



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Determinación hidrológica y modelamiento hidráulico
del río Huallaga tramo puente San Sebastián - puente
Calicanto – Huánuco, con fines de protección**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Cubas Villegas, Ronal Iván ([[rcid.or*/0000-0002-8771-2662](https://orcid.org/0000-0002-8771-2662)])

Ocaña Vasquez, Jose Florentino ([[rcid.or*/0000-0002-3949-0268](https://orcid.org/0000-0002-3949-0268)])

ASESOR:

Dl. Meza Rivas, Jorge Luis ([[rcid.or*/0000-0002-4258-4097](https://orcid.org/0000-0002-4258-4097)])

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al cambio climático

HUARAZ - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedicado de manera muy especial a mis padres por haberme forjado como la persona que soy, muchos de mis logros se lo debo a la formación que me brindaron, y el apoyo de las personas que más aprecio.

Cubas Villegas, Ronal Iván

Dedicado el presente trabajo de investigación a mi familia por su cariño, entereza y aliento, en especial a mis amados hijos Liam y Luhana quienes son motivación e inspiración y a todas aquellas personas, quienes me alentaron a persistir en mi meta trazada.

Ocaña Vásquez, José Florentino

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por haberme concedido la fortaleza y perseverancia necesarias para alcanzar este logro académico, además de agradecer por bendecir mi vida poniendo en mi camino a las personas adecuadas en el momento adecuado.

Cubas Villegas, Ronal Iván

Agradezco a Dios Todo Poderoso, por poner en mi senda a personas de bien que han sido un referente en mi formación profesional como: Manuel, Tomas y en especial a mi adorada abuelita Zoila, quien me brindo su amor y bondad. Y siempre la llevo en mi corazón a pesar de su descanso espiritual.

Ocaña Vásquez, José Florentino

índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	vii
Índice de figuras.....	viii
Resumen	ix
Abstrac.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática.	1
a. Global.....	2
b. Macro	3
c. Micro	3
d. Nano.	4
1.2. Planteamiento del problema.....	7
1.3. Justificación	7
1.4. Hipótesis.	9
1.5. Objetivos.....	9
1.5.1. Objetivo Principal.....	9
1.5.2. Objetivos Específicos.	9
II. MARCO TEÓRICO	10
2.1. ANTECEDENTES.....	10
2.1.1. TRABAJOS PREVIOS.....	10
2.2. BASES TEÓRICAS.....	16
2.2.1. HIDROLOGÍA:.....	17
2.2.1.4.1. Modelos físicos	19

2.2.1.4.2.	Modelo Matemático	19
2.2.1.4.2.1.	Modelo determinístico.....	19
2.2.1.4.2.2.	Modelo probabilístico	19
2.2.2.	Modelación Hidráulica	23
2.2.3.	Defensa ribereña	27
III.	METODOLOGÍA.....	31
3.1.	Tipo y diseño de investigación	31
3.2.	Variables y operacionalización.....	31
3.2.1.	Variable independiente.....	31
3.2.2.	Variables dependientes.....	31
3.2.3.	Operacionalización.....	32
3.3.	Población, Muestra y Muestreo.....	34
3.3.1.	Población.....	34
3.3.2.	Muestra.....	34
3.3.3.	Muestreo.....	34
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	34
3.4.1.	Técnicas.....	34
3.4.2.	Instrumentos.....	35
3.5.	Procedimientos.....	35
3.5.1.	Etapa de Campo.....	37
3.5.2.	Etapa de Gabinete.....	37
3.6.	Método de análisis de datos.....	37
3.7.	Aspectos éticos.....	38
3.8.	Desarrollo de Tesis.....	38
3.8.1.	Caracterización del área de estudio.....	38
3.8.2.	Estudio Hidrológico.....	39

3.8.3. Estudio Hidráulico.....	131
3.8.4. Propuesta de Diseño.	159
IV. RESULTADOS	161
4.1. Objetivo específico 1.....	161
4.2. Objetivo específico 2.....	162
4.3. Objetivo específico 3.....	163
V. DISCUSIÓN	164
VI. CONCLUSIONES.....	165
VII. RECOMENDACIONES.....	168
REFERENCIAS.....	169
ANEXOS.....	173

Índice de tablas

Tabla 1.	Periodo de retorno de diseño recomendado, para estructuras menores. ..	31
Tabla 2.	Matriz de operacionalización.....	39
Tabla 3.	Presupuesto.....	177

Índice de figuras

Figura 1. Ciclo hidrológico.	18
Figura 2. Modelo de formación de terrazas fluviales	28
Figura 3. Flujograma de actividades de la Investigación.	36

RESUMEN

En el planeta tierra, el componente más cuantioso es el agua, este elemento constantemente está en un proceso cambiante que interfiere directamente en la superficie de la tierra, además es un factor clave en la climatización de nuestro mundo. Los seres humanos necesitamos del recurso hídrico para satisfacer necesidades elementales como el abastecimiento de agua potable, la transformación en fluido eléctrico, en los procesos agrícolas y manufacturas.

Muchas veces el recurso hídrico es un limitante, para cumplir con satisfacer las necesidades humanas, generando con su escasez, un limitante para su uso y priorizándose necesidades fundamentales y por el contrario su abundancia en demasía ocasiona pérdidas en bienes inmuebles y en ocasiones hasta pérdidas de seres humanos. (pág. 1 Cahuana – Yugar 2009).

El recurso hídrico es una fuerza en constante cambio, encontrándose en la naturaleza en varios estados como elemento vital, enmarcado en el ciclo hidrológico permitiendo con ello analizar su dinámica, con la finalidad de poder proveer una serie de catástrofes que interfieran en las actividades propias del ser humano.

Los fenómenos hidrológicos, como el fenómeno del niño, presenta una potencia hídrica destructiva y que está asociado al cambio climático y a la intervención humana (pág. 5 Red de Estudios Sociales en prevención de desastres en América latina 1994).

Las Inundaciones a causa de los desbordes de los ríos, es la problemática que se busca analizar; las dramáticas consecuencias de desastre ante la falta de medidas de prevención, y políticas gubernamentales que coadyuvan a generar zozobra en la sociedad, en ocasiones con pérdidas económicas y humanas.

Palabras clave: Determinación, hidrológica, inundación, modelamiento y precipitación

ABSTRACT

On planet earth, the largest component is water, this element is constantly in a changing process that directly interferes with the earth's surface, it is also a key factor in the climate control of our world.

Human beings need water resources to satisfy basic needs such as drinking water supply, transformation into electricity, agricultural processes and manufacturing.

Many times the water resource is a limitation, to meet human needs, generating with its scarcity, a limitation for its use and prioritizing fundamental needs and, on the contrary, its excessive abundance causes losses in real estate and sometimes even loss of property. Humans. (p. 1 Cahuana - Yugar 2009).

The water resource is a force in constant change, found in nature in several states as a vital element, framed in the hydrological cycle, thus allowing to analyze its dynamics, in order to be able to provide a series of catastrophes that interfere in the activities of the human being.

Hydrological phenomena, such as the El Niño phenomenon, present a destructive water power that is associated with climate change and human intervention (p. 5 Red de Estudios Sociales en prevención de desastros en América latina 1994).

The Floods due to the overflow of the rivers, is the problem that is sought to be analyzed; the dramatic consequences of disasters due to the lack of prevention measures, and government policies that contribute to generating anxiety in society, sometimes with economic and human losses.

Keywords: Determination, hydrological, flooding, modeling and precipitation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

En el planeta tierra, el componente más cuantioso es el agua, este elemento constantemente está en un proceso cambiante que interfiere directamente en la superficie de la tierra, además es un factor clave en la climatización de nuestro mundo.

Los seres humanos necesitamos del recurso hídrico para satisfacer necesidades elementales como el abastecimiento de agua potable, la transformación en fluido eléctrico, en los procesos agrícolas y manufacturas.

Muchas veces el recurso hídrico es un limitante, para cumplir con satisfacer las necesidades humanas, generando con su escasez, un limitante para su uso y priorizándose necesidades fundamentales y por el contrario su abundancia en demasía ocasiona pérdidas en bienes inmuebles y en ocasiones hasta pérdidas de seres humanos. (pág. 1 Cahuana – Yugar 2009).

El recurso hídrico es una fuerza en constante cambio, encontrándose en la naturaleza en varios estados como elemento vital, enmarcado en el ciclo hidrológico permitiendo con ello analizar su dinámica, con la finalidad de poder proveer una serie de catástrofes que interfieran en las actividades propias del ser humano.

Los fenómenos hidrológicos, como el fenómeno del niño, presenta una potencia hídrica destructiva y que está asociado al cambio climático y a la intervención humana (pág. 5 Red de Estudios Sociales en prevención de desastres en América latina 1994).

Las Inundaciones a causa de los desbordes de los ríos, es la problemática que se busca analizar; las dramáticas consecuencias de desastre ante la falta de medidas de prevención, y políticas gubernamentales que coadyuvan a generar zozobra en la sociedad, en ocasiones con pérdidas económicas y humanas.

a. Global

En las regiones mediterráneas las inundaciones provocan mayores pérdidas económicas y humanas. En ocasiones pueden perturbar actividades agroindustriales, pecuarias, turísticas, comercio en general y servicios públicos en particular, tanto en el medio urbano como rural.

Estudios realizados creen que las principales razones de estas eventualidades climáticas obedecen al calentamiento global. Las inundaciones, en el continente europeo, están bien acentuadas. Las lluvias torrenciales propician dos consecuencias, la primera que origina el desborde de los ríos y la segunda acelera el deshielo.

En Alemania, julio del 2021 las inundaciones han dejado repercusiones entre ellas, 103 individuos fallecidos y más de 1300 desaparecidos, según los reportes de las autoridades competentes.

El segundo país más afectado fue Bélgica, quien registró por lo menos 20 fallecidos, Luxemburgo y Países Bajos también se vieron afectados con el temporal.

Ante el peligro latente del desborde de los ríos, países como Francia, Luxemburgo y Países Bajos, por intermedio de sus autoridades han solicitado a la población civil evacuar zonas de riesgo, como fue el caso de la provincia de Limburgo, quien pertenece a los Países Bajos.

En el año de 1995, producto de las torrenciales lluvias, los ríos Rin, Mosa y Sena, afectaron los países de Alemania, Bélgica, Holanda y Francia, quienes evacuaron a más de 250.000 habitantes a zonas más seguras y además se registraron 25 personas fallecidas. Las pérdidas materiales se cuantifican en aproximadamente 3.000 millones de dólares. (diario france 24, 15/07/2021)

b. Macro

En el país del Ecuador, específicamente en la región costera, las inundaciones son causadas primordialmente por las lluvias intensas, a esto hay que sumarle el resultado de las mareas altas (aguaje marino), cabe destacar que el incremento de las avenidas de los ríos o lagos adyacentes como resultado de las intensas lluvias que se registran en las zonas de mayor altitud de la región. Existen ciudades donde la topografía es plana, lo que origina que el escurrimiento de desagüe pluvial sea lento y exiguo, como sucede con las ciudades de Guayaquil, Machala y Babahoyo. Este problema queda acentuado cuando se presenta el fenómeno del niño, dejando ciudades inundadas por lluvias extraordinarias y en época de menos precipitaciones como la que se registra en el fenómeno de la niña. Siendo más evidente en la ciudad de Machala. (pág. 3-26, Revisita La Granja)

En Colombia, la Institución Estatal, IDEAM, mediante el [Estudio Nacional del Agua \(2018\)](#) pudo identificar una superficie aproximada del 17% correspondiente a la superficie continental del territorio colombiano con escenarios propicios a inundación, el cual equivale a un área 190 935 Km². En la indicada investigación, se pudo establecer que en el territorio se viene exponiendo una evolución antrópica de las Zonas Potencialmente Inundables (ZPI.)

