729.3295	R
669	366614.7171	8982022.928	729.3336	R
670	366615.7304	8982014.643	729.7172	R
671	366616.8335	8982007.22	729.4294	R
672	366619.3831	8981995.639	729.3168	R
673	366618.6949	8981992.955	729.2718	R
674	366622.3433	8981984.804	729.302	R
675	366619.6447	8982003.099	730.3548	P
676	366616.7323	8982023.121	730.9098	P
677	366614.5487	8982029.931	731.4309	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
678	366613.2587	8982036.799	730.9908	
679	366612.9158	8982041.208	731.352	
680	366611.6637	8982051	731.0733	
681	366612.7755	8982054.183	730.1598	
682	366611.8037	8982059.803	730.0661	
683	366612.0876	8982065.558	729.6925	
684	366614.2393	8982071.301	729.9664	
685	366615.3454	8982073.943	729.845	
686	366616.8455	8982077.179	729.7124	
687	366618.9451	8982081.162	729.9397	
688	366622.0111	8982082.893	730.0145	
689	366625.5553	8982087.007	729.7873	
690	366631.7725	8982090.823	729.5436	
691	366633.4237	8982093.136	729.8974	
692	366636.1251	8982096.075	729.499	
693	366555.4375	8982066.396	728.6472	I
694	366558.7936	8982068.606	728.6535	I
695	366546.5232	8982062.624	728.7083	I
696	366541.0042	8982060.647	728.7174	I
697	366538.3628	8982033.242	729.4056	I
698	366538.2939	8982030.797	729.3664	I
699	366532.8414	8982055.866	728.7549	I
700	366522.1843	8982053.35	728.7393	I
701	366514.5572	8982033.303	729.2387	I
702	366539.8036	8982092.78	728.6674	
703	366538.1018	8982091.552	728.8199	R
704	366533.3861	8982088.57	728.7541	R
705	366528.6234	8982085.606	728.7801	R
706	366526.1723	8982084.585	728.9591	R
707	366520.1594	8982080.843	729.0027	R
708	366502.681	8982070.468	728.6966	R
709	366543.5027	8982094.469	728.6465	R
710	366547.3828	8982096.657	728.7167	R
711	366549.0502	8982097.539	728.8645	R
712	366553.2763	8982099.515	728.6534	R
713	366556.4041	8982101.674	728.7014	R
714	366561.4995	8982104.822	728.6062	R
715	366568.2166	8982109.645	728.6694	R
716	366577.3388	8982114.843	728.6589	R
717	366563.5692	8982108.653	729.1322	
718	366550.0629	8982101.225	729.4406	
719	366548.056	8982100.121	729.3916	
720	366545.2395	8982098.572	729.4039	
721	366543.7723	8982100.527	729.8475	
722	366457.275	8981977.207	725.2762	
723	366548.604	8982102.796	729.7431	
724	366551.5506	8982104.156	729.7457	
725	366554.2821	8982105.305	729.6885	
726	366554.6744	8982108.153	729.6835	
727	366553.1676	8982110.24	729.3603	
728	366464.0896	8982049.03	725.298	
729	366414.7367	8982022.182	725.293	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
730	366546.5254	8982110.093	729.1575	
731	366379.4425	8982005.295	725.187	
732	366542.0294	8982109.88	729.1149	
733	366454.6889	8982011.276	725.759	
734	366542.6889	8982099.477	729.8299	
735	366532.8012	8982122.843	728.9345	
736	366526.6935	8982137.276	729.4858	
737	366532.2095	8982139.644	729.4862	
738	366535.7439	8982126.467	729.0339	
739	366541.0023	8982124.342	728.8707	
740	366539.5212	8982140.324	729.3396	
741	366544.0193	8982140.9	729.3276	
742	366543.8139	8982124.391	728.8436	
743	366547.8485	8982124.492	728.8158	
744	366551	8982143.893	729.2999	
745	366553.2983	8982127.515	729.0851	
746	366554.8664	8982124.77	728.7456	
747	366556.7427	8982124.346	728.717	
748	366557.9789	8982123.536	728.7281	
749	366563.0482	8982127.166	728.8812	
750	366567.1865	8982127.866	728.8941	
751	366570.5614	8982128.802	728.8858	
752	366567.2181	8982129.948	729.4754	
753	366563.9303	8982129.921	729.5899	
754	366560.9375	8982129.887	729.8846	
755	366592.8692	8982118.075	725.905	
756	366603.2706	8982130.482	725.706	
757	366554.1197	8982129.575	729.3574	
758	366539.445	8982095.246	729.4915	
759	366425.9008	8981963.442	725.865	
760	366535.3591	8982092.856	729.5058	
761	366529.8629	8982089.644	729.5583	
762	366528.9131	8982091.415	730.007	
763	366517.7408	8982081.689	729.4465	
764	366516.6249	8982083.018	729.6465	
765	366519.4921	8982087.445	730.0836	
766	366520.8164	8982089.584	730.1448	
767	366524.9444	8982091.371	730.0086	
768	366422.5906	8982008.516	725.2979	
769	366521.3589	8982092.223	730.0032	
770	366534.4633	8982095.41	729.9634	
771	366533.8758	8982096.842	729.93	
772	366522.0256	8982096.884	729.3553	
773	366504.0118	8982096.285	729.1929	
774	366526.121	8981985.328	719.211	
775	366520.8387	8982098.395	729.262	
776	366528.7404	8982099.022	729.3225	
777	366522.5646	8982099.617	729.3609	
778	366509.8698	8982099.952	729.1007	
779	366496.1964	8982099.245	729.1164	
780	366485.8045	8982104.063	729.1332	
781	366453.7389	8982116.507	729.2931	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
782	366471.1986	8982117.964	729.5455	
783	366484.2684	8982116.287	729.202	
784	366500.6583	8982119.069	729.194	
785	366445.7379	8981973.33	725.065	
786	366511.3257	8982121.95	729.2398	
787	366515.2064	8982122.892	729.2229	
788	366520.127	8982121.884	729.1617	
789	366525.6434	8982120.019	728.9225	
790	366527.7986	8982120.997	728.955	
791	366519.7062	8982133.65	729.4585	
792	366517.5745	8982130.875	729.4481	
793	366513.5641	8982129.966	729.496	
794	366458.1661	8982034.776	725.67	
795	366444.9194	8982041.961	725.969	
796	366506.6523	8982122.805	729.9427	
797	366503.3765	8982121.826	730.0702	
798	366485.9902	8982120.415	730.4091	
799	366493.9165	8982121.314	730.3928	
800	366473.0867	8982125.88	730.2148	
801	366479.5947	8982119.121	730.2881	
802	366542.3766	8982164.881	730.5046	
803	366539.6883	8982164.693	730.8879	
804	366537.1871	8982163.787	730.8256	
805	366556.2489	8982170.682	730.1608	
806	366553.777	8982169.285	730.2371	
807	366524.4231	8982154.332	730.2813	
808	366516.6609	8982149.696	730.4305	
809	366506.226	8982144.901	730.3374	
810	366481.766	8982138.214	730.5138	
811	366477.9722	8982149.179	730.3868	
812	366497.7655	8982155.636	730.2278	
813	366530.1125	8982175.135	730.1876	
814	366514.5371	8982168.703	730.1221	
815	366525.112	8982186.202	730.1397	
816	366471.5371	8982161.258	730.1349	
817	366467.258	8981986.827	725.422	
818	366547.9924	8982115.321	728.953	
819	366549.8179	8982112.986	729.1228	
820	366558.4149	8982123.979	728.7552	
821	366581.6664	8982107.561	725.705	
822	366493.5624	8981940.446	729.8628	
823	366481.1746	8981954.018	725.789	R
824	366543.2322	8981947.878	729.6379	R
825	366619.8772	8981998.285	729.3715	R
826	366618.1866	8981991.906	728.8415	A
827	366618.6949	8981992.955	729.2718	A
828	366616.8674	8981982.956	729.7807	
829	366618.6949	8981992.955	729.2718	
830	366615.9977	8981986.83	729.9196	
831	366610.7275	8981989.957	729.792	
832	366617.1013	8981980.29	729.7283	
833	366603.8942	8981991.902	729.0009	R

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
834	366607.2835	8981981.115	730.1174	
835	366605.0276	8981988.873	730.3418	
836	366605.707	8981984.514	730.2216	
837	366589.0475	8981982.622	729.2646	A
838	366593.1203	8981977.554	730.4761	
839	366594.5814	8981974.109	731.005	
840	366589.5088	8981980.367	730.4734	
841	366579.2982	8981963.964	730.7215	
842	366572.6923	8981970.847	729.4383	A
843	366573.9654	8981969.054	730.5864	A
844	366577.0296	8981967.276	730.6452	A
845	366564.4083	8981955.95	730.6337	
846	366561.6204	8981960.035	729.2146	A
847	366561.7113	8981959.147	730.4615	A
848	366539.5849	8981947.039	729.3302	A
849	366542.233	8981940.341	730.5621	
850	366541.0068	8981942.909	730.2784	
851	366539.605	8981944.7	730.1766	
852	366516.4185	8981934.298	730.3868	
853	366507.847	8981942.16	729.802	A
854	366513.0927	8981938.51	730.8916	
855	366506.3485	8981941.026	730.6067	
856	366504.4002	8981931.036	730.8107	
857	366504.5686	8981936.954	730.7378	
858	366490.5214	8981940.277	729.4543	A
859	366490.6807	8981939.733	730.2921	
860	366489.6806	8981933.261	730.3025	
861	366486.8776	8981926.878	730.3119	
862	366467.919	8981935.07	729.5468	A
863	366468.8543	8981929.539	730.0722	
864	366476.83	8981933.189	730.1778	
865	366467.6257	8981924.503	730.3001	
866	366458.994	8981913.905	730.5678	
867	366365.2745	8982087.645	730.4076	P
868	366369.8653	8982063.191	730.262	
869	366370.8865	8982062.846	729.9786	
870	366390.9039	8982065.971	729.7472	
871	366389.8141	8982067.944	730.4287	
872	366375.9736	8982064.801	730.4618	
873	366366.6506	8982063.936	730.4257	
874	366359.4876	8982063.983	730.5651	
875	366671.8665	8982107.766	728.3602	A
876	366673.4739	8982101.819	728.612	
877	366675.6868	8982096.307	728.946	
878	366662.0502	8982089.445	730.9355	
879	366687.7992	8982096.123	729.1779	
880	366661.7324	8982080.892	730.9583	
881	366688.557	8982102.584	728.5634	
882	366661.6413	8982072.328	730.9272	
883	366688.2106	8982109.168	728.3231	A
884	366702.6169	8982109.159	728.2236	A
885	366670.6659	8982087.317	730.8383	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
886	366702.9428	8982102.502	729.1172	
887	366702.9496	8982098.145	729.1465	
888	366702.9496	8982098.145	729.1465	
889	366714.5342	8982101.889	728.952	
890	366702.074	8982071.947	732.4411	
891	366715.2298	8982108.803	728.1654	
892	366706.0015	8982087.455	732.3946	
893	366724.4594	8982105.698	728.1361	A
894	366724.4125	8982103.036	728.5281	A
895	366703.1242	8982093.621	732.0798	A
896	366734.9679	8982101.77	728.0967	A
897	366724.1065	8982090.299	732.6076	A
898	366746.3566	8982095.06	728.1434	A
899	366745.3694	8982092.541	728.9388	
900	366725.7627	8982080.37	732.6929	
901	366749.8127	8982093.05	728.0488	A
902	366740.9958	8982077.536	732.6608	
903	366748.6618	8982091.246	728.8287	
904	366740.6771	8982086.611	732.6464	
905	366741.399	8982094.542	730.6509	
906	366749.9251	8982087.516	730.4684	
907	366750.2626	8982080.096	732.1874	
908	366754.0125	8982078.364	731.8653	
909	366751.4275	8982074.253	732.0476	
910	366723.8721	8982130.042	728.3808	A
911	366731.9052	8982136.754	728.2831	A
912	366739.1887	8982142.756	728.25	A
913	366748.1488	8982140.575	728.4474	A
914	366710.7957	8982114.038	727.23	A
915	366762.6946	8982086.701	728.0305	A
916	366755.1822	8982146.294	728.2152	A
917	366761.7876	8982147.703	728.2172	A
918	366768.3497	8982149.698	728.1556	A
919	366776.6491	8982154.293	728.117	A
920	366783.2196	8982155.323	728.1259	A
921	366791.9086	8982157.827	728.1007	A
922	366800.675	8982165.492	728.0528	A
923	366803.5601	8982164.707	728.0612	A
924	366733.366	8982118.008	727.444	
925	366789.1494	8982143.064	729.39	
926	366777.0902	8982144.621	728.8999	
927	366669.339	8982147.258	716.076	
928	366768.7363	8982138.51	729.0389	
929	366665.0019	8982164.961	724.089	
930	366751.2788	8982094.832	727.039	
931	366701.9556	8982111.001	727.988	
932	366749.7949	8982132.675	728.9891	
933	366703.7243	8982128.552	727.828	
934	366739.3794	8982153.99	726.794	
935	366739.7045	8982134.429	728.646	
936	366648.2513	8982157.607	725.698	
937	366734.8948	8982130.087	728.6943	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
938	366704.6941	8982136.693	726.57	
939	366727.0165	8982131.194	728.5001	
940	366741.4822	8982221.62	728.154	A
941	366738.6446	8982223.627	728.1939	A
942	366737.3867	8982225.437	728.1467	A
943	366735.1923	8982227.747	728.1483	A
944	366732.7847	8982229.406	728.2983	A
945	366730.4224	8982232.002	728.2715	A
946	366727.8715	8982236.424	728.2333	A
947	366721.6134	8982240.108	728.5164	A
948	366731.8645	8982242.727	728.2001	A
949	366739.6499	8982237.846	728.1692	A
950	366742.7415	8982236.077	728.1746	A
951	366746.9771	8982233.75	728.2375	A
952	366750.3664	8982231.876	728.1517	A
953	366754.6163	8982231.618	728.1786	A
954	366757.4711	8982229.434	728.149	A
955	366760.5573	8982228.222	728.1654	A
956	366761.8085	8982226.464	728.1199	A
957	366769.195	8982225.353	728.1114	A
958	366775.9886	8982225.229	728.0817	A
959	366783.9683	8982227.43	728.1028	A
960	366788.0578	8982228.767	728.278	A
961	366735.7639	8982219.86	728.202	A
962	366732.2762	8982219.122	728.253	A
963	366726.6237	8982216.966	728.2894	A
964	366721.9852	8982214.434	728.2779	A
965	366711.2729	8982208.296	728.329	A
966	366705.1984	8982203.755	728.3924	A
967	366703.0517	8982202.97	728.7953	A
968	366664.7733	8982179.651	728.5155	A
969	366710.8486	8982212.404	728.4253	
970	366691.1218	8982209.52	728.6038	
971	366706.4914	8982217.677	728.4267	
972	366710.732	8982221.508	728.4119	
973	366712.4662	8982229.956	728.2842	
974	366727.7549	8982223.283	728.3881	
975	366709.5502	8982234.865	729.0811	
976	366715.2411	8982235.941	729.0587	
977	366716.7527	8982236.891	728.9376	
978	366719.0009	8982239.832	728.9097	
979	366722.059	8982237.979	728.5045	
980	366725.0929	8982232.627	728.2395	
981	366732.3369	8982224.999	728.3241	
982	366730.2813	8982228.463	728.3129	
983	366734.7383	8982224.347	728.2896	
984	366753.0059	8982236.089	729.1208	
985	366751.8043	8982238.514	729.6215	
986	366757.9128	8982231.204	728.9909	
987	366765.1932	8982230.1	728.8024	
988	366762.4548	8982230.714	729.6543	
989	366748.4181	8982240.241	729.8413	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
990	366781.5736	8982217.792	725.654	
991	366742.5331	8982242.755	729.432	
992	366700.9157	8982245.004	730.154	
993	366706.6437	8982245.188	729.8282	
994	366764.4106	8982229.428	728.284	
995	366769.4799	8982229.066	728.249	
996	366775.8839	8982229.21	728.4565	
997	366782.2832	8982228.913	728.3986	
998	366771.6331	8982226.442	728.2006	
999	366784.4045	8982228.426	728.2449	
1000	366721.6163	8982221.299	728.3635	
1001	366686.8707	8982211.818	728.4125	
1002	366640.5694	8982083.749	730.6533	
1003	366636.5861	8982089.779	732.2821	
1004	366636.5861	8982089.779	732.2821	
1005	366661.6764	8982088.781	730.9189	E17
1006	366637.2009	8982087.941	732.4046	BM_01A
1007	366634.799	8982082.37	733.492	BM_02A
1008	366640.995	8982031.568	733.667	5
1009	366641.29	8982029.127	733.7428	5
1010	366637.9735	8982097.715	729.399	E
1011	366636.7842	8982097.381	729.2995	E
1012	366639.1822	8982090.478	730.5231	NR
1013	366643.1754	8982088.731	730.2083	
1014	366636.8959	8982092.168	730.7031	
1015	366650.1813	8982087.066	730.124	
1016	366653.8833	8982139.241	716.114	
1017	366668.9257	8982091.214	730.0002	
1018	366677.2304	8982092.07	730.0648	NR
1019	366686.3254	8982090.973	730.0727	NR
1020	366702.2893	8982094.044	730.4353	NR
1021	366667.2689	8982085.172	730.8381	
1022	366664.1249	8982084.85	730.9021	
1023	366661.6791	8982084.592	730.9764	
1024	366658.8106	8982084.803	730.9815	
1025	366615.9848	8982110.978	716.776	
1026	366620.4985	8982120.07	717.948	
1027	366657.1382	8982087.033	730.9599	
1028	366660.2082	8982088.214	730.9897	
1029	366704.3757	8982170.372	723.88	
1030	366663.1113	8982084.966	730.9571	
1031	366666.8163	8982086.734	730.6014	
1032	366666.2669	8982084.098	730.8876	
1033	366669.8336	8982084.747	730.9969	
1034	366668.1473	8982087.228	730.8	
1035	366674.4346	8982085.984	731.1853	
1036	366673.3682	8982083.083	731.1579	
1037	366671.0787	8982080.34	731.2266	
1038	366670.7868	8982074.717	731.3439	
1039	366661.7333	8982077.442	731.0919	
1040	366659.7878	8982081.966	731.0115	
1041	366655.8343	8982081.341	730.9081	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1042	366746.8411	8982189.095	723.66	
1043	366664.544	8982069.895	730.9059	
1044	366675.8135	8982071.767	731.0104	
1045	366668.0712	8982071.241	730.8439	
1046	366659.2707	8982069.583	730.9097	
1047	366921.759	8981835.236	730.2412	
1048	366665.5426	8982063.553	730.3954	
1049	366654.6144	8982068.758	731.3319	
1050	366675.5039	8982062.498	730.6243	
1051	366654.0561	8982063.788	730.9234	
1052	366680.0664	8982064.338	731.1005	
1053	366658.9037	8982062.689	730.5414	
1054	366682.4627	8982057.173	730.5487	
1055	366664.7547	8982061.473	730.5204	
1056	366718.3009	8982164.874	723.347	
1057	366677.1769	8982048.386	730.7217	
1058	366669.0391	8982049.703	730.8271	
1059	366653.353	8982059.251	730.7637	
1060	366659.2348	8982056.288	730.7677	
1061	366665.6603	8982052.485	730.8959	
1062	366667.7903	8982042.749	731.1673	
1063	366662.2718	8982043.272	731.27	
1064	366656.496	8982044.826	731.4196	
1065	366667.1454	8982034.453	733.3076	
1066	366652.4328	8982045.974	731.7621	
1067	366651.2673	8982036.692	733.0272	
1068	366668.1683	8982027.434	734.0035	
1069	366655.6778	8982035.298	733.2974	
1070	366661.122	8982033.505	733.7198	
1071	366663.3033	8982025.513	734.0609	
1072	366658.1243	8982025.955	734.0519	
1073	366668.9559	8982018.426	734.1352	
1074	366654.3576	8982026.549	733.9864	
1075	366662.928	8982019.189	734.1065	
1076	366661.5625	8982011.943	734.2669	
1077	366669.5656	8982012.676	734.2436	
1078	366652.8116	8982020.558	734.1275	
1079	366616.1532	8981992.791	728.611	
1080	366651.5289	8982011.7	734.4941	
1081	366650.2188	8982004.268	734.8191	
1082	366651.212	8981992.488	734.9116	
1083	366651.337	8981987.588	734.9651	
1084	366665.8361	8982000.907	734.468	
1085	366665.5036	8982005.454	734.4729	
1086	366620.4533	8981979.829	728.475	
1087	366676.0743	8981982.823	734.6318	
1088	366685.2514	8981982.632	734.2887	
1089	366688.1957	8981987.095	733.8586	
1090	366903.0132	8981856.497	730.459	
1091	366939.0574	8981808.391	731.409	
1092	366685.0088	8982008.299	733.3267	
1093	366628.7116	8981992.785	734.3467	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1094	366628.3666	8981995.393	734.1782	
1095	366626.6867	8981999.194	733.9728	
1096	366625.7391	8982003.084	734.2437	
1097	366624.2691	8982017.377	733.9424	
1098	366622.4248	8982006.466	733.4067	
1099	366623.0262	8982010.095	733.7362	
1100	366628.0658	8982009.287	734.8435	
1101	366629.9336	8982002.583	734.8848	
1102	366631.2794	8981999.173	735.1131	
1103	366632.321	8981996.16	735.1893	
1104	366632.8787	8981992.73	735.2423	
1105	366629.0532	8981994.154	734.5668	
1106	366624.275	8981995.974	732.2147	
1107	366623.874	8981998.185	732.2329	
1108	366628.5336	8981987.591	733.6464	
1109	366627.5502	8981981.978	732.6221	
1110	366614.3301	8981987.661	730.4782	
1111	366615.1173	8981987.862	730.3009	A
1112	366625.8012	8981993.978	732.6604	
1113	366634.2843	8981938.851	736.8073	
1114	366633.7701	8981938.181	736.4308	
1115	366635.3456	8981939.468	737.0879	
1116	366635.025	8981936.594	737.1336	
1117	366629.9827	8981937.006	733.4421	
1118	366619.8105	8981936.062	730.6949	A
1119	366626.2121	8981935.557	730.4734	
1120	366618.352	8981930.324	730.3297	A
1121	366633.2471	8981929.899	735.9864	E
1122	366634.3013	8981926.067	737.4142	
1123	366602.2007	8981925.367	731.0934	
1124	366590.6285	8981946.645	730.4614	
1125	366567.2878	8981938.1	731.8018	
1126	366553.3978	8981905.392	731.9539	
1127	366530.9461	8981885.485	731.724	
1128	366527.7497	8981870.758	732.4875	
1129	366575.1034	8981885.993	731.4933	
1130	366636.6752	8982089.778	732.2822	
1131	366794.178	8982215.788	724.585	
1132	366760.9363	8982097.386	726.985	
1133	366640.3087	8982098.351	729.297	
1134	366805.1618	8982181.429	725.233	R
1135	366722.2099	8982122.025	727.211	R
1136	366782.6767	8982151.393	728.2829	R
1137	366793.0914	8982065.582	727.831	
1138	366745.1127	8982110.911	727.916	
1139	366937.915	8981834.323	726.827	
1140	366769.4109	8982098.617	727.844	
1141	366784.0839	8982070.862	727.876	
1142	366923.481	8981893.911	728.6317	
1143	366826.4726	8982035.791	727.816	
1144	366895.9617	8981925.465	728.733	
1145	366873.0684	8981951.132	728.8437	