En el área hidrográfica de Magdalena – Cauca, 34.792 km² de las ZPI, se transformaron en territorios agrícolas o zonas artificiales, lo que simboliza el 18,2 % de dicho lugar. Así mismo, en la zona hidrográfica del Caribe, las variaciones en las ZPI obtienen aproximadamente hasta un 80 %.

c. Micro

De forma similar, el Perú no es ajeno al ciclo meteorológico del evento del niño, que anteriormente azotaba principalmente a la región costera, hoy en día con el cambio climático, la incertidumbre de donde y cuando se presentarán estas precipitaciones intensas es una gran interrogante. En el

año 2017 se presentó el fenómeno del niño, que provocó desastres generando: 231,874 damnificados, 143 fallecidos, 25,700 viviendas inevitables. Según el reporte del SINPAD (<https://www.paho.org/es/peru/emergencia-por-impacto-fenomeno-nino-costero-peru-2017>).

El día 03 de marzo de 1994, el incremento abrupto del río Rimac, inundó los domicilios humildes de los residentes de Cambetta Baja y barrios adyacentes a la zona afectada en el Callao, en horas de la noche, afectando a 10,754 habitantes, de los cuales 427 casa colapsaron y más de medio millar de asentamientos fueron afectados por el desborde del río hablador en el puerto del callao.

El afluente del Rímac, forma una aérea hidrográficas, que representa una de las más importantes del país, no solamente permite el abastecimiento de agua a la capital, sino que concentra dos vías de transporte, una es la carretera central y otra es la línea férrea, utilizando como vínculo comercial entre la capital con el centro de país y contienen además, importaciones y exportaciones marítimas y aéreas, pero la sobrepoblación en la capital a invadido zonas susceptibles a inundaciones de los valles del río Rímac, siendo más vulnerables los pobladores que radican en las riberas del río. (pág. 8 Red de Estudios Sociales en prevención de desastres en América latina 1994).

d. Nano.

El 18 de marzo de 2017, en el departamento de Huánuco, se produjo fuertes precipitaciones que originó el incremento del caudal del río Huallaga, afectando la localidad de Huaracaya, en la provincia de Ambo donde se registró 20 viviendas afectadas por la inundación, se registró un desaparecido, la plataforma en dicho punto colapsó afectando el tránsito en la carretera central, las aguas también arrastraron camiones y un tráiler. Los pasajeros que viajaban de Huánuco a la capital, tuvieron que realizar un

trasbordo, escalando el cerro para llegar a su destino. Centenares de vehículos permanecieron encallados desde la zona de San Rafael hasta Ambo.

La alcaldesa provincial de Ambo, aseveró que se ejecutaron las coordinaciones con Provias Nacional e INDECI, para atender la emergencia que incluye la interrupción del servicio del flujo eléctrico y del abastecimiento en Huallya y Huaracaya. (<https://tvperu.gob.pe/noticias/regionales/huanuco-desborde-del-rio-Huallaga-deja-un-desaparecido>)

El 20 de diciembre del 2019, provincia y departamento de Huánuco por efecto de las fuertes precipitaciones se incrementó el río Huancachupa, afluente del río Huallaga afectando viviendas, alrededor de la medianoche, el aumento del río hizo que colapsarán las plataformas de las fajas marginales y algunas construcciones comenzaron a ceder.

A la altura del puente Huacachupa, se pudo observar que el caudal del río había recuperado el cauce que en algún momento tuvo. La escorrentía producto del desborde del río devastó con árboles, piedras y todo lo que encontró en su camino.

Según reporte oficial de la Oficina Regional de Defensa Civil, producto de la inundación del río, dos viviendas acabaron colapsadas y cuatro inundadas; asimismo, las aguas erosionaron unos 100 metros de la plataforma de la vía que une el centro poblado de Huancachupa y el distrito de San Francisco de Cayrán; así mismo afectó el recinto del Archivo Central del gobierno regional.

El jefe del INDECI Huánuco, Sr. Carlos Pinillos, manifestó que no se reportaron pérdidas humanas, ni heridos, debido a los trabajos preventivos bajo su tutela, que minimizó los daños del desborde del río y solo se reportaron deslizamientos de tierra y piedras.

“El río Huallaga es un riesgo concurrente por el escaso mantenimiento”, dijo Pinillos, en indicación de aviso, al manifestar que este río registró desbordes en diversos lugares de la región (Periódico Local Tu Diario).

Fundamento teórico

Ante este escenario es importante manejar políticas preventivas ante desastres naturales que ponen en una situación potencialmente peligrosa la vida de las personas, infraestructura estatal o particular, generando pérdidas económicas para el estado peruano.

La hidrología es una rama de las ciencias abstractas intrínseca a la ingeniería, que trata de analizar e inferir mediante datos meteorológicos, climatológicos e hidráulicos las características hidrométricas que discurren en una cuenca, permitiéndonos generar pronósticos estadísticos para predecir caudales de máxima avenida y compone el punto de inicio para la organización referente a la construcción de obras hidráulicas ya sea para embalse, derivación o de protección. (pág. 1 Chereque 1972).

Otro punto fundamental es conocer las características morfológicas e hidráulicas del río como la pendiente del lecho, la velocidad del flujo, el área hidráulica, entre otros elementos, que nos permita determinar el comportamiento de flujo del río en épocas de crecida, en la actualidad se cuenta con programas de computadora que nos permiten vislumbrar zonas de inundación ante un caudal de máxima avenida, tal es el caso del Hec Ras, software utilizado en el presente estudio.

La presente tesis trata de absolver un problema, mediante la determinación hidrológica y modelamiento hidráulico del río Huallaga, se podrá calcular la protección en la zona urbana de Huánuco, tramo puente San Sebastián, puente calicanto, en dicho lugar se encuentra asentado viviendas y negocios, que en épocas de lluvia (diciembre – marzo) el cauce del río incrementa su caudal abruptamente generando zozobra, inclusive en varias oportunidades ha llegado a bordear la orilla del río, lo que ha originado que el muro de

tabiquería que protege al malecón viña del río se vea afectado por la erosión. En la actualidad se observa varios tramos del muro colapsado, es por ello la importancia de realizar un estudio hidrológico y el modelamiento hidráulico que permita determinar el tirante máximo para un caudal donde la eventualidad calculada será para 50 años y salvaguardar con ello, la integridad de las personas y negocios de dicho tramo.

1.2. Planteamiento del problema.

¿Con la determinación hidrológica y modelamiento hidráulico del río Huallaga, tramo puente San Sebastián - puente Calicanto - Huánuco, se identificará las zonas con riesgo de desborde con fines de protección?

La eventualidad de los fenómenos climáticos, asociados al calentamiento global, genera una incertidumbre en el comportamiento de los ríos en general y más aún si se suman a ello la falta de políticas de prevención, que puedan minimizar cualquier zona de riesgo por inundación en zonas pobladas, es allí que surge la ingeniería para analizar aspectos hidráulicos e hidrológicos en épocas de máxima avenidas identificándose puntos críticos de inundación y planteándose alternativas de solución, tal como se proyecta en el presente estudio.

Frente a esta problemática el uso de software, es una herramienta que simplifica una matriz compleja y nos permite emplear modelos matemáticos, de manera confiable ante el comportamiento hidráulico de los ríos, por consiguiente, la importancia de la utilización del software HEC RAS, para evaluar caudales de máxima avenida e identificar zonas críticas de inundación para diferentes periodos de retorno, y que es la incógnita de la presente tesis.

1.3. Justificación

La presente tesis, tiene su justificación frente a preocupante problemática de inundaciones producto de las precipitaciones de alta intensidad que se vienen presentando en la región de Huánuco, las que, al encontrarse en la zona urbana,

causa daños a la infraestructura urbana, vial, problemas a la salud humana y afectación a las actividades productivas propias de la zona urbana.

Asimismo la falta de estudios relacionados al análisis de la hidrología de la cuenca del río Huallaga y su comportamiento en épocas de avenida no ha permitido tener un registro histórico de los máximos caudales con la finalidad de poder anticiparnos ante una eventualidad de desborde que ponga riesgo las áreas en estudio, además de la falta de una política de prevención por parte de las autoridades involucradas, genera una incertidumbre en épocas de lluvia entre los meses de diciembre – marzo, donde el río Huallaga sufre un incremento abrupto de su caudal, así como de los ríos aportantes (Higueras y Huertas) haciendo más notorio dicho incremento y acentuando un peligro en el tramo crítico desde el puente San Sebastián hasta el puente Calicanto donde es una zona comercial de la ciudad de Huánuco.

La caracterización de la amenaza de inundación en el presente estudio y acorde a la metodología propuesta, se ha llevado a cabo a nivel del tramo seleccionado, realizando su correspondiente estudio hidrológico y modelización hidráulica empleando datos estadísticos de aforo y lluvia para los periodos de retorno considerados (5, 25, 50) y datos de inundaciones históricas para calibrar y ajustar los resultados proporcionados por la modelización, la cual se realizará mediante la aplicación de un modelo matemático usando el Hec-RAS que permitirá obtener la extensión de la inundación, los valores de calado y velocidad del agua en los distintos puntos del tramo estudiado.

Con el presente estudio, se pretende identificar el tramo crítico en la zona urbana de Huánuco, comprendido desde el puente San Sebastián hasta el puente Calicanto, donde existe unos muros de tabiquería no estructurales, que en épocas de avenida ha producido socavación, originado varias partes del muro colapsen, es por ello la importancia de conocer las condiciones hidrológicas y las características hidráulicas del tramo del río descrito con la finalidad de garantizar un diseño estructural acorde al tirante máximo del NAME (Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias) que impida cualquier desborde del río.

El resultado del estudio permitirá plantear la medida de prevención más adecuada orientada a reducir la vulnerabilidad en la zona urbana, el cual también formará parte del presente estudio, de tal forma que se pueda minimizar o reducir las pérdidas causadas en dichos escenarios; como el de las casas y negocios colindantes al río y que presentan un alto nivel de riesgo.

1.4. Hipótesis.

La determinación hidrológica y modelamiento hidráulico del río Huallaga, tramo puente San Sebastián - puente Calicanto – Huánuco, permitirá identificar las zonas con riesgo de desborde, con fines de protección.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo Principal.

Determinar el estudio hidrológico y modelamiento hidráulico del río Huallaga, tramo puente San Sebastián - puente Calicanto – Huánuco, que permita determinar los sectores con riesgo de desborde, con fines de protección.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Determinar el estudio hidrológico de la cuenca del río Huallaga en el tramo de estudio, que permitirá establecer el cálculo de las eventualidades de máxima avenida a fin de obtener los diferentes periodos de retorno.
- Realizar el estudio hidráulico del río Huallaga en el tramo puente San Sebastián - puente Calicanto para realizar el modelamiento e identificar las zonas con riesgo de inundación.
- Definir la propuesta de estructura de protección en el tramo crítico a identificar.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.

Se tienen reportes que, en los años 2006, 2008, 2010 y 2017, en el río Huallaga han ocurrido inundaciones producto del caudal de máxima avenida, afectando en promedio un 90% de los pobladores que viven circundante al lecho del mencionado río. Las estructuras de defensa ribereña planteadas se ven rebasadas por el máximo caudal, que cada año causan problemas de erosión, socavación de la plataforma de vías y el riesgo latente de que colapse la infraestructura hidráulica del bien público.

La provincia de Leoncio Prado se ve afectado en épocas de lluvia al desbordarse el río Huallaga, afectando la infraestructura social (agua potable, suministro eléctrico, instituciones públicas, centros educativos, entre otros.), y se acompaña la polución de las aguas de abastecimiento poblacional con la adición o mezcla de las aguas residuales del dren colector Cocheros y las aguas crecientes que arrastran desechos sólidos y líquidos a su paso.

Con fecha 29 de junio del 2011, el SINPAD registro el reporte de inundaciones (zona del tramo en evaluación), afectando las Viviendas, instituciones, carretera puentes, locales comerciales, comunales, y servicio de fluido energético interrumpida por el grado de peligrosidad, tomando como medidas inmediatas la ayuda alimentaria y salud. (pág. 6 Municipalidad Leoncio Prado – Huánuco 2012)

2.1.1. TRABAJOS PREVIOS

2.1.1.1. INTERNACIONALES

“Estudio del comportamiento hidrológico e hidráulico del vallado ubicado en la avenida la conejera respecto a la nueva realineación de la reserva Tomás Van Der Hammen propuesta por la alcaldía de Bogotá.”