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1146	366839.7546	8981992.882	727.8	
1147	366829.1635	8982013.521	727.561	
1148	366848.1469	8982014.131	728.3866	
1149	366835.6396	8982095.607	728.3731	
1150	366847.9287	8982078.034	728.3122	
1151	366856.9204	8982080.603	728.3771	
1152	366801.0635	8982116.15	728.9078	
1153	366829.8876	8982057.244	726.919	
1154	366735.991	8982103.786	727.074	
1155	366798.8477	8982142.117	729.0521	
1156	366753.4933	8982100.739	726.976	
1157	366763.3018	8982087.075	727.108	
1158	366801.7032	8982122.37	729.2023	
1159	366795.83	8982150.385	728.4464	
1160	366756.377	8982209.827	724.429	
1161	366763.8754	8982138.552	728.6049	
1162	366776.683	8982170.067	725.912	
1163	366761.6741	8982133.75	729.2225	
1164	366778.9451	8982123.376	729.1011	
1165	366788.0829	8982120.979	729.0374	
1166	366794.2365	8982118.532	728.9723	
1167	366681.3711	8982134.699	724.485	R
1168	366748.2664	8982125.325	728.5291	R
1169	366747.3548	8982115.331	728.2845	R
1170	366756.7051	8982112.983	728.3176	R
1171	366765.9345	8982108.927	728.2898	R
1172	366774.5066	8982104.102	728.1942	R
1173	366783.7011	8982101.227	728.2348	R
1174	366793.897	8982096.582	728.2517	R
1175	366803.4699	8982091.163	728.2972	R
1176	366812.4515	8982085.983	728.316	R
1177	366820.5056	8982086.645	728.2013	R
1178	366829.812	8982082.128	728.2519	R
1179	366838.6879	8982077.681	728.2298	R
1180	366847.3616	8982071.775	728.2623	R
1181	366857.0207	8982068.452	728.1462	R
1182	366836.0964	8982065.484	727.6213	R
1183	366784.4795	8982090.693	727.3733	R
1184	366744.0471	8982098.787	727.5912	R
1185	366975.7464	8981835.874	726.7457	R
1186	366843.5948	8982050.971	726.717	R
1187	366808.7667	8982049.421	727.788	E19
1188	366804.2742	8982077.01	727.851	E19
1189	366761.6512	8982086.236	728.4788	R
1190	366784.4658	8982066.385	728.4608	R
1191	366791.5633	8982056.33	728.3969	R
1192	366798.9252	8982045.982	728.3689	R
1193	366812.4555	8982026.417	728.3381	R
1194	366768.2975	8982233.547	728.5372	R
1195	366776.1638	8982233.021	728.3739	R
1196	366811.0852	8982067.302	726.33	R
1197	366796.38	8982235.367	728.3037	R