(Quevedo y Velandia, 2020). La presente investigación ha tenido como fundamento el Análisis y la evaluación del comportamiento hidrológico e hidráulico del vallado principal localizado en la conejera respecto a la actual y nueva Realineación de la reserva Tomas Van Der Hammen.

Desarrolló una metodología analítica en base a cuatro (04) fases, la primera fase, consistió en ejecutar el proceso de análisis de la investigación primaria, como exploraciones elaboradas por instituciones estatales referentes al tema de estudio, la segunda fase, se enfocó en realizar trabajos de campo y el procesamiento del estudio hidrológico a la zona donde se ubica el vallado y la tercera fase, consistió en elaborar los planos y realizar el dimensionamiento de la zona de influencia de vallado y se realizó remodelación con el software para evaluar el comportamiento hidráulico. Cuarta fase, se orientó en el análisis de las áreas de afectación y zona críticas donde existe un mayor grado de riesgo al evaluar distintos periodos de retorno, que dieron como resultado las características particularidades hidrológicas del lugar en estudio y características del suelo. Lográndose realizar la modelación hidráulica con el HEC – HMS para los periodos de retoro de 5,10,20, 25 y 50 años. Para la zona urbana que comienza desde del vallado principal a lo extenso de la avenida coneja hasta la desembocadura del río Bogotá, permitiendo ampliar el área de reserva Tomás Van Der Hammen y conocer las potenciales inundaciones en las áreas contiguas a la reserva, así mismo analizar el sistema de drenaje pluvial propio de la construcción de urbanizaciones y edificaciones propuestos por la alcaldía.

Una propuesta técnica es tener la realineación de la reserva Tomás Van Der Hammen, acorde a los caudales emanados en la zona de investigación, donde se tendrá que aumentar el vallado principal, con una nueva organización de sistemas de drenes, como los que presenta la ciudad en la actualidad y que consta de: sumideros, sistema de drenaje pluvial, colectores, canales y cunetas.

La presente tesis nos permite enmarcar los pasos que se debe de seguir a fin de efectuar un estudio hidrológico e hidráulico con fines de protección o ampliación de una determinada zona urbana o rural.

“Evaluación hidrológica e hidráulica de la quebrada la chorrera para la verificación de los caudales máximos y mínimos en la captación del centro poblado la Magdalena, municipio de Quebradanegra – Cundinamarca.”

(Torres y Martínez, 2016). Tuvo como objetivo analizar los caudales máximos y mínimos en el afluente la chorrera para determinar la ubicación y tipo de captación, en forma teórica y plantear la mejor propuesta en el centro poblado la Magdalena del municipio Quebradanegra.

Ha desarrollado una metodología analítica en base a dos (02) fases, la primera ha consistido en determinar el estudio hidrológico de las características de la cuenca en la zona de estudio donde ha realizado los datos que servirán para apoyarse del software HEC HMS y la segunda fase se ha basado en el desarrollo de la temática hidráulica en base a la topografía del lecho del afluente la Chorrera realizándose la simulación hidráulica a través del HEC RAS.

De acuerdo al análisis de estudio se determinó, las características hidrológicas de la cuenca de la quebrada la chorrera para estimar los caudales máximos para un periodo de retorno de 100 años, con la ayuda del software HEC RAS se realizó el modelamiento hidráulico en la captación para determinar el tirante máximo y con ello definir la estructura de captación y obras complementarias, así mismo se calculó los caudales mínimos en períodos de estiaje afín de garantizar el recurso hídrico para el centro poblado de quebrada negra.

El estudio permite calcular el escurrimiento de salida de la cuenca definida para un evento de retorno de 100 años, así mismo se determinó las secciones transversales del cauce en condiciones mínimas para determinar la ubicación estratégica de la bocatoma en la quebrada la Chorrera.

Este tipo de estudio sustenta la importancia de conocer la metodología de los estudios hidrológicos e hidráulicos para resolver una incertidumbre respecto a la ejecución de obras hidráulicas con fines de abastecimiento, utilizando softwares como el HEC HMS y HEC RAS para la mejor decisión ingenieril.

2.1.1.2. NACIONALES

“Análisis de máximas avenidas del río Tumbes con fines de diseño de defensa riveraña para los sectores agrícolas: Santa María - Cabeza Lagarto- Cruz Blanca – Provincia de Tumbes.”

(Carrillo y Valencia. Tesis. 2019). Tuvo como objetivo efectuar el estudio que permitiera evaluar los caudales máximos de avenida del río tumbes para establecer la propuesta de la defensa ribereña en los sectores agrícolas: Santa María - Cabeza Lagarto- Cruz Blanca.

La metodología utilizada por los tesisistas, se fundamenta en tres pasos secuenciales que la ha descrito: Pre-proceso, donde utiliza software como el ArcGIS y la información topográfica para delimitar el área de estudio, el proceso que consiste en la ejecución del modelo, cálculos hidrológicos con la ejecución del software y pos-proceso, que es la visualización del análisis del flujo 2D en el entorno gráfico RAS Mapper

Presentan su tesis con la finalidad de determinar el caudal máximo que puede ocurrir en la cuenca del río tumbes para un periodo de retorno de 50 años y poder estimar las condiciones hidráulicas del lecho del río tumbes mediante el modelamiento hidráulico con ayuda del software HEC RAS y estableciendo así una defensa riveraña en las zonas críticas de Santa María - Cabeza Lagarto- Cruz Blanca, proponiendo un dique enrocado.

Se comprobó que para un tiempo de retorno de 50 años el caudal máximo corresponde a 3,476.77 m³/s, con un tirante de 1.70m en las áreas agrícolas inundando 327 ha en la margen derecha y 260 ha en la margen izquierda del sector del río Tumbes, con lo cual se tendrá que construir una defensa

riveraña de 3,983 ml. una altura del muro de 7m., un ancho de corona de 4 m. y una profanidad de cimentación de 4m.

La presente tesis es un referente para estudios similares que enfoquen la evaluación y análisis de caudales de máxima avenida en los ríos, con la finalidad de prevenir inundaciones que afecten directamente áreas agrícolas, perjudicando el desarrollo de nuestro país.

“Determinación de zonas inundables mediante simulación hidráulica bidimensional aplicando HEC RAS 5.0 en un tramo del río Huancabamba, desde la quebrada chula (km. 2.42) hasta la quebrada lungulo (km. 5.51), provincia de Huancabamba, departamento de Piura.”

(Olivares, 2018). Tuvo como objetivo, realizar un análisis de las zonas inundables por intermedio del modelo matemático del programa HEC-RAS v.5.0 en el sector donde se ubica del afluente Chula (Km 2.42) hasta el afluente del Lungulo (Km 5.51) del lecho del Río Huancabamba.

La metodología utilizada es analítica y descriptiva enfocándose en la hidrología de la cuenca analizada apoyándose en la aplicación del modelamiento del río por intermedio del programa HEC RAS donde se logró evaluar el tramo con el objetivo de establecer zonas sensibles a inundación con periodos de retorno TR=25 años, TR=50 años y TR=100 Años y finalmente obtener las secciones transversales en las zonas inundables del cauce.

El estudio demostró que para 25, 50 y 100 años, se presentó un flujo inestable de agua cuyos valores fueron de 325.00 m³/s, 348.80 m³/s y 370.60 m³/s respectivamente, además se evaluó la pendiente del fondo del cauce, siendo esta muy erosionable al encontrarse un rango de 2.25%, en su totalidad se logró determinar 6 lugares inundables (2 a la margen izquierda y 4 a la margen derecha del Río Huancabamba).

La presente tesis aporta conociendo al desarrollo hidrológico y modelamiento hidráulico, que pueda orientar a generar planes de organización y control de riesgos, que prevea temas de inundación

utilizando softwares como el HEC RAS que nos aporten datos fiables, a fin de tomar decisiones en temas preventivos.

2.1.1.3. LOCALES

“Modelación hidrológica e hidráulica del río tirishuanca para la identificación de zonas inundables en la localidad de molino, distrito de molino, provincia de Pachitea, departamento de Huánuco”.

ROJAS Aldava, Jefferson Rossell Jonás. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. 2018. pág. 190.

La presente investigación elaborada por el tesista ha tenido como objeto, determinar zonas de inundación del río tirishuanca entre el malecón Molino (margen Izquierda del río) y el barrio Ulcumanos (margen derecha del río), mediante el modelamiento de la sección hidráulica del mencionado río para caudales de máxima avenida de terminándose mediante la hidrología estadística para 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, 200 años y 500 años, con ayuda del software HEC RAS.

“Aplicación de la simulación hidrológica e hidráulica con sistemas de información geográfica para la identificar las áreas de inundación del río Huallaga en el tramo Huaylla – Ambo”.

CORDOVA Mendoza, Derly Pablo. Tesis. (Ingeniero Civil). Universidad Nacional Hermilio Valdizan. Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura. 2017. pág. 180.

El estudio tuvo como objetivo, conocer áreas de inundación, apoyándose en el análisis hidrológico para generar los caudales de máxima avenida para periodos de retorno de 10 años, 25 años, 50 años, 100 años, 200 años y 500 años y lograr la simulación hidráulica del afluente del Huallaga en el sector Huaylla – Ambo sustentándose mediante programas asistido por computadora como el Arc-Gis, HEC-HMS y el HEC-RAS.

El presente estudio ha sistematizado el proceso de datos recogidos de las estaciones meteorológicas aledañas, a fin de determinar el estudio hidrológico, realizar el modelamiento hidráulico del tramo en mención, e identificar los puntos críticos de inundación, el cual permitirá identificar la alternativa más adecuada a desarrollarse con fines de prevención.

De acuerdo al análisis hidrológico y modelación hidráulica del tramo en estudio se identificó las zonas inundables que ponen en riesgo a la zona urbana de Huánuco, dicha información será la base para el diseño de infraestructura de protección. Es pertinente la implementación del estudio debido a que la zona en estudio es vulnerable a inundaciones debido a eventos extraordinarios de precipitación.

El presente estudio contribuye a minimizar pérdidas de vidas humanas, daños a la infraestructura estatal y privada circundante a la zona de estudio y a su vez puede ser tomado como modelo para ser aplicado en zonas similares con riesgo a inundaciones.

2.2. BASES TEÓRICAS

Para la realización del presente estudio se utilizarán los conocimientos de hidrología e Hidráulica.

Para la determinación del estudio hidrológico se recogerá información de datos obtenidos de las estaciones meteorológicas pertenecientes a los lugares de Pasco, San Rafael y Huánuco, debido a que la cuenca hidrográfica de Huallaga nace en el departamento de Pasco y atraviesa las provincias de Pasco, Ambo y Huánuco, para un evento máximo de avenida de 50 años.

Con respecto al análisis hidráulico, será necesario identificar las características Hidráulicas en mínimos caudales y máximas avenidas para el período de retorno de 50 años, como son el Tirante máximo del río, Velocidad del flujo en máxima avenida, Área Hidráulica, Perímetro Mojado, Radio Hidráulico, Energía Específica, N° de Froud.

Con los datos hidráulicos obtenidos y las características topográficas de la sección en estudio, se conseguirá efectuar el cálculo del área inundable, para un acontecimiento de tiempo de retorno de 50 años.

Dicha información hidrológica, hidráulica, topográfica y de suelos servirán para el diseño de la estructura de protección.

2.2.1. HIDROLOGÍA:

La hidrología deriva del vocablo griego: logos: tratado; nos indica que es la ciencia natural geográfica que se dedica a la distribución espacial y temporal sobre y debajo de la superficie terrestre de su ocurrencia, distribución, circulación, cuantificación, utilización y de las propiedades del agua presentes en la atmósfera, en la superficie terrestre y debajo de ella. Esto incluye las precipitaciones, la escorrentía superficial y subterránea, la humedad del suelo, la evaporación y el equilibrio de las masas glaciares. (Pág. 15. Gutiérrez Caiza)

2.2.1.1. Elementos climatológicos.

2.2.1.1.1. Precipitación

Es un elemento fundamental del ciclo hidrológico y se toma como el inicio de los análisis de las componentes. La precipitación al igual que la temperatura es un parámetro dependiente de la variación altitudinal (pág. 15-16, Chereque).

2.2.1.1.2. Temperatura

La temperatura decrece normalmente con la altura. Este decrecimiento de la temperatura con la altura recibe la denominación de Gradiente Vertical de Temperatura (G.V.T.), definido como un cociente entre la variación de la temperatura y la variación de altura, entre dos niveles. En la troposfera el G.V.T. medio es de aproximadamente $6,5^{\circ}\text{C}/1000\text{ m}$. (pág. 19 y 20, Linsley)

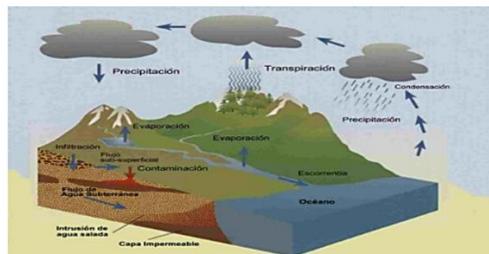
2.2.1.1.3. Humedad relativa

Es la humedad que contiene una masa de aire, en relación con la máxima humedad absoluta que podría permitir sin producirse condensación, guardando las mismas condiciones de temperatura y presión atmosférica. (pág. 54, Breña).

2.2.1.2. ciclo hidrológico.

Es un fenómeno natural de circulación del agua entre la superficie terrestre y la atmósfera, provocado fundamentalmente por la energía solar y la energía gravitacional y viene hacer el conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.). Una muestra de ello son los periodos de sequías y de inundaciones, que ocurren. (Pág. 05. Cahuana – Yugar).

Figura 1. *Ciclo hidrológico.*



Puente: Cahuana – Yugar.

2.2.1.3. Sistemas hidrológicos.

Conjunto de elementos y procesos relacionados entre sí, su objetivo es estudiar el comportamiento del sistema y predecir su salida; siendo una aproximación al sistema real. (Pág. 37. Gutiérrez Caiza).

2.2.1.4. Modelos hidrológicos

La modelación hidrológica surge de la necesidad de estimar las magnitudes de las variables que intervienen en el ciclo hidrológico y pueden derivarse en dos categorías.

2.2.1.4.1. Modelos físicos

Son aquellos que representan al sistema a una escala reducida, como por ejemplo un modelo hidráulico representado por un vertedero de demasías de una presa. Dentro de estos modelos se encuentran los modelos analógicos que usan otro sistema físico con propiedades similares a las del prototipo, por ejemplo, en agua subterránea un modelo eléctrico basado en la analogía matemática baso en la ley de Darcy y la ley de Ohm.

2.2.1.4.2. Modelo Matemático

Representan el modelo hidrológico en forma abstracta, mediante un conjunto de ecuaciones que relacionan variables de entrada y salida. Estas variables pueden ser funcionales en el tiempo y espacio, y también pueden ser variables probabilísticas o aleatorias. (Pág. 39. Gutiérrez Caiza).

2.2.1.4.2.1. Modelo determinístico.

Estudia los fenómenos hidrológicos bajo leyes físicas o analíticas, considerando la relación causa-efecto, sin tener en cuenta las condiciones aleatorias del fenómeno o sus componentes.

2.2.1.4.2.2. Modelo probabilístico

El modelo probabilístico se formula siguiendo las leyes de la probabilidad, mediante las estaciones meteorológicas, se pueden registrar las variables climatológicas tales como la temperatura, precipitaciones, caudales u otras registradas en un determinado periodo de tiempo. (pág. 1, Vargas, Philippe).

Dentro de la hidrología probabilística, el análisis de frecuencia, es una herramienta que trata de pronosticar el comportamiento de los caudales y de las precipitaciones dentro de un intervalo de tiempo y en un lugar en específico (análisis de estudio).

La metodología empleada se basa en metodologías estadísticas que logran evaluar o establecer la importancia y magnitud de las series históricas que

se ven interrelacionados a un periodo de retorno. Su autenticidad dependerá en qué medida se estudian los parámetros de calidad y longitud de la serie histórica (Zela, pág.13).

A continuación, se describe los principales métodos probalísticos, empleados en el presente estudio:

- Distribución Log Normal de 2 Parámetros,
- Distribución Log Pearson Tipo III,
- Distribución Valor Tipo I (Gumbel).

Distribución Log Normal 2 Parámetros

La función de distribución de probabilidad es:

$$P(x \leq x_i) = \frac{1}{S\sqrt{(2\pi)}} \int_{-\infty}^{x_i} e^{\left(\frac{-(x-\bar{X})^2}{2S^2}\right)} dx$$

Donde: \bar{X} y S son parámetros de distribución.

Distribución Log Normal de 3 parámetros

La función de densidad de x es:

$$f(x) = \frac{1}{(x - x_0)\sqrt{(2\pi)S_y}} e^{-1/2\left(\frac{\ln(x-x_0)-u_y}{S_y}\right)^2} \quad (5)$$

Para $x > x_0$

Donde:

X_0 = Parámetro de posición

U_y = parámetro de escala o medida.

S_y^2 = parámetro de forma o varianza.

Distribución Log Pearson tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)} \quad (6)$$

\

$$X_0 \leq x < \infty$$

$$-\infty < X_0 < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

X_0 = Parámetro de posición.

γ = Parámetro de forma.

β = Parámetro de escala.

(MTC, 2011, pág.26-30):

2.2.1.5. Geomorfología de la Cuenca

2.2.1.5.1. Cuenca hidrológica

Está definido por el territorio para el manejo de los recursos naturales, fundamentalmente agua, suelo y vegetación, cuya característica principal es que el agua de lluvia que cae en esa superficie y escurre hacia un cauce común. Es decir que, toda el agua acumulada desemboca ya sea en un afluente más grande, una laguna o el mar e incluye las aguas subterráneas. (pág. 08. Sánchez, García, Palma).

2.2.1.5.2. Cuenca hidrográfica

Es el área delimitada por los puntos de mayor nivel topográfico (divisoria), que drena toda la precipitación que cae sobre ella, concentrando la esorrentía en un curso de descarga. (pág. 45, Gutiérrez).

2.2.1.5.3. Características físicas de una cuenca.

2.2.1.5.3.1. Área de drenaje

Es la representación horizontal del terreno, delimitada por la divisoria topográfica y puede ser expresada en Km², Ha u otra unidad de superficie.

2.2.1.5.3.2. Perímetro de la cuenca

Es la longitud total de la divisora de aguas expresado en km u otra unidad de superficie.

2.2.1.5.3.3. Forma de la cuenca

La forma de la cuenca interviene en el valor del tiempo de concentración, definido como el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya al flujo en la sección en estudio.

2.2.1.5.3.4. pendiente

Controla la velocidad de la escorrentía superficial y está directamente relacionada con la infiltración, contribuyendo al acuífero. (Pág. 52. Gutiérrez Caiza).

2.2.1.5.4. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.

2.2.1.5.4.1. Índice de compacidad

Conocida también como el índice de Gravelius (K_c), Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

Las cuencas redondeadas tienen tiempos de concentración cortos con gastos picos muy fuertes y recesiones rápidas, mientras que las alargadas tienen gastos picos más atenuados y recesiones más prolongadas.

$$K_c = \frac{P}{2\pi R} = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

K_c =coeficiente de compacidad

P =perímetro de la microcuenca (Km)

A= área de la microcuenca (Km²)
(pág. 49 y 50, Gutiérrez).

2.2.1.5.4.2. Factor de forma de la cuenca

El factor de forma (Kf) es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca (L) se mide siguiendo el curso del agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. El ancho medio (\bar{L}) se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud de la cuenca:

$$K_f = \frac{\bar{L}}{L} = \frac{\frac{A}{L}}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

Kf= factor de forma

A=área de la microcuenca (Km²)

L= Longitud de Max. Recorrido de la cuenca (Km)

2.2.2. Modelación Hidráulica

La modelación hidráulica, permite resolver el problema de diseñar una estructura con un grado de razonabilidad entre la estructura proyectada y el medio circundante, lo que permite garantizar aspectos de eficiencia, seguridad y costo, estos modelos idealizados, tratan de predecir el comportamiento de los fenómenos que ocurren en la naturaleza y que son complejos de resolver únicamente con métodos matemáticos. (Pág. 3, Rocha).

2.2.2.1. Caudal máximo

Se definen como la magnitud del caudal de diseño, es función directa del periodo de retorno que se le asigne, el que a su vez depende de la importancia de la obra y de la vida útil de esta. (pág. 241 Villon máximo).

2.2.2.2. Periodo de retorno

Se puede conceptualizar como un evento extremo promedio en el tiempo (en años), en el cual se repite el fenómeno de una precipitación extraordinaria en la cual se piensa que será igualado o superado. (pág. 68, Breña, Villa).

Se desprende la siguiente fórmula.

$$P = \frac{1}{T} \quad \text{o} \quad T = \frac{1}{P}$$

En la siguiente tabla se tiene los periodos de retorno propuestos, que permiten obtener rangos de variación establecida.

Periodo de retorno de diseño recomendado, para estructuras menores.

Tipo de Estructura	Periodo de retorno (años)
Puente sobre carretera Importante	50-100
Puente sobre carretera menos Importante o alcantarillas sobre carretera importante	25
Alcantarilla sobre camino secundario	5-10
Drenaje lateral sobre los pavimentos, donde puede tolerarse encharcamiento con lluvia de corta duración.	1-2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2-10
Drenaje agrícola	5-10
Muros de encauzamiento	2-50
Alcantarillas para carreteras	1.1 -5

Fuente: Máximo Villon Béjar (2016, p22).

2.2.2.3. Simulación Hidráulica

Es la asistencia a la ingeniería por computadora, que permite la simulación de fenómenos reales, tratando de analizar problemas complejos propios al área de la hidráulica, permitiendo evaluar un determinado evento. (pág.23, López R. L.)

2.2.2.4. HEC RAS

El HEC RAS, es un software, desarrollado por el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos de Norte América del centro de ingeniería (HEC), que permite calcular los perfiles hidráulicos, ya sea para flujos subcríticos, como para flujos supercríticos. Considerado en puentes, vertederos y otras obras hidráulicas.

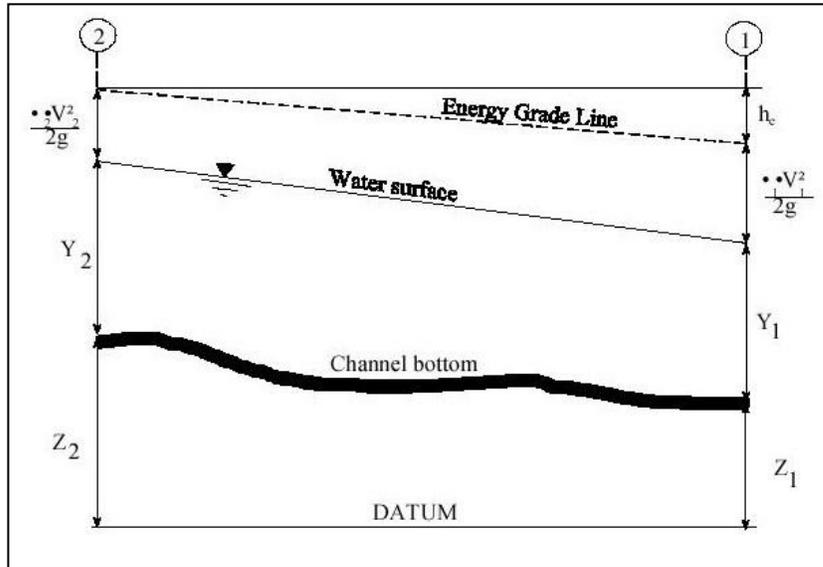
El programa es capaz de realizar el cálculo del perfil dimensional de espejos de agua para flujos laminares gradualmente variados en cauces naturales o artificiales. (pág. 82-83, LÓPEZ)

Para determinar la elevación de la superficie de agua en una sección transversal, se procede a calcular en forma iterativa las Ecuaciones 1 y 2. La Ecuación 1, es conocida como Ecuación de la Energía.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

Y1, Y2	= Profundidad del agua en la Sección Transversal.
Z1, Z2	= Elevación del lecho del tramo.
V1, V2	= Velocidades promedio (Q total/A total)
α_1, α_2	= Coeficientes de velocidad
g	= Aceleración de la gravedad
he	= Pérdida principal de Energía.