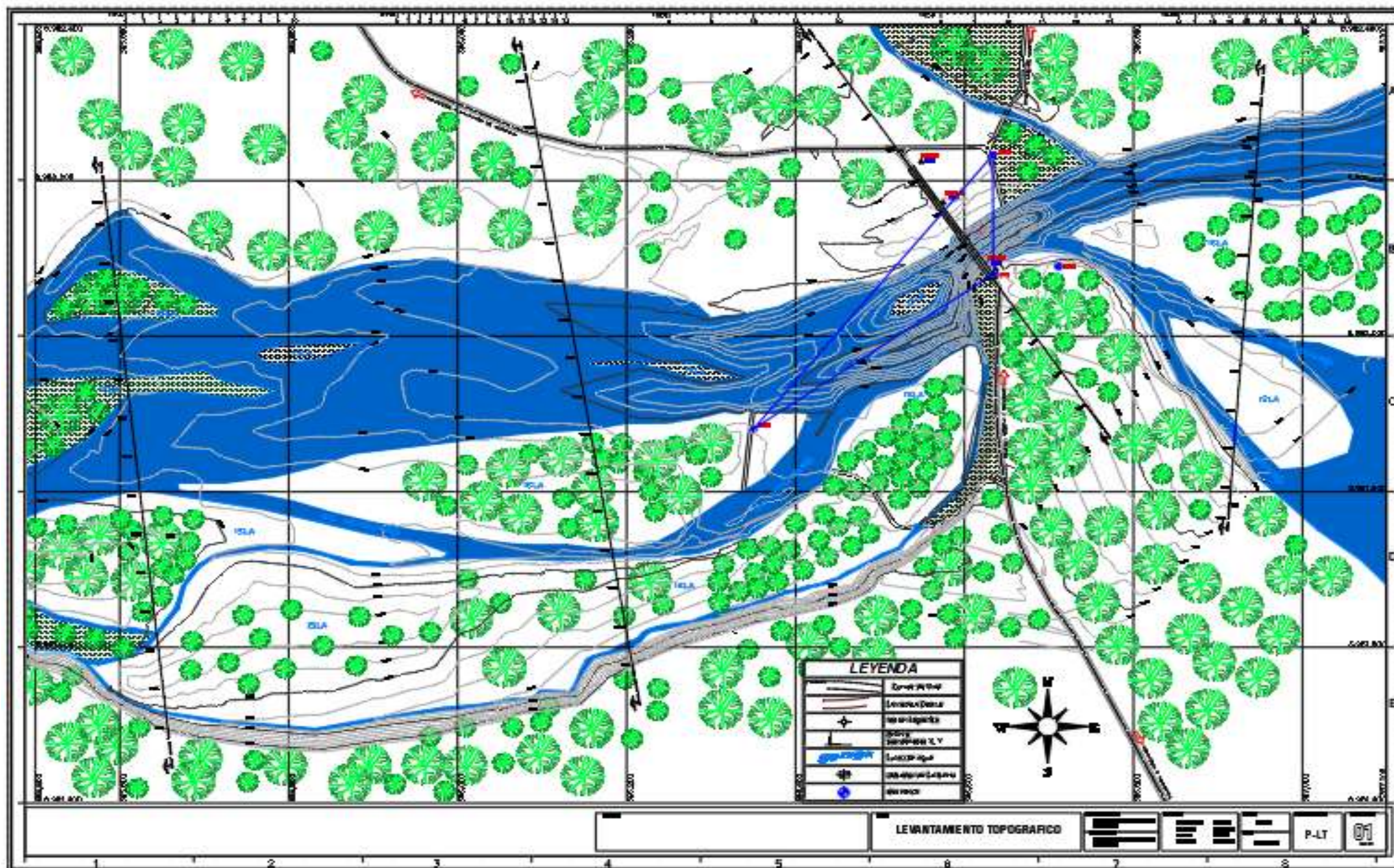
N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1198	366799.5582	8982235.778	728.3136	R
1199	366806.9046	8982239.483	729.1198	
1200	366802.6881	8982238.133	729.3358	
1201	366796.6996	8982236.063	729.2973	
1202	366793.6757	8982236.072	729.3296	
1203	366782.4192	8982235.307	729.5046	
1204	366776.2556	8982234.899	729.5747	
1205	366770.0748	8982235.125	729.5081	
1206	366796.0546	8982253.918	729.8228	
1207	366862.564	8982021.149	728.0289	R
1208	366856.4862	8982021.826	728.1161	R
1209	366840.3229	8982016.571	728.1692	R
1210	366845.6539	8982025.154	728.2494	R
1211	366839.9092	8982026.189	728.3367	R
1212	366818.9543	8982014.582	728.2985	R
1213	366825.3419	8982001.449	728.1143	R
1214	366920.8923	8981861.305	726.5987	R
1215	366848.9325	8981987.527	728.092	R
1216	366950.9783	8981817.815	725.5453	R
1217	366849.6274	8982034.157	727.7112	
1218	366855.5888	8981938.391	727.8205	R
1219	366874.2567	8981927.344	727.6581	R
1220	366861.2089	8981919.642	731.9008	
1221	366783.9123	8982011.254	731.6221	
1222	366774.2922	8982033.432	731.3942	
1223	366788.447	8981999.359	733.1192	
1224	366666.2634	8982106.741	728.2996	VATIMET
1225	366600.0402	8982113.351	722.645	VATIMET
1226	366623.6415	8982130.261	721.749	VATIMET
1227	366610.8766	8982127.414	722.568	VATIMET
1228	366608.3636	8982122.275	722.041	VATIMET
1229	366593.9894	8982154.654	729.1101	VATIMET
1230	366636.4144	8982095.293	728.7054	VATIMET
1231	366635.2054	8982097.265	727.7758	VATIMET
1232	366703.2128	8982058.112	732.58	
1233	366725.4829	8982061.193	732.82	
1234	366743.402	8982062.841	732.82	
1235	366766.4895	8982057.001	731.91	
1236	366770.402	8982045.289	731.65	
1237	366801.4104	8981965.941	733.24	
1238	366777.605	8982022.437	731.95	
1239	366886.0815	8981847.662	732.05	
1240	366766.0389	8982035.674	732.05	
1241	366687.4063	8982031.969	732.05	
1242	366476.1401	8982068.685	728.8	R
1243	366447.2751	8982062.54	728.89	R
1244	366427.1695	8982058.26	728.89	R
1245	366356.4413	8982031.659	729.65	R
1246	366368.4025	8982034.421	729.55	R
1247	366380.1414	8982037.133	729.55	R
1248	366393.7911	8982043.889	729.26	R
1249	366411.3104	8982051.565	729.03	R

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1250	366407.162	8982073.367	730.5	
1251	366434.097	8982076.6	730.46	
1252	366449.7962	8982076.111	730.51	
1253	366617.9821	8981983.171	729.49	A
1254	366627.124	8981970.759	729.21	A
1255	366622.7556	8981970.225	729.35	A
1256	366629.704	8981961.38	729.25	A
1257	366630.7478	8981950.512	729.25	A
1258	366628.4209	8981942.84	730.35	A
1259	366626.4194	8981937.1	730.45	A
1260	366628.2154	8981931.561	730.29	A
1261	366629.3697	8981923.128	730.85	A
1262	366629.5319	8981913.242	731.25	A
1263	366629.3255	8981903.784	731.25	A
1264	366615.3285	8981914.744	731.35	A
1265	366626.181	8981961.454	729.22	A
1266	366629.2809	8981970.295	729.45	A
1267	366622.7129	8981931.341	729.512	A
1268	366628.8285	8981961.762	729.457	A
1269	366623.1762	8981962.141	729.541	A
1270	366628.507	8981951.037	729.541	A
1271	366622.8329	8981951.494	729.326	A
1272	366617.9685	8981916.13	730.512	A
1273	366627.4043	8981923.199	731.023	A
1274	366617.7838	8981923.824	731.023	A
1275	366625.4995	8981913.246	731.452	A
1276	366622.936	8981892.408	731.687	A
1277	366600.7372	8981893.315	731.584	BR
1278	366567.719	8981912.582	731.854	BR
1279	366763.4892	8982218.679	725.658	T
1280	366768.9905	8982246.479	729.658	T
1281	366754.7757	8982250.57	729.654	T
1282	366738.8072	8982266.842	729.654	T
1283	366602.3499	8982098.76	716.8938	BR
1284	366595.6725	8982059.801	718.628	RIO
1285	366595.2425	8982038.225	718.628	RIO
1286	366586.9591	8982012.319	718.628	RIO
1287	366558.3354	8982001.046	718.628	RIO
1288	366594.9229	8982053.972	718.628	RIO
1289	366609.0818	8982094.586	717.628	RIO
1290	366604.4235	8982088.904	717.628	RIO
1291	366600.848	8982081.493	717.628	RIO
1292	366595.8123	8982067.994	717.628	RIO
1293	366606.4279	8982033.934	725.628	RIO
1294	366608.0195	8982020.102	725.628	RIO
1295	366543.601	8981969.037	725.628	RIO
1296	366557.1016	8981975.922	725.628	RIO
1297	366611.2097	8982008.939	725.628	RIO
1298	366575.5196	8981989.185	725.628	RIO
1299	366594.8752	8981997.659	725.628	RIO
1300	366525.3426	8982006.035	725.628	RIO
1301	366513.1818	8981958.696	725.628	RIO

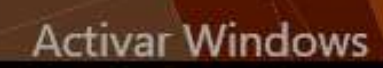
N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1302	366554.7993	8982021.507	725.628	RIO
1303	366499.6265	8981992.247	725.628	RIO
1304	366639.2657	8982102.184	725.5428	RIO
1305	366616.5699	8982085.173	725.5428	RIO
1306	366606.5754	8982048.025	725.5428	RIO
1307	366604.4473	8982058.358	725.5428	RIO
1308	366630.4721	8982097.339	725.5428	RIO
1309	366623.5545	8982091.708	725.5428	RIO
1310	366650.2463	8982110.578	725.5428	RIO
1311	366611.8213	8982079.844	725.5428	RIO
1312	366606.2838	8982074.382	725.5428	RIO
1313	366576.9251	8982036.265	725.628	RIO
1314	366582.5172	8982057.24	725.628	RIO
1315	366586.5364	8982069.544	725.628	RIO
1316	366582.4593	8982079.62	725.628	RIO
1317	366571.4024	8982096.607	725.628	RIO
1318	366569.1747	8982082.795	725.628	RIO
1319	366577.2397	8982079.486	725.628	RIO
1320	366505.9244	8982063.709	725.628	RIO
1321	366539.2861	8982082.054	725.628	RIO
1322	366531.1225	8982074.996	725.8263	RIO
1323	366517.6877	8982068.278	725.7628	RIO
1324	366550.8881	8982077.481	727.4563	RIO
1325	366527.3976	8982062.242	727.28	RIO
1326	366532.6234	8982070.251	725.7863	RIO
1327	366507.7885	8982058.859	725.9856	RIO
1328	366559.2243	8982090.4	725.028	RIO
1329	366591.9751	8982082.52	720.9628	RIO
1330	366549.6533	8982084.686	725.328	RIO
1331	366594.4761	8982095.946	720.7518	RIO
1332	366540.9889	8982077.904	725.628	RIO
1333	366611.562	8982118.562	720.448	RIO
1334	366646.5317	8982144.418	720.028	RIO
1335	366517.6001	8982062.981	725.8528	RIO
1336	366616.9543	8982123.923	720.7463	RIO
1337	366628.7853	8982111.643	717.628	RIO
1338	366609.6558	8982111.849	717.628	RIO
1339	366607.0165	8982115.921	720.628	RIO
1340	366730.5473	8982239.187	727.428	RIO
1341	366741.4428	8982227.367	727.28	RIO
1342	366596.2006	8982081.794	716.8938	BR
1343	366597.9399	8981873.95	731.628	T
1344	366589.9862	8981852.821	731.628	T
1345	366565.9923	8981827.33	731.628	T
1346	366558.3716	8981801.579	731.628	T
1347	366598.6457	8982092.792	716.8938	BR
1348	366502.7268	8981867.029	732.7585	BR
1349	366543.7652	8981844.337	732.8455	BR
1350	366618.8819	8981809.324	739.187	260-BC
1351	366621.0038	8981806.961	738.9924	261-BC
1352	366616.6596	8981802.78	738.4586	265-BC
1353	366616.9639	8981810.248	739.1582	266-T