La pérdida principal de energía (h_e) entre dos secciones transversales está relacionada con pérdidas por fricción y pérdidas por contracción y expansión. La ecuación para la pérdida principal de energía se aprecia en la ecuación 2.

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left[\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right] \quad \text{Ecuación (2)}$$

Donde:

L = Longitud del tramo

\bar{S}_f = Pendiente de fricción entre dos secciones.

C = Coeficiente de pérdida por expansión o contracción.

2.2.3. Defensa ribereña

Son estructuras que se construyen dentro del cauce de un río, utilizadas para prevenir, corregir o controlar desbordes en épocas de máxima avenida. (Pag. 1. Mayhuire Uquichi, Adrián)

Dentro del análisis del diseño de obras de defensa ribereña es importante conocer la geomorfología, a fin de establecer una estructura acorde a la dinámica del río. (Pag. 22. Mayhuire Uquichi, Adrián)

2.2.3.1. Geomorfología fluvial

2.2.3.1.1. Río

Se define como un sistema dinámico de flujo de agua y sedimentos que intervienen en la función biológica de nuestro planeta. Son los corredores activos más significativos que tiene la naturaleza y dependen de estos para el equilibrio de la vida. (pág. 04. Bateman Pinzón, Allen).

2.2.3.1.2. Clasificación de río por su forma

Existen muchas opiniones o razonamientos referentes a la clasificación de ríos, pero la más simple y general es la siguiente:

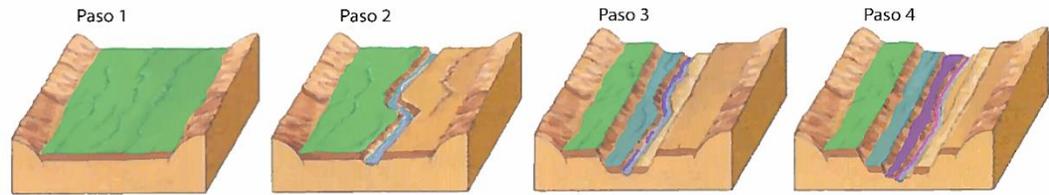
- a) Ríos con áreas de inundación (confinados).
- b) Ríos sin inundación.

La existencia de dos cauces, esto quiere decir, la presencia de áreas de inundación, se debe a los movimientos laterales que ha realizado el afluente a lo ancho de una planicie aluvial a lo largo del tiempo. (pág. 57, Rocha)

El río al presentar un movimiento lateral origina nuevos cursos fluviales, dejando áreas libres que pueden constituirse como terrazas fluviales.

En muchas ocasiones el caudal de estiaje del río, ocupa el cauce menor, pero en periodo de máxima avenida el río se desborda ocupando todo el cauce. (pág.30, López).

Figura 2. *Modelo de formación de terrazas fluviales*



Fuente:http://www.rutasgeologicaszamora.es/comarcas/puntos_rutas/benavente/valles.html

2.2.3.1.3. Tipos de Flujo

Cuando se presentan, caudales de máxima avenida, es evidente destacar dos tipos de flujo:

2.2.3.1.3.1. Flujo central.

El flujo es turbulento y variable, causado por el grado de sedimentación y el tipo de lecho. Se caracteriza porque en un lado produce erosión y en lado opuesto la sedimentación y su tirante máximo, se desplaza en forma continua y erosiva.

2.2.3.1.3.2. Flujo lateral.

Presenta un flujo menos erosivo, produce las sedimentaciones denominadas de deposición y bajo ciertas condiciones de pendiente puede pasar a ser un flujo central. (Pag. 24. Mayhuire Uquichi, Adrián).

2.2.3.2. Tipos de Estructuras

2.2.3.2.1. Diques Enrocados

Son estructuras que se disponen en los taludes de la sección del río en forma trapezoidal, revistiendo la cara húmeda y protegiéndola de la erosión hídrica.

Las rocas utilizadas deben de ser de buena calidad y la ubicación de la cantera debe estar lo más cerca posible a la zona de trabajo. (Pág. 11. Mayhuire Uquichi, Adrián).

Figura N° 3: Dique enrocado



Fuente: <https://andina.pe/agencia/noticia-descolmatacion-y-enrocado-del-rio-rimac-presenta-un-avance-del-70--783014.aspx>

2.2.3.2.2. Gavión

Son estructuras permeables y flexibles, construido a base de prismas rectangulares de alambre galvanizado, rellenas de piedra con el objeto de formar un cuerpo de obra que funciona por gravedad. (Pág. 02, López y Oropeza).

Figura N° 4: Gavión

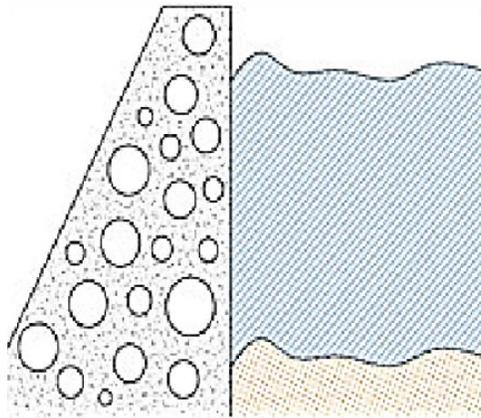


Fuente: <https://www.cevaconsult.com/gaviones/>

2.2.3.2.3. Muros de conceto ciclópeo:

Son estructuras longitudinales, donde sus dimensiones, están directamente relacionadas al caudal de máxima avenida y al grado de socavación. Están construidas con material propio del rio. Como se indica en la siguiente figura:

Figura N° 5: Muro de concreto ciclópeo.

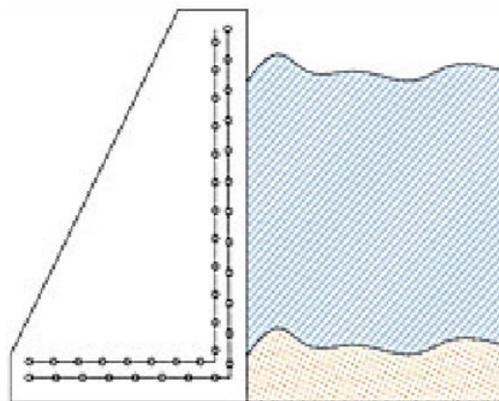


Fuente: Mayhuire Uquichi, Adrián

2.2.3.2.4. Muros de concreto armado:

Son estructuras longitudinales, que llevan acero de refuerzo y son más esbeltas que los muros de concreto ciclópeo, como se muestra en la figura.

Figura N° 6: Muro de concreto armado



Fuente: Mayhuire Uquichi, Adrián

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación:

La presente investigación es una investigación **cuantitativa y aplicada**. Cuantitativa por que se apoya en información que se expresa mediante cantidad y aplicada porque a través de las mismas busca utilizar los conocimientos científicos que permitirán resolver un problema específico, para de esta manera proponer alternativas de solución.

Diseño de investigación:

La investigación es **no experimental**, siendo el nivel de investigación **transversal descriptivo – explicativo**. pues describirá las características y condiciones de la zona en estudio producto de la observación y recojo de datos de eventos existentes, y explicativo pues estas serán analizadas e interpretadas.

3.2. Variables y operacionalización.

3.2.1. Variable independiente.

- Determinación Hidrológica del rio Huallaga, Tramo San Sebastián al Puente Calicanto.

3.2.2. Variables dependientes.

- Modelamiento hidráulico del rio Huallaga, Tramo San Sebastián al Puente Calicanto.
- Medidas o fines de protección a inundaciones en la zona urbana de Huánuco.

3.2.3. Operacionalización.

Matriz de operacionalización.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad	Escalas de medición
Variable Independiente: Determinación Hidrológica	Es la descripción, evaluación y cuantificación de los parámetros morfométricos en las que intervienen los componentes Hidrometeorológicas, que permitirán analizar los sucesos principales e importantes en una determinada cuenca. (Rojo, 2016, p.2).	En el estudio se utiliza datos metrológicos de las estaciones del SENAMHI y la cartografía de la cuenca.	Estudio Hidrológico.	Área de Cuenca	(ha)	Intervalo
				Pendiente de la cuenca	(%)	Razón
				Precipitación	(mm)	Intervalo
				Coefficiente de escorrentía	(%)	Razón
				caudal de máx. avenida	(m ³ /s)	Intervalo
V. D. Modelamiento Hidráulico	El modelamiento hidráulico con Hec-Ras, "es una aplicación que permite la modelación Hidráulica en régimen permanente y no permanente, transporte de sedimentos y análisis de calidad de agua en cauces abiertos, ríos y canales artificiales". Por otro lado, con HEC-RAS se facilita el cálculo de los perfiles del agua y de los parámetros Hidráulicos del cauce. El programa además	Para la aplicación de la modelación mediante el programa Hec-Ras se trabajará en entorno GIS a partir de un modelo digital que representará el comportamiento	Estudio Hidráulico	Área hidráulica del río	(m ²)	Intervalo
				Velocidad hídrica	(m/s)	Intervalo
				Tirante máximo	(m ²)	Intervalo
				Numero de Froude	(-)	Intervalo
				Socavación del cauce	(m ²)	Intervalo
			Estudio Topográfico	cotas	msnm	Razón
				pendiente	(%)	Razón
				ángulos inclinación de terreno	(°, ', ")	Intervalo

	permite desarrollar el cálculo, de los niveles de la superficie del agua de un flujo gradualmente variado. El sistema que se modela puede ser un solo río o una red de ríos. el componente del estudio del flujo, puede hacer el estudio de régimen subcrítico, supercrítico o la mezcla de los dos. (Villon, M, 2016)	del flujo en el terreno. Se sistematizará la información recopilada de los estudios de suelos, topográfico e hidráulico (cauce, caudal, secciones, etc.).		perfil longitudinal	(m)	Razón
				secciones transversales	(m)	Razón
				Área hidráulica del río	(m ²)	Intervalo
				Área inundable	(m ³)	Intervalo
V.D. Fines de Protección.	Son muros que pueden ser contruidos de concreto armado, ciclópeo, enrocado o gaviones con la finalidad de prevenir o controlar la erosión hídrica o el desborde del cauce de ríos. (Mahiure, 2018, p. 11)	Se necesita los estudios hidrológicos, hidráulicos, topográficos, análisis de suelos y materiales de cantera.	Tipo de defensa ribereña estructural	Área crítica de desborde	(m ²)	Intervalo
				Profundidad de cimentación	(m ²)	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

3.3. Población, Muestra y Muestreo.

3.3.1. Población.

La población comprende la magnitud del Río Huallaga en una extensión aproximada de 190 km comprendido desde su nacimiento en el departamento de Pasco hasta su salida de la zona urbana de Huánuco.

3.3.2. Muestra.

La muestra de la investigación comprende desde el tramo del Puente San Sebastián al puente calicanto en la zona urbana de Huánuco.

3.3.3. Muestreo.

Muestra no probabilística o dirigida Subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de las características de la investigación. Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. Elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística depende del planteamiento del estudio, del diseño de investigación y de la contribución que se piensa hacer con ella. (pág. 176, Hernández Sampieri, México 2014)

El tipo de muestreo para el presente estudio de investigación queda definido como **no probabilístico o dirigido**, obedeciendo al criterio e interés de la investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Técnicas.