N° PUNTOS	ESTE (X)	NORTE (Y)	COTA (Z)	DESCRIPCION
1354	366616.2478	8981809.028	739.2708	295-E13
1355	366611.4123	8981804.353	738.5982	296-T
1356	366614.9361	8981813.54	735.5665	297-T
1357	366607.8832	8981798.43	737.5419	298-T
1358	366613.0727	8981817.541	732.2479	299-T
1359	366607.2583	8981820.357	730.8595	300-T
1360	366609.087	8981826.301	730.9244	301-T
1361	366604.9388	8981792.882	736.8	302-T
1362	366602.2608	8981789.664	736.1462	303-T
1363	366600.5604	8981822.206	729.1772	304-AG
1364	366601.0646	8981786.82	735.9795	305-T
1365	366598.5205	8981825.624	730.545	306-T
1366	366602.2608	8981789.664	736.1462	307-T
1367	366594.6751	8981815.163	730.4057	308-T
1368	366584.59	8981821.96	730.8331	309-T
1369	366583.2638	8981829.374	730.7474	310-T
1370	366597.0803	8981805.137	729.4149	311-AG
1371	366596.0901	8981775.859	735.0685	312-E14
1372	366605.8426	8981773.306	741.1118	-312
1373	366591.6326	8981778.054	734.6051	313-T
1374	366589.2211	8981779.877	731.8326	314-T
1375	366588.2666	8981780.604	731.0709	315-T
1376	366584.4989	8981772.533	734.0129	316-T
1377	366618.7664	8981805.282	738.7279	318-BC
1378	366612.4772	8981796.032	737.6469	319-BC
1379	366609.9928	8981797.749	737.6294	320-BC
1380	366603.278	8981787.824	736.2178	321-BC
1381	366605.3002	8981786.033	736.2596	322-BC
1382	366596.2479	8981779.841	735.0982	323-BC
1383	366590.556	8981774.161	734.4585	324-BC
1384	366585.0595	8981769.544	733.8406	325-BC
1385	366587.719	8981768.355	733.96	326-BC
1386	366617.1597	8981793.223	738.7263	343-BC
1387	366456.7451	8981914.825	730.3589	618-BA
1388	366456.7451	8981914.825	730.3589	619-BA
1389	366457.0398	8981923.556	729.9907	620-BA
1390	366467.6257	8981924.503	730.3001	621-BA
1391	366470.1028	8981933.747	729.7111	622-BA
1392	366461.5878	8981929.295	729.7111	623-BA
1393	366481.1469	8981936.913	729.9041	624-BA
1394	366485.6489	8981937.972	729.9334	625-BA
1395	366497.2431	8981939.862	729.5711	626-BA
1396	366496.9575	8981939.748	730.1463	627-BA
1397	366507.847	8981942.16	729.802	628-BA
1398	366507.5295	8981941.493	730.2769	629-BA
1399	366505.9116	8981939.921	730.8718	630-E21

ANEXO 6
PLANO LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO (PLT-01)