Las técnicas que se emplearan en la investigación son:

- observación en campo
- Recopilación de información

- Análisis y procesamiento de la información.
- Presentación de resultados.

3.4.2. Instrumentos

Los materiales, dispositivos y software que se emplearan en el desarrollo de este proyecto son:

Materiales.

- Cuaderno de campo.
- Recipientes para muestras de suelos.

Equipos.

- Equipo fotográfico.
- Laptop.
- estación total.
- Gps.

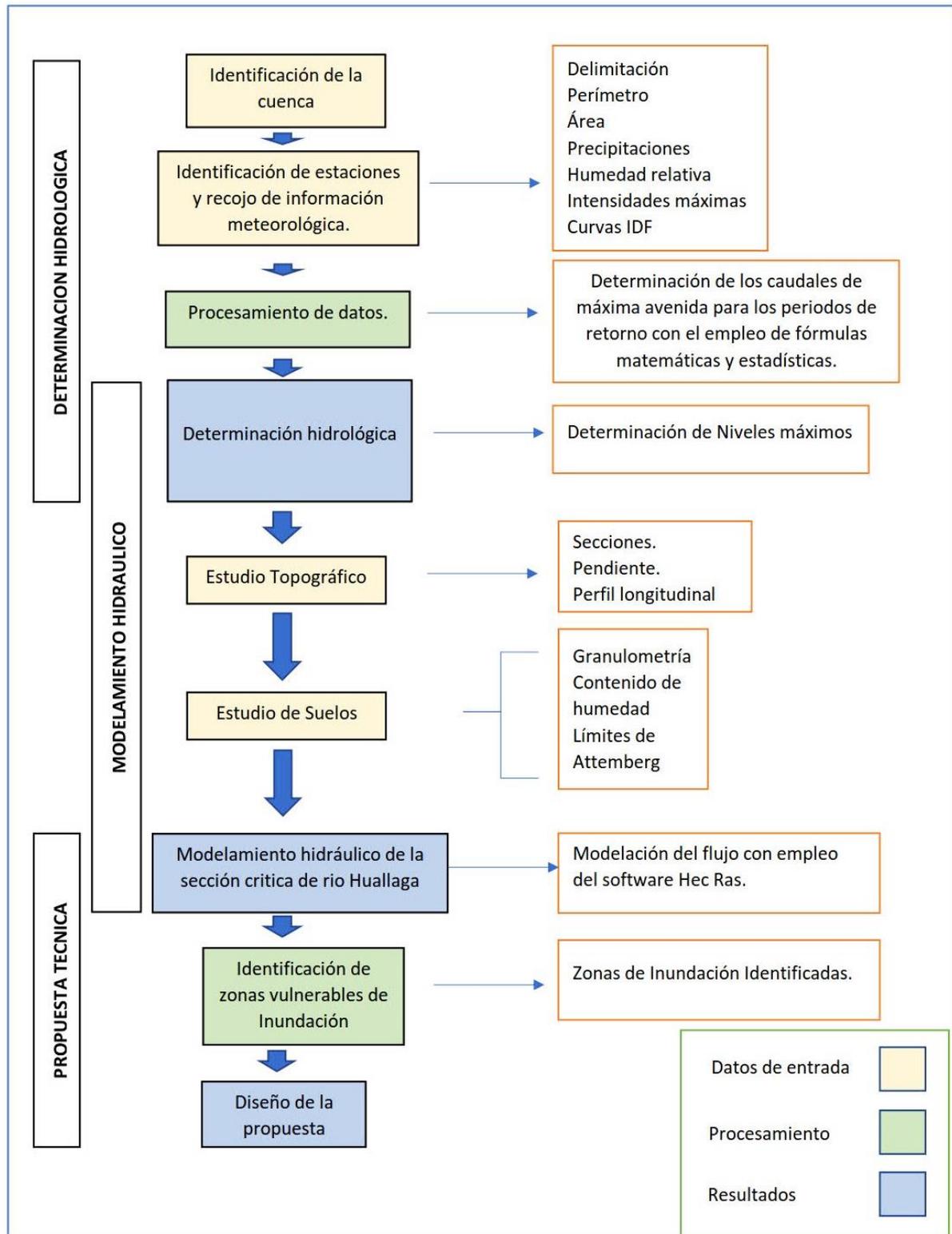
Software o programas de cómputo.

- Microsoft Word : Procesamiento de datos.
- Microsoft Excel : Procesamiento de datos numéricos.
- AutoCAD 2020 : Procesamiento de Planos.
- AutoCAD civil3D : Procesamiento topográfico.
- HEC RAS : Modelamiento Hidráulico.

3.5. Procedimientos.

El procedimiento para la realización del presente trabajo de investigación, comprende trabajo en campo y trabajo en gabinete, cuyas actividades se presentan en el siguiente flujograma:

Figura 7. Flujograma de actividades de la Investigación.



Fuente: Elaboración propia.

3.5.1. Etapa de Campo.

- Reconocimiento en campo de la zona en estudio, Identificación de la cuenca y las estaciones meteorológicas cercanas.
- Recopilación de información estadística de las estaciones meteorológicas de la ciudad de Pasco y Huánuco para determinar la esorrentía en la cuenca, información del estado actual, así como información complementaria que sirva de apoyo al estudio
- Levantamiento topográfico en del tramo puente san Sebastián, puente calicanto, para determinar la pendiente del cauce, las secciones hidráulicas del rio.
- Identificación de área para toma de muestras, para realización de ensayos de análisis de suelos.

3.5.2. Etapa de Gabinete.

- Se determinará el caudal de máxima avenida en el punto requerido para un periodo de retorno de 50 años.
- Con ayuda del software HEC RAS se procesarán los datos del levantamiento topográfico, estudio hidrológico, suelos, y se modelará el cauce del rio Huallaga en el área de estudio con la finalidad de determinar zonas críticas de inundación.
- Análisis y determinación de la estructura de protección en la zona de estudio de acuerdo a las características de la zona y la disponibilidad de los materiales en cantera.

3.6. Método de análisis de datos.

La presente investigación empleara el método de análisis descriptivo, pues se procesarán los datos de campo en gabinete teniendo en cuenta los parámetros técnicos y la normatividad vigente.

Los datos a procesar serán, el levantamiento topográfico que nos dará las características del terreno, el estudio hidrológico mediante el cual se realizara la delimitación de cuenca y calculó del caudal máximo en un periodo de retorno de 50 años, finalmente estos datos serán utilizados para realizar el modelamiento

hidráulico con apoyo del Software Hec-Ras, y finalmente identificar los puntos vulnerables de inundación, para el planteamiento del tipo de defensa ribereña.

3.7. Aspectos éticos.

Los ingenieros deben promover y defender la integridad, el honor y la dignidad de su profesión, contribuyendo con su conducta a que el consenso público se forme y mantenga un cabal sentido de respeto hacia ella y sus miembros, basado en la honestidad e integridad con que la misma se desempeña. (Código de ética del colegio de ingenieros del Perú, capítulo III, artículo 15).

Como responsables de la presente investigación, y teniendo en cuenta los principios en nuestra formación profesional, realizamos dicho estudio con responsabilidad y veracidad de los datos recopilados, cálculos y resultados del trabajo desarrollado; además de citar las fuentes de información que fueron consultadas.

La presente investigación se desarrollará de manera transparente, y los resultados obtenidos serán compartidos en beneficio de la sociedad.

3.8. Desarrollo de Tesis.

3.8.1. Caracterización del área de estudio.

El proyecto vial en su integridad, se ubica entre las coordenadas geográficas UTM:

KM 0+000: 363 527 - E, 8 901 220 – N (PUENTE SAN SEBASTIAN)

KM 1+194.97: 364 463 - E, 8 901 811 – N (PUENTE CALICANTO).

El cauce del río Huallaga en el tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto, presenta un ancho estable que va de 55.0 a 80 m. Las características hidráulicas al momento del recojo de información presentaban un espejo de agua ($T = 45$ a 65 m), tirante normal ($y_n = 1.45$ m a 2.35 m), pendiente ($S = 0.0060$ m/m), estimando el coeficiente de manning ($n = 0.038$). El régimen es supercrítico.

Figura 8: UBICACIÓN DEL PROYECTO (KM 0+000- KM 1+194.97)



FUENTE: Google Earth

3.8.2. Estudio Hidrológico.

Comprende la recolección y compra de registros pluviométricos y descargas disponible, como en la zona se carece de información hidrométrica (descargas disponibles). En la zona de estudio hasta el punto de interés fueron identificadas 35 áreas de drenaje que conforman subcuencas, microcuencas e intercuencas que descargan sus aguas al río Huallaga y que conforman la cuenca alta del río Huallaga.

Una vez calibrado dicho modelo se generan las descargas a partir de la precipitación máxima de 24 horas regionalizada para la zona con los datos de precipitación total mensual, según el tipo de estructura previo análisis y selección de las mismas para eventos extremos máximos y luego someter a una prueba de bondad de ajuste a las funciones de distribución por el método analítico de error cuadrático mínimo.

3.8.2.1. Información Cartográfica

Se dispuso de la siguiente información cartográfica, proveniente del Instituto Geográfico Nacional (IGN).

Descripción	Escala
• Mapa Físico Político del Perú	1 / 1 000 000
• Mapa Vial del Perú	1 / 2 000 000

- Mapa Departamental de Pasco 1 / 1 000 000
- Carta Nacional 21-j; 20; 21 y 22-k. 1 / 100 000

3.8.2.2. Información Meteorológica

La información disponible utilizada en el estudio es la hidrometeorológica, de la estación San Rafael: precipitación total mensual (27 años de registro), precipitación máxima de 24 horas (27 años de registro).

Estación Cerro de Pasco: precipitación total mensual (32 años de registro), precipitación máxima de 24 horas (32 años de registro).

Estación Yanahuanca: precipitación total mensual (28 años de registro), precipitación máxima de 24 horas (24 años de registro).

Estación Jacas Chico: precipitación total mensual (29 años de registro), precipitación máxima de 24 horas (29 años de registro). Estaciones cercanas a la zona de influencia del proyecto. Fuente, Oficina General de Estadística e Informática SENAMHI.

Tabla N° 3, Ubicación de la Estaciones Hidrológicas

Tabla N° 3.1. Precipitación Total Mensual

ESTACIÓN	PROVINCIA	TIPO	COORDENADAS			PERIODO DE REGISTRO
			LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	
San Rafael	Ambo	Climatológica	76°10'35.47"	10°19'45.27"	2722 msnm	1993/2019 (27)
Cerro de Pasco	Pasco	Climatológica	76°15'51.11"	10°41'36.14"	4357 msnm	1988/2019 (32)
Yanahuanca	Daniel A. Carrión	Climatológica	76°30'46.5"	10°29'22.4"	3161 msnm	1989/2016 (28)
Jacas Chico	Yarowilca	Climatológica	76°30'3.37"	09°53'5.05"	3723 msnm	1990/2018 (29)

3.2. Precipitación Máxima en 24 Horas

ESTACIÓN	PROVINCIA	TIPO	COORDENADAS			PERIODO DE REGISTRO
			LONGITUD	LATITUD	ALTITUD	
San Rafael	Ambo	Climatológica	76°10'35.47"	10°19'45.27"	2722 msnm	1993/2019 (27)
Cerro de Pasco	Pasco	Climatológica	76°15'51.11"	10°41'36.14"	4357 msnm	1988/2019 (32)
Yanahuanca	Daniel A. Carrión	Climatológica	76°30'46.5"	10°29'22.4"	3161 msnm	1994/2017 (24)
Jacas Chico	Yarowilca	Climatológica	76°30'3.37"	09°53'5.05"	3723 msnm	1990/2018 (29)

FUENTE: SENAMHI

Hidrológicamente el tramo seleccionado: Puente San Sebastián – Puente Calicanto (KM 0+000 – KM 1+194.97), pertenece a la cuenca alta del río Huallaga.

El área total de la cuenca alta del río Huallaga hasta el puente Calicanto, fue dividida en 35 áreas de drenaje (microcuencas), a fin que las características en cada área sean homogéneas en relación a sus aspectos morfométricos, para obtener los caudales máximos para el diseño de las estructuras de protección en el tramo antes mencionado.

Así también, la red hidrográfica de cada microcuenca presenta una corriente principal que en su confluencia tanto por la margen derecha e izquierda originan el nacimiento del río Huallaga.

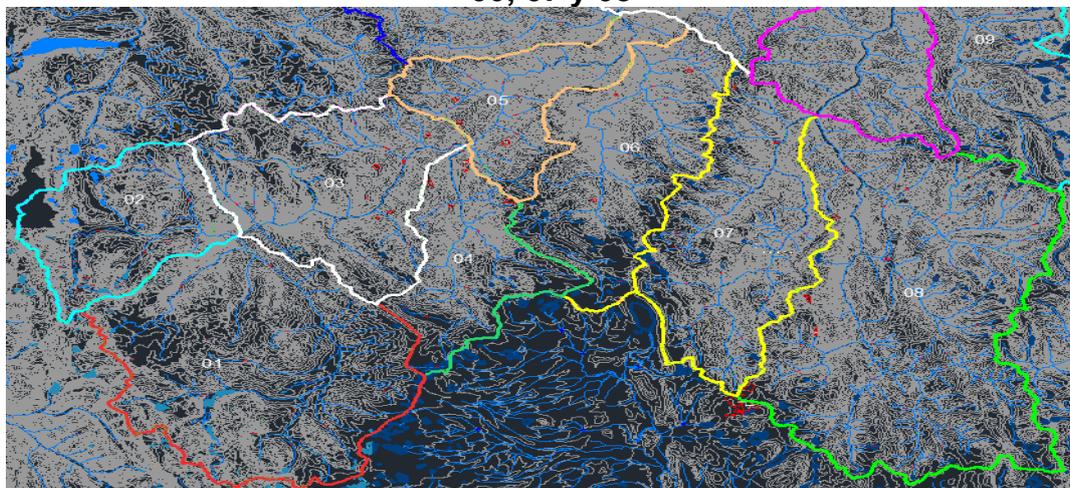
Entre los principales aportes y/o microcuencas (delimitaciones) hasta llegar al punto de interés tenemos:

- Área de drenaje 01: Río Pucamayo y/o Andacancha.
- Área de drenaje 02: Río Blanco - Chaupihuaranga.
- Área de drenaje 03: Río Chaupihuaranga.
- Área de drenaje 04: Río Ushugoya.
- Área de drenaje 05: Río Chaupihuaranga – Quio.
- Área de drenaje 06: Río Yanacocha.
- Área de drenaje 07: Río Tingo.
- Área de drenaje 08: Río Huallaga - Pariamarca,
- Área de drenaje 09: Río Blanco – Huallaga.
- Área de drenaje 10: Río Huallaga – Quebrada Cacapara.
- Área de drenaje 11: Río Huertas – Quebrada Marcacolo.
- Área de drenaje 12: Río Quio.
- Área de drenaje 13: Río Huacar.
- Área de drenaje 14: Quebrada Tranca.
- Área de drenaje 15: Río Huallaga – Quebrada Acomayo.

- Área de drenaje 16: Quebrada Huranuisha.
- Área de drenaje 17: Quebrada Huamamani.
- Área de drenaje 18: Río Huallaga I (intercuenca).
- Área de drenaje 19: Quebrada Chinchobamba.
- Área de drenaje 20: Quebrada Osacochoa.
- Área de drenaje 21: Quebrada Nausilla.
- Área de drenaje 22: Río Huallaga – Yaca.
- Área de drenaje 23: Río Huallaga – Chicchuy.
- Área de drenaje 24: Río Huancachupa.
- Área de drenaje 25: Río Cozo.
- Área de drenaje 26: Río Yarumayo.
- Área de drenaje 27: Río Niño.
- Área de drenaje 28: Río Chasqui.
- Área de drenaje 29: Río Mito.
- Área de drenaje 30: Río Mito I.
- Área de drenaje 31: Río Shogosh – Huancamarca.
- Área de drenaje 32: Río Ragracancha – Sillaragra.
- Área de drenaje 33: Río Chico – Lanjas.
- Área de drenaje 34: Río Higueras – Mamayhuachin.
- Área de drenaje 35: Río Huallaga – Puente Calicanto.

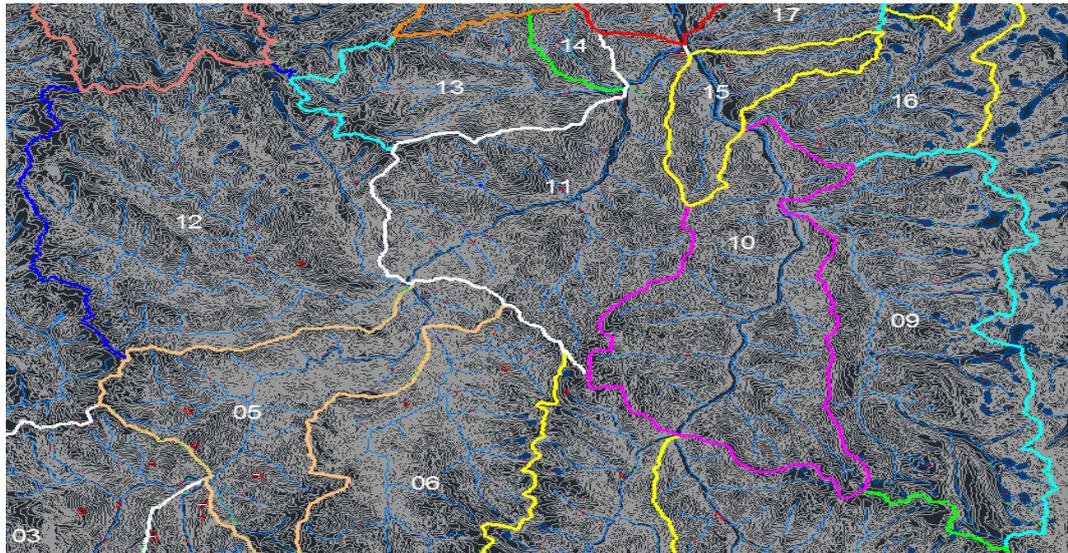
En las figuras 10; 11 y 12 se muestra la delimitación del área de drenaje de los principales cauces que conforman la cuenca alta del río Huallaga, hasta el punto de interés tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto. Los principales cauces nacen en las partes altas de la provincia de cerro de pasco, Yanahuanca, Ambo, Huánuco y Yarowilca.

Figura N° 10: DELIMITACION AREA DE DRENAJE 01; 02; 03; 04; 05; 06; 07 y 08



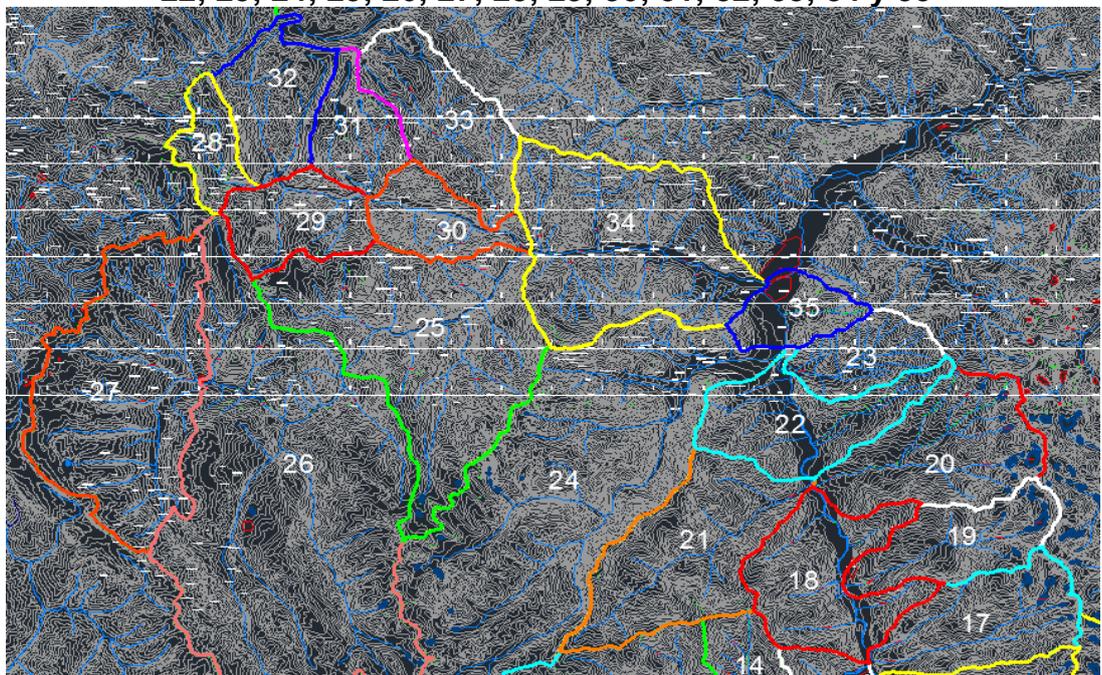
Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 11: DELIMITACION AREA DE DRENAJE 09; 10; 11; 12; 13; 14; 15 y 16



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 12: DELIMITACION AREA DE DRENAJE 17; 18; 19; 20; 21; 22; 23; 24; 25; 26; 27; 28; 29; 30; 31; 32; 33; 34 y 35



Fuente: Elaboración Propia

3.8.2.3. Hidrometría

Las áreas de drenaje así denominadas para el presente estudio, desde las altas cumbres (Cerro de Pasco) hasta el punto de interés (Puente San Sebastián – Puente Calicanto), se ubica entre 5500 msnm hasta 1950

msnm de altura. Estas áreas de drenaje son parte de la cuenca alta del río Huallaga. El río Huallaga nace en las alturas de Cerro de Pasco, por la confluencia de los ríos Ticlayan, Pariamarca y Pucurhuay. El río Huallaga recorre hacia el Norte y Noreste por los departamentos de Cerro de Pasco y Huánuco, alcanzando mayor amplitud en Huánuco. Los principales tributarios del río Huallaga son: el río Tingo, Condoraga, Chaupihuaranga, Coquín y Quío en la zona de Ambo; los ríos Huancachupa e Higuera, provenientes de las alturas de Huánuco, en su margen derecha recibe caudales de las quebradas, Chicchuy, Jaca y Rimaragra, provenientes de las lagunas situadas al SE de la ciudad de Huánuco, entre los cauces principales tenemos:

- Río Pucamayo o Andacancha, principal tributario del río Chaupihuaranga.
- Río Blanco, tributario del río Chaupihuaranga .
- Río Chaupihuaranga, principal tributario del río Huertas.
- Río Ushugoya tributario del río Chaupihuaranga.
- Río Yanacocha, tributario del río Chaupihuaranga.
- Río Tingo, tributario del río Huallaga.
- Ríos Pariamarca, Ticlacayan y Pucurhuay), principales tributarios del río Huallaga.
- Río Blanco, tributario del río Huallaga.
- Río Huertas (subcuenca), principal tributario del río Huallaga.
- Río Quio, tributario del río Huertas.
- Río Huacar, tributario del río Huertas.
- Quebrada Tranca, tributario del río Huertas.
- Quebrada Huranuisha, tributario del río Huallaga.
- Quebrada Huamamani, tributario del río Huallaga.
- Quebrada Chinchobamba, tributario del río Huallaga.
- Quebrada Osacocha, tributario del río Huallaga.
- Quebrada Nausilla, tributario del río Huallaga.
- Quebrada Yaca, tributario del río Huallaga.
- Quebrada Chicchuy, tributario del río Huallaga.