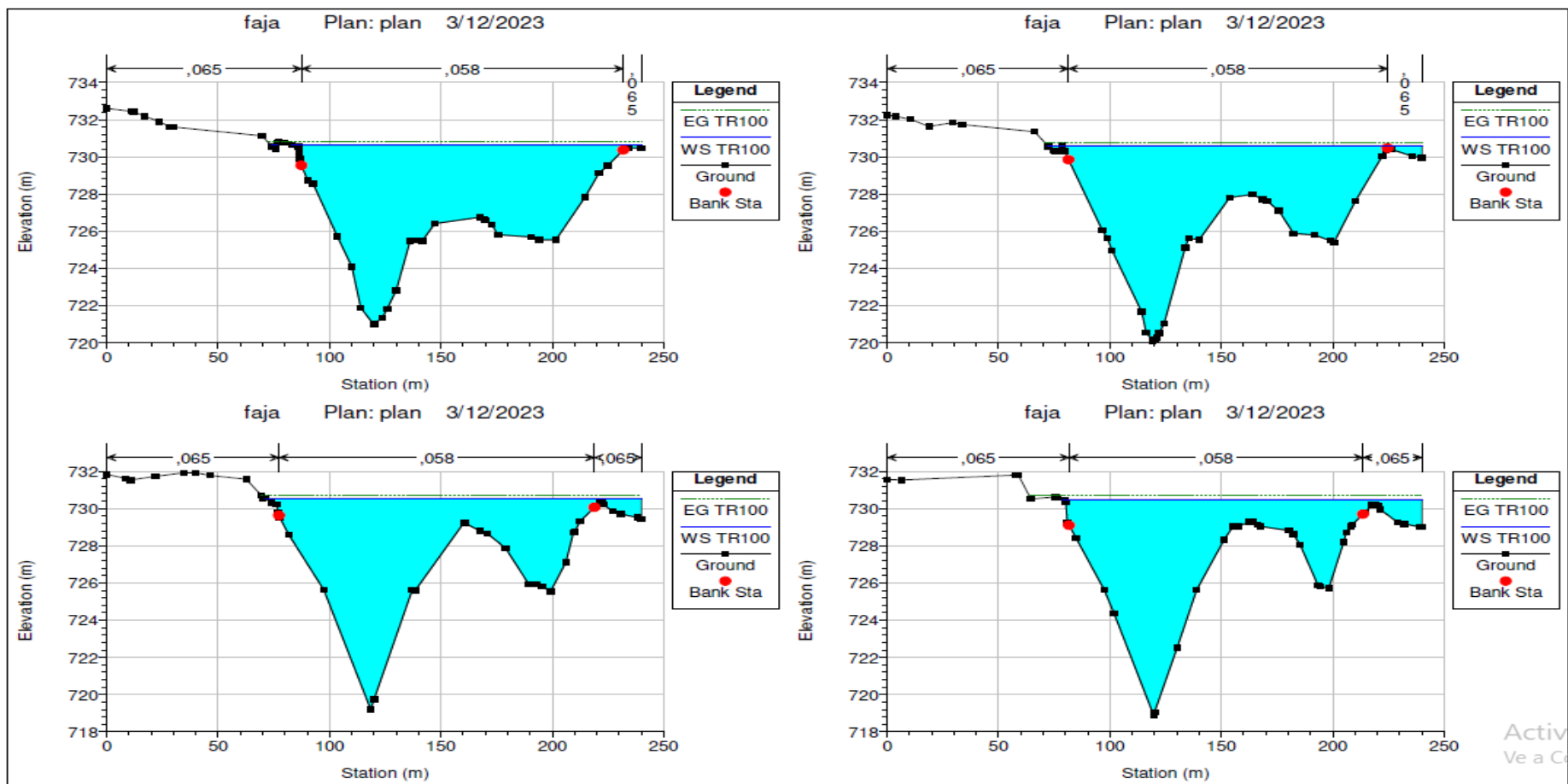


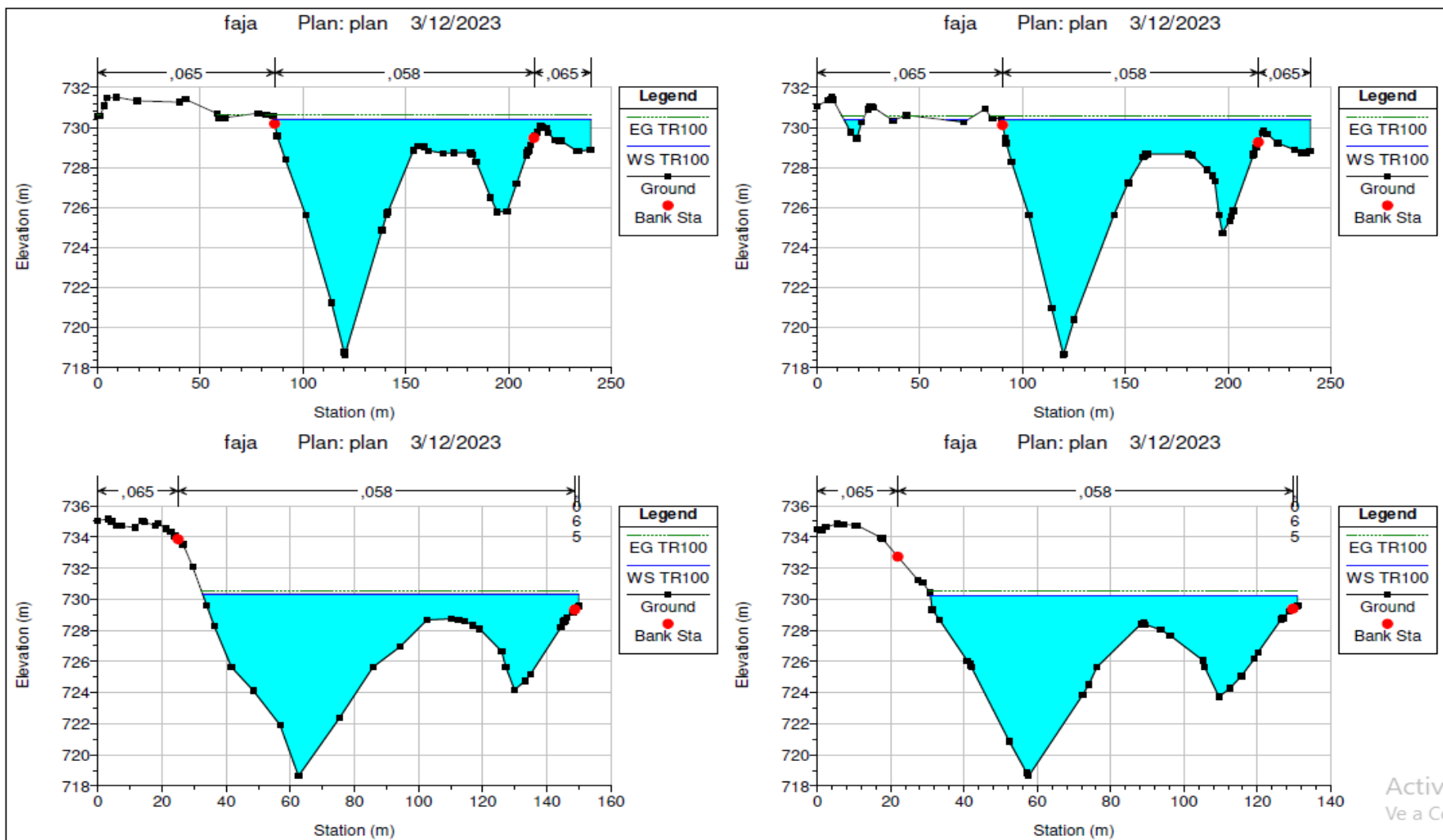
ANEXO 7

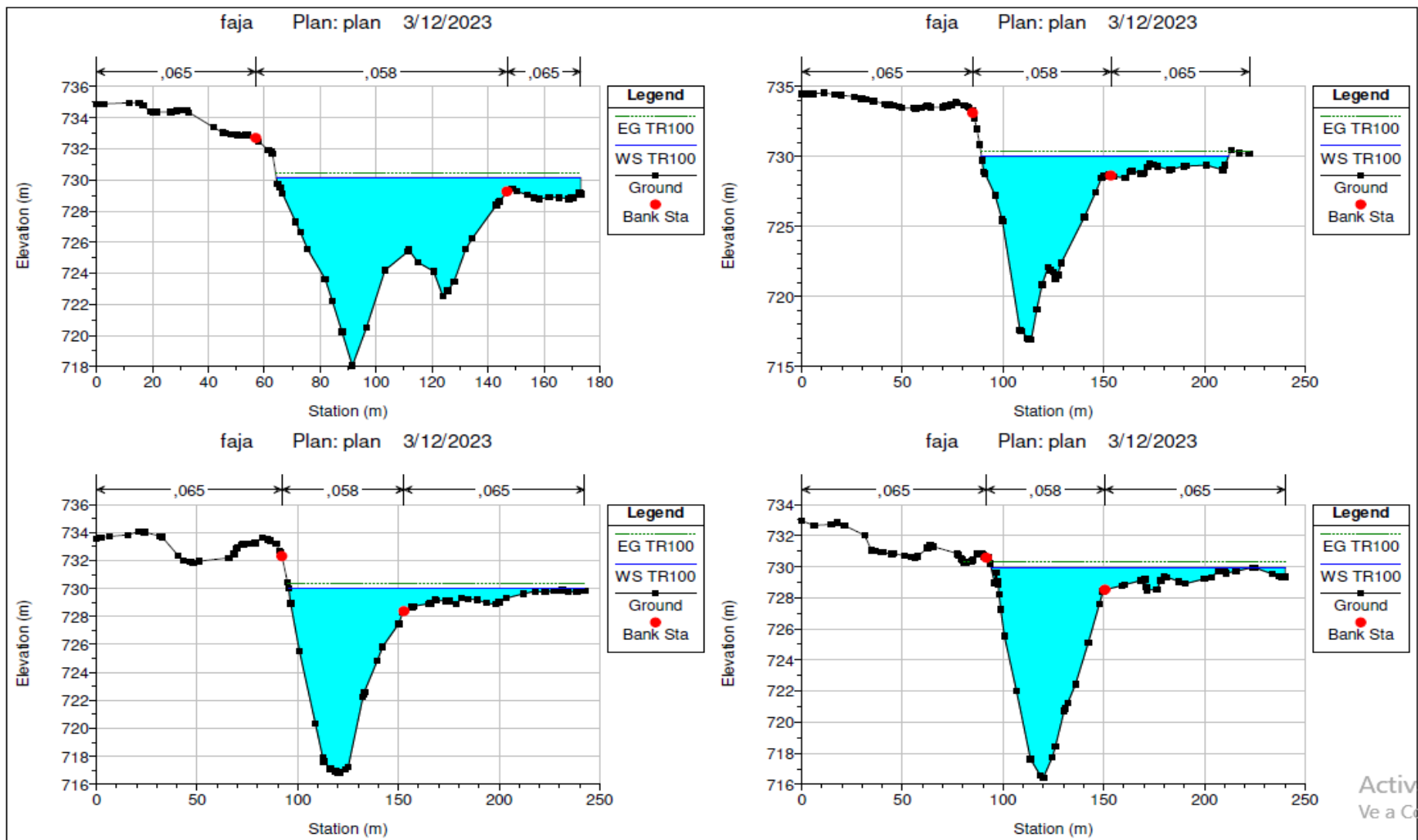


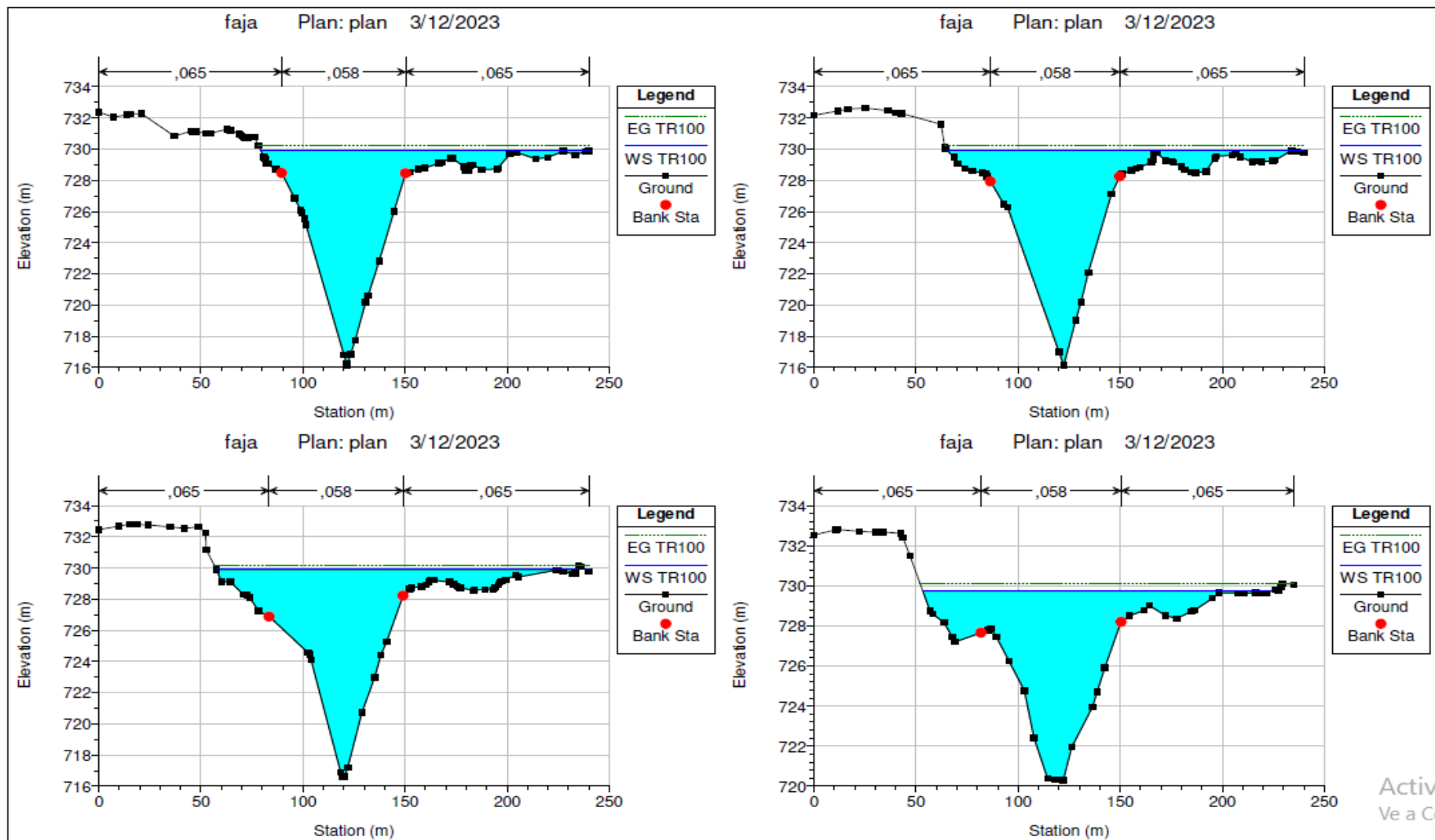
ANEXO 8

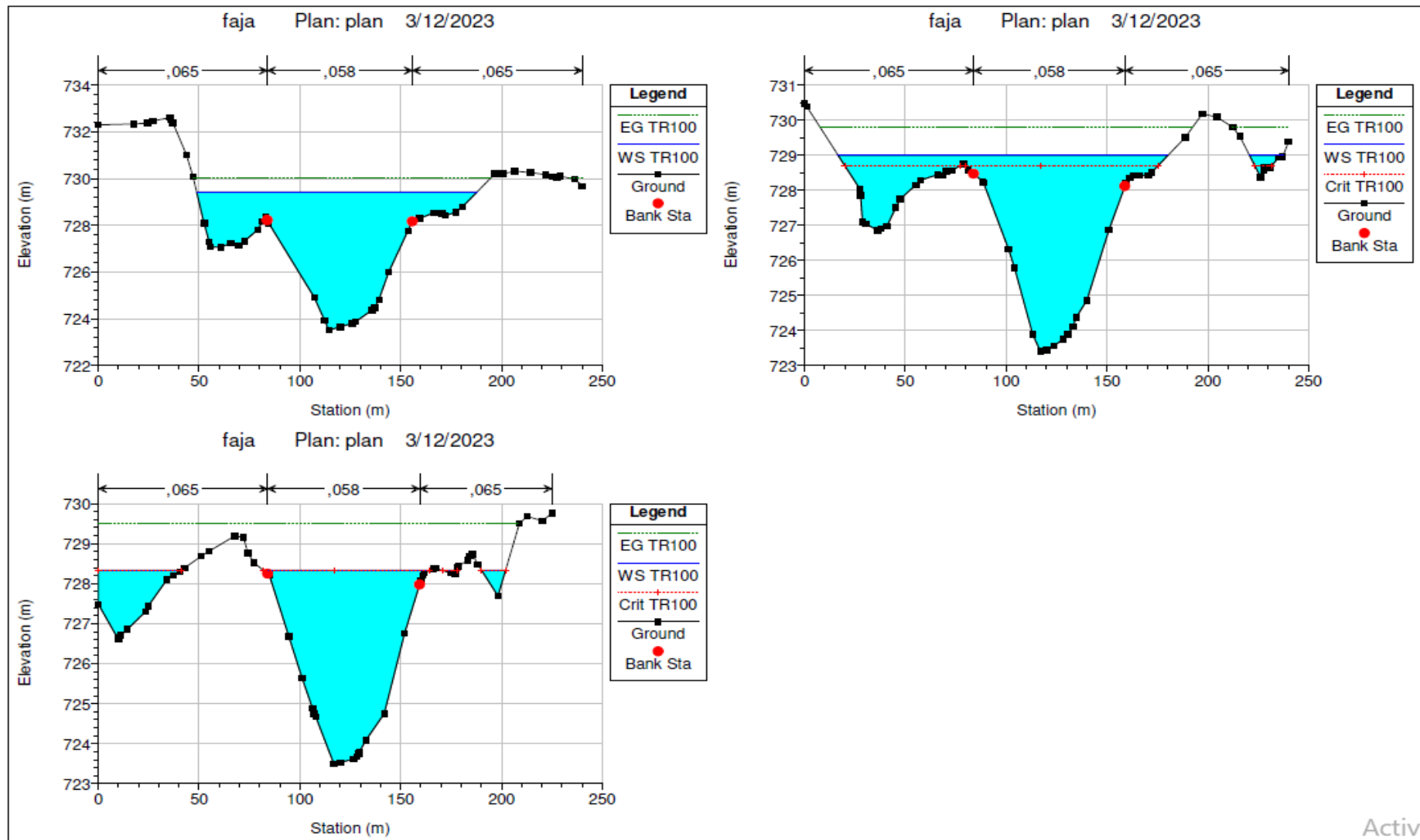
SECCIÓN HIDRÁULICA DEL CAUSE PRINCIPAL











ANEXO 9

VALORES Kt (DISTRIBUCIÓN DE PEARSON TIPO III)

VALORES DE Kt PARA LA DISTRIBUCION DE PEARSON TIPO III								
Coeficiente de Asimetria	PERIODOS DE RETORNO							
	1.0101	2	5	10	25	50	100	200
	Probabilidad de excedencia							
Cs o Cw	99	50	20	10	4	2	1	0.5
3	-0.667	-0.396	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97
2.9	-0.69	-0.39	0.44	1.195	2.277	3.134	4.013	4.904
2.8	-0.714	-0.384	0.46	1.21	2.275	3.114	3.973	4.847
2.7	-0.74	-0.376	0.479	1.224	2.272	3.093	3.932	4.783
2.6	-0.769	-0.368	0.499	1.238	2.267	3.071	3.889	4.718
2.5	-0.799	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.845	4.652
2.4	-0.832	-0.351	0.537	1.262	2.256	3.023	3.8	4.584
2.3	-0.867	-0.341	0.555	1.274	2.248	2.997	3.753	4.515
2.2	-0.905	-0.33	0.574	1.284	2.24	2.97	3.705	4.444
2.1	-0.946	-0.319	0.592	1.294	2.23	2.942	3.656	4.372
2	-0.99	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298
1.9	-1.037	-0.294	0.627	1.31	2.207	2.881	3.553	4.223
1.8	-1.087	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147
1.7	-1.14	-0.268	0.66	1.324	2.179	2.815	3.444	4.069
1.6	-1.197	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99
1.5	-1.256	-0.24	0.69	1.333	2.146	2.743	3.33	3.91
1.4	-1.318	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828
1.3	-1.383	-0.21	0.719	1.339	2.108	2.666	3.211	3.745
1.2	-1.449	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661
1.1	-1.518	-0.18	0.745	1.341	2.066	2.585	3.087	3.575
1.0	-1.588	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489
0.9	-1.66	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401
0.8	-1.733	-0.132	0.78	1.336	1.993	2.453	2.891	3.312
0.7	-1.806	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223
0.6	-1.88	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132
0.5	-1.955	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686	3.041
0.4	-2.029	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949
0.3	-2.104	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856
0.2	-2.178	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763
0.1	-2.252	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67
0.0	-2.326	0	0.842	1.282	1.751	2.054	2.326	2.576
-0.1	-2.4	0.017	0.846	1.27	1.716	2	2.252	2.482
-0.2	-2.472	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388
-0.3	-2.544	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294
-0.4	-2.615	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201
-0.5	-2.686	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108
-0.6	-2.755	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016
-0.7	-2.824	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926
-0.8	-2.891	0.132	0.856	1.166	1.448	1.606	1.733	1.837
-0.9	-2.957	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749
-1.0	-3.022	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664
-1.1	-3.087	0.18	0.848	1.107	1.324	1.435	1.518	1.581
-1.2	-3.149	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.449	1.501
-1.3	-3.211	0.21	0.838	1.064	1.24	1.324	1.383	1.424
-1.4	-3.271	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	1.351
-1.5	-3.33	0.24	0.825	1.018	1.157	1.217	1.256	1.282
-1.6	-3.388	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216
-1.7	-3.444	0.268	0.808	0.97	1.075	1.116	1.14	1.155
-1.8	-3.499	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	1.097
-1.9	-3.553	0.294	0.788	0.92	0.996	1.023	1.037	1.044
-2.0	-3.605	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	0.995

Fuente: U. S. Water Resources Council (1981).

ANEXO 10
VALORES DE $\bar{Y}_N$ y σ_N PARA GUMBEL

N	$\bar{Y}_N$	σ_N	N	$\bar{Y}_N$	σ_N
8	0.4843	0.9043	49	0.5481	1.1590
9	0.4902	0.9288	50	0.54854	1.16066
10	0.4952	0.9497	51	0.5489	1.1623
11	0.4996	0.9676	52	0.5493	1.1638
12	0.5053	0.9833	53	0.5497	1.1653
13	0.5070	0.9972	54	0.5501	1.1667
14	0.5100	1.0095	55	0.5504	1.1681
15	0.5128	1.02057	56	0.5508	1.1696
16	0.5157	1.0316	57	0.5511	1.1708
17	0.5181	1.0411	58	0.5515	1.1721
18	0.5202	1.0493	59	0.5518	1.1734
19	0.5220	1.0566	60	0.55208	1.17467
20	0.52355	1.06283	62	0.5527	1.1770
21	0.5252	1.0696	64	0.5533	1.1793
22	0.5268	1.0754	66	0.5538	1.1814
23	0.5283	1.0811	68	0.5543	1.1834
24	0.5296	1.0864	70	0.55477	1.18536
25	0.53086	1.09145	72	0.5552	1.1873
26	0.5320	1.0961	74	0.5557	1.1890
27	0.5332	1.1004	76	0.5561	1.1906
28	0.5343	1.1047	78	0.5565	1.1923
29	0.5353	1.1086	80	0.55688	1.19382
30	0.53622	1.11238	82	0.5572	1.1953
31	0.5371	1.1159	84	0.5576	1.1967
32	0.5380	1.1193	86	0.5580	1.1980
33	0.5388	1.1226	88	0.5583	1.1994
34	0.5396	1.1255	90	0.55860	1.20073
35	0.54034	1.12847	92	0.5589	1.2020
36	0.5410	1.1313	94	0.5592	1.2032
37	0.5418	1.1339	96	0.5595	1.2044
38	0.5424	1.1363	98	0.5598	1.2055
39	0.5430	1.1388	100	0.56002	1.20649
40	0.54362	1.14132	150	0.56461	1.22534
41	0.5442	1.1436	200	0.56715	1.23598
42	0.5448	1.1458	250	0.56878	1.24292
43	0.5453	1.1480	300	0.56993	1.24786
44	0.5458	1.1499	400	0.57144	1.25450
45	0.5463	1.15185	500	0.57240	1.25880
46	0.5468	1.1538	750	0.57377	1.26506
47	0.5473	1.1557	1000	0.57450	1.26851
48	0.5477	1.1574		0.57722	1.28255

Fuente: Villón (2002).

ANEXO 11

ESTUDIO DE SUELOS

	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC EIRL Análisis Granulométrico NTP 338.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 338.128 (2014) / Clasificación SUCS NTP 338.134 (2014) / Clasificación AASHTO NTP 338.135 (2014)	

Nº de Servicio: Lab_0046_2023

SOLICITANTE:	PARÁMETROS TÉCNICOS DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO ÓPTIMO DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE PUERTO		
PROYECTO:	MALATCA DEL RÍO MORCÓN- HUÁNUCO 2023		
UBICACIÓN:	PUERTO MALATCA, DISTRITO DE MORCÓN, PROVINCIA DE HUAMALIES - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO	FECHA:	19-oct-20

Sondeo:	C-02 / ESTRADO DERECHO	Tipo de Material:	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Muestra:	M-3	Condición de la muestra:	HÚMEDA
Profundidad:	0.00 - 10.00 m.	Código de informe y ensayo:	LAD030603035
		Fecha de muestreo:	19-oct-2023



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO		
TAMIZOS	Porcentaje que pasa	
	Denominación ASTM	Abertura (mm)
3 pulg.	75.000	190.0
2 pulg.	85.000	200.0
1 1/2 pulg.	37.500	95.0
1 pulg.	25.000	25.0
3/8 pulg.	19.000	4.75
3/16 pulg.	9.500	2.00
No. 4	4.750	4.75
No. 10	2.000	0.85
No. 20	0.850	0.425
No. 40	0.425	0.250
No. 60	0.250	0.150
No. 100	0.150	0.075
No. 200	0.075	0.075

Distribución Granulométrica		
% Grava	Grava Gruesa	0.0 %
	Grava Fina	0.0 %
	AG%	3.3 %
% Arena	AM%	9.6 %
	AP%	27.3 %
	% Fines	59.8 %
Tamaño Máximo de la Grava (pulg.)	FALSO	
Forma del suelo grueso	Redondeada	
Porcentaje retenido en la 3 pulg.	0	
Método de lavado Malla No. 200	A	
Según NTP 400.515 (2018)	---	
Coefficiente de Curvatura	---	
Coefficiente de Uniformidad	---	

RESULTADOS DEL ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA

Límite Líquido:	35
Límite Plástico:	8
Índice Plástico:	28



Método de ensayo	Multipunto
Preparación de la muestra	Húmeda
Porcentaje retenido aproximado en tamiz No. 40	12.9
Remanente utilizado en el Límite Líquido	Piano
Equipo de Rolado en el Límite Plástico	Manual

Clasificación (S.U.C.S.)	
CL	Arcilla arenosa de baja plasticidad
Clasificación (AASHTO)	
A-6	Índice de Grupo 14
Descripción (AASHTO)	MALO



Observaciones

Tipo de Preparación para ensayo Clasificación: Vía Húmeda

La muestra ha sido identificada y entregada por el solicitante. Seas datos se aplican solo a las muestras indicadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de presente informe de ensayo sin la autorización escrita de LaborteC EIRL.

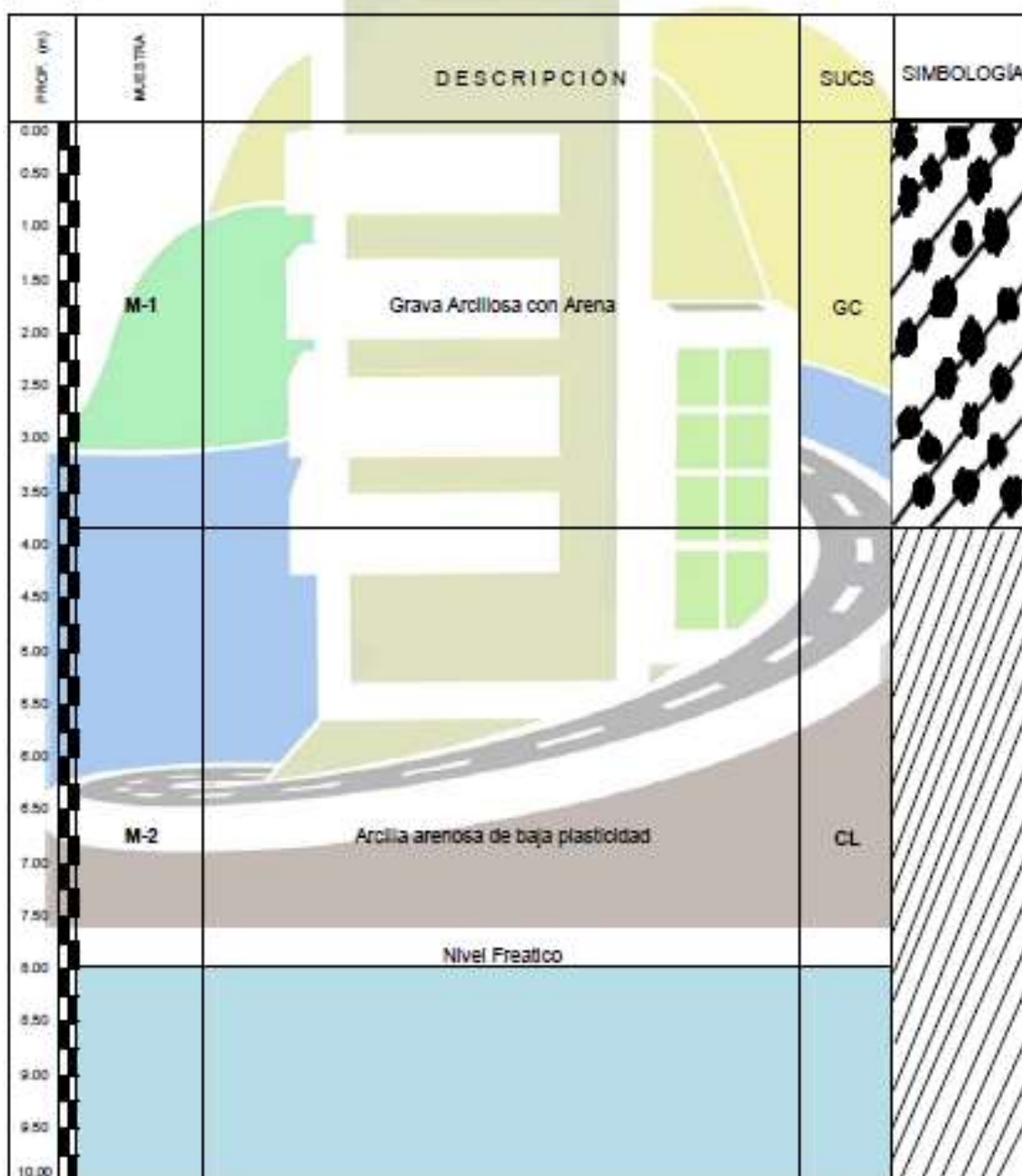
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. Los resultados corresponden a los ensayos realizados sobre las muestras proporcionadas por el cliente a LaborteC.

El informe de ensayo es un documento "oficial de interés público", la edición, su uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regirá por las disposiciones penales y civiles en la materia. Sin perjuicio de lo señalado, dicho uso puede configurar por su efecto una infracción a las normas de protección al consumidor y las que regulan la libre competencia.

 LABORTEC LABORATORIO TECNICO DE SUELOS, GEOTECNIA Y AGUAS	CLASIFICACIÓN DE SUELOS LABORTEC E.I.R.L. Análisis Granulométrico NTP 339.128 (2014) / Límite Líquido y Límite Plástico NTP 339.129 (2014) / Clasificación SUCS NTP 339.134 (2014) /	
--	--	---

REGISTRO DE SONDAJE

PROYECTO	: PARÁMETROS TÉCNICOS DEL ANÁLISIS HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA EL DISEÑO ÓPTIMO DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE PUERTO MALATOA DEL RÍO MONZÓN- HUÁNUCO 2023
UBICACIÓN	: PUERTO MALATOA, DISTRITO DE MONZON, PROVINCIA DE HUAMALIES - DEPARTAMENTO DE HUÁNUCO
SOLICITANTE	: MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE MONZON
CALICATA N°	: C-02 / ESTRIBO IZQUIERDO
PROF. (m)	: 0.00 - 10.00 m. NIVEL FREÁTICO : 1.20 8m
TÉCNICO	: LABORTEC E.I.R.L.
FECHA	: 19-05-2023



Ing. Rides Cayllan Jaramillo
CIP 15155067

ANEXO 12

PANEL FOTOGRÁFICO



Vista del puerto Malatoa (Centro Poblado de Cachicoto – Monzón), Punto donde se proyecta el inicio del puente Malatoa.



Vista panorámica del borde de cause del río Monzón, donde se proyecta muro de protección (Encorado) L=420 ml. + Descolmatación y encauzamiento



Vista panorámica del Puerto Malatoa, transbordo mediante lancha motorizada
Donde se proyecta el puente modular $L=165.72$ m.



Vista del acceso hacia las localidades del marque izquierdo del rio Monzón
(Matapalo, Camote, Pozo Rico, 14 de Febrero entre Otros)



Vista fotográfica del TESISTA y su equipo apoyo, encargado del levantamiento topográfico.



Vista fotográfica del TESISTA operando el equipo topografico.



Vista de la Toma de Medida de la profundidad del Rio Monzón – Batimetria.



Vista de la Toma de Medida de la profundidad del Rio Monzón – Batimetria.



Vista de la sección Transversal, donde se proyecta el Eje del puente.



Vista del medio de transbordo del del rio Monzón, (mediante Lancha motorizada), que son un potencial riesgos para la población usuaria



Vista fotográfica de la instalación de equipos para la prueba de campo de estudio de suelo por el método del sondeo eléctrico vertical margen Derecho



Vista fotográfica de la calicata o punto de intervención. Para el estudio y muestreo de suelo INSITU.



Vista panorámica del borde de cause del río Monzón, donde se proyecta muro de protección (Enrocado) L=830 ml. + Descolmatación y encauzamiento



Vista donde se proyectara el Estribo N° 01 del Puente.