- Río Huancachupa, tributario del río Huallaga.
- Río Cozo, principal tributario del río Mito.
- Río Yarumayo, principal tributario del río Cozo.
- Río Niño, tributario del río Yarumayo.
- Río Chasqui, tributario del río Mito.
- Río Mito, principal tributario del río Higueras.
- Río Shogosh – Huancamarca, tributario del río Mito.
- Río Ragra cancha – Sillaragra, tributario del río Mito.
- Río Chico – Lanjas. tributario del río Mito.
- Quebrada Mamayhuachin, tributario del río Higueras.
- Río Higueras, principal tributario del río Huallaga

Los cursos de agua de cada área de drenaje hasta su confluencia son de primer orden a séptimo orden en el sistema hídrico, los cuales se caracterizan por ser pequeños, de regular caudal y acarreo de material sólido entre cantos gravas y arenas.

3.8.2.4. Características de las áreas de drenaje

Hidrográficamente el tramo en estudio se encuentra ubicado en la cuenca alta del río Huallaga, que en resumen abarca a la subcuenca del río Huertas, río Blanco, intercuenca Huallaga y subcuenca lateral río Higueras, pertenecientes a la vertiente del Atlántico.

a.1. Área de drenaje 01: Río Pucamayo y/o Andacancha está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 326 473 E, 8 809 836 N y 326 543 E, 8 837 914 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 5300 msnm hasta los 3470 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en la tabla siguiente:

Tabla Nº 4. Características Geomorfológicas Área 01.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	451.11	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	97.41	Km
Cota Mayor	HM	5300	msnm
Cota Menor	Hm	3470	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	34.71	Km
Coefficiente de Compacidad	K _c	1.28	
Factor de Forma	K _f	0.37	
Grado de Ramificación	SETIMO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.08	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	4356	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.031	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.16	
Elaboración Propia			

- a.2. Area de drenaje 02: Río Blanco – Chaupihuaranga, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 310 852 E, 8 838 725 N y 326 543 E, 8 837 914 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 5200 msnm hasta los 3480 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 5. Características Geomorfológicas Área 02.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	180.80	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	62.61	Km
Cota Mayor	HM	5200	msnm
Cota Menor	Hm	3480	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	23.47	Km
Coefficiente de Compacidad	K _c	1.30	
Factor de Forma	K _f	0.33	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.13	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	4460	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.061	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.14	
Elaboración Propia			

- a.3. Area de drenaje 03: Río Chaupihuaranga, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 324 064 E, 8 844 792 N y 342 758 E, 8 848 095 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4650 msnm hasta los 2760 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o

punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 6. Características Geomorfológicas Área 03.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	272.48	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	79.92	Km
Cota Mayor	HM	4650	msnm
Cota Menor	Hm	2760	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	31.00	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.36	
Factor de Forma	K _f	0.28	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.11	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3984	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.055	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.19	
Elaboración Propia			

a.4. Area de drenaje 04: Río Ushugoya, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 341 325 E, 8 822 649 N y 342 758 E, 8 848 095 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4505 msnm hasta los 2775 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 7. Características Geomorfológicas Área 04.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	163.22	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	74.24	Km
Cota Mayor	HM	4505	msnm
Cota Menor	Hm	2775	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	30.71	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.63	
Factor de Forma	K _f	0.17	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.19	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	4047	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.055	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.21	
Elaboración Propia			

a.5. Area de drenaje 05: Río Chaupihuaranga – Quio, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 337 181 E, 8 853 607 N y 353 721 E, 8 862 626 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2300 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 8. Características Geomorfológicas Área 05.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	163.59	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	78.65	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2300	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	33.17	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.72	
Factor de Forma	K _f	0.15	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.20	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3487	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	l _c	0.055	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.15	
Elaboración Propia			

a.6. Area de drenaje 06: Río Yanacocha, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 351 624 E, 8 829 536 N y 354 305 E, 8 859 316 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4550 msnm hasta los 2370 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 9. Características Geomorfológicas Área 06.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	263.59	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	94.90	Km
Cota Mayor	HM	4550	msnm
Cota Menor	Hm	2370	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	40.45	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.64	
Factor de Forma	K _f	0.16	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.15	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3912	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.050	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.19	
Elaboración Propia			

a.7. Area de drenaje 07: Río Tingo, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 356 975 E, 8 823 665 N y 367 851 E, 8 851 359 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4550 msnm hasta los 2780 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 10. Características Geomorfológicas Área 07.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	292.40	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	102.23	Km
Cota Mayor	HM	4550	msnm
Cota Menor	Hm	2780	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	38.50	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.67	
Factor de Forma	K _f	0.20	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.13	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	4045	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.039	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.18	
Elaboración Propia			

a.8. Area de drenaje 08: Río Huallaga – Pariamarca, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 384 975 E, 8 811 702 N y 367 851 E, 8 851 359 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4750 msnm hasta los 2750 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 11. Características Geomorfológicas Área 08.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	626.01	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	138.38	Km
Cota Mayor	HM	4750	msnm
Cota Menor	Hm	2750	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	55.33	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.55	
Factor de Forma	K _f	0.20	
Grado de Ramificación	SETIMO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.09	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	4090	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.029	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.16	
Elaboración Propia			

a.9. Area de drenaje 09: Río Blanco, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 387 089 E, 8 844 014 N y 373 174 E, 8 868 750 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4950 msnm hasta los 2450 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 12. Características Geomorfológicas Área 09.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	265.97	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	90.68	Km
Cota Mayor	HM	4950	msnm
Cota Menor	Hm	2450	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	34.89	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.56	
Factor de Forma	K _f	0.22	
Grado de Ramificación	SETIMO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.13	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	4001	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.061	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.23	
Elaboración Propia			

- a.10. Area de drenaje 10: Río Huallaga – Quebrada Cacapara, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 376 420 E, 8 846 679 N y 371 213 E, 8 874 170 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2200 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 13. Características Geomorfológicas Área 10.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	217.18	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	83.80	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2200	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	33.49	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.59	
Factor de Forma	K _f	0.19	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.15	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3353	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.059	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.15	
Elaboración Propia			

a.11. Area de drenaje 11: Río Huertas – Quebrada Maracolo, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 351 567 E, 8 870 213 N y 368 128 E, 8 880 500 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4300 msnm hasta los 2000 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 14. Características Geomorfológicas Área 11.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	225.37	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	79.85	Km
Cota Mayor	HM	4300	msnm
Cota Menor	Hm	2000	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	20.54	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.49	
Factor de Forma	K _f	0.53	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.09	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3088	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	l _c	0.091	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.17	
Elaboración Propia			

a.12. Area de drenaje 12: Río Quio, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 333 100 E, 8 869 840 N y 353 721 E, 8 862 626 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2300 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 15. Características Geomorfológicas Área 12.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	334.92	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	87.09	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2300	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	28.40	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.33	
Factor de Forma	K _f	0.42	
Grado de Ramificación	SETIMO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.08	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3737	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.070	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.22	
Elaboración Propia			

- a.13. Area de drenaje 13: Río Huacar, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 347 767 E, 8 876 992 N y 364 976 E, 8 876 823 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2100 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 16. Características Geomorfológicas Área 13.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	98.91	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	50.72	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2100	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	19.64	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.43	
Factor de Forma	K _f	0.26	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.20	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3501	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.108	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.27	
Elaboración Propia			

a.14. Area de drenaje 14: Quebrada Tranca, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 359 891 E, 8 882 874 N y 365 071 E, 8 877 401 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4000 msnm hasta los 2100 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 17. Características Geomorfológicas Área 14.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	19.09	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	19.07	Km
Cota Mayor	HM	4000	msnm
Cota Menor	Hm	2100	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	7.79	Km
Coefficiente de Compacidad	K _c	1.22	
Factor de Forma	K _f	0.31	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.41	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2977	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.184	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.36	
Elaboración Propia			

a.15. Area de drenaje 15: Río Huallaga - Quebrada Acomayo, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 368 240 E, 8 868 485 N y 368 355 E, 8 879 671 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2000 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 18. Características Geomorfológicas Área 15.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	54.70	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	43.04	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2000	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	9.53	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.63	
Factor de Forma	K _f	0.60	
Grado de Ramificación	SEGUNDO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.17	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2938	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.218	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.44	
Elaboración Propia			

- a.16. Area de drenaje 16: Quebrada Huranuisha, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 384 690 E, 8 883 897 N y 371 213 E, 8 874 170 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4620 msnm hasta los 2230 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 19. Características Geomorfológicas Área 16.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	100.72	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	53.55	Km
Cota Mayor	HM	4620	msnm
Cota Menor	Hm	2230	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	20.22	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.49	
Factor de Forma	K _f	0.25	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.20	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3752	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.110	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.25	
Elaboración Propia			

- a.17. Area de drenaje 17: Quebrada Huranuisha, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 378 590 E, 8 883 286 N y 368 128 E, 8 880 500 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2000 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 20. Características Geomorfológicas Área 17 .

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	44.37	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	30.71	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2000	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	10.69	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.29	
Factor de Forma	K _f	0.39	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.24	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3377	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	l _c	0.176	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.38	
Elaboración Propia			

- a.18. Area de drenaje 18: Río Huallaga (Intercuenca), está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 362 491 E, 8 883 295 N y 365 338 E, 8 890 075 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 3700 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 21. Características Geomorfológicas Área 18.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	49.68	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	40.92	Km
Cota Mayor	HM	3700	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	11.42	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.63	
Factor de Forma	K _f	0.38	
Grado de Ramificación	SETIMO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.23	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2589	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.010	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.09	
Elaboración Propia			

- a.19. Area de drenaje 19: Quebrada Chinchobamba, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 376 675 E, 8 886 889 N y 366 837 E, 8 884 739 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2000 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 22. Características Geomorfológicas Área 19.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	35.51	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	29.78	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2000	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	12.60	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.40	
Factor de Forma	K _f	0.22	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.35	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3347	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.161	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.34	
Elaboración Propia			

a.20. Area de drenaje 20: Quebrada Osacocho, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 375 459 E, 8 895 905 N y 365 338 E, 8 890 075 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4400 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 23. Características Geomorfológicas Área 20.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	55.73	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	33.37	Km
Cota Mayor	HM	4400	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	12.45	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.25	
Factor de Forma	K _f	0.36	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.22	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3199	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.189	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.37	
Elaboración Propia			

a.21. Area de drenaje 21: Quebrada Nausilla, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 352 826 E, 8 881 113 N y 365 439 E, 8 890 488 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4100 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 24. Características Geomorfológicas Área 21.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	65.79	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	40.41	Km
Cota Mayor	HM	4100	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	15.49	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.39	
Factor de Forma	K _f	0.27	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.24	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3153	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.121	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.33	
Elaboración Propia			

- a.22. Area de drenaje 22: Río Huallaga - Quebrada Yaca, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 372 390 E, 8 896 473 N y 363 947 E, 8 897 413 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 3900 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 25. Características Geomorfológicas Área 22.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	43.54	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	37.51	Km
Cota Mayor	HM	3900	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	11.95	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.59	
Factor de Forma	K _f	0.30	
Grado de Ramificación	OCTAVO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.27	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2441	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.123	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.20	
Elaboración Propia			

a.23. Area de drenaje 23: Río Huallaga - Quebrada Chicchuy, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 371 900 E, 8 897 137 N y 363 911 E, 8 896 219 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 3800 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 26. Características Geomorfológicas Área 23.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	23.54	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	20.61	Km
Cota Mayor	HM	3800	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	7.62	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.19	
Factor de Forma	K _f	0.41	
Grado de Ramificación	OCTAVO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.32	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2731	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.193	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.35	
Elaboración Propia			

a.24. Area de drenaje 24: Río Huancachupa, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 344 895 E, 8 883 080 N y 363 947 E, 8 897 413 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 27. Características Geomorfológicas Área 24.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	184.55	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	71.95	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	27.44	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.48	
Factor de Forma	K _f	0.25	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.15	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3530	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.075	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _C	0.26	
Elaboración Propia			

- a.25. Area de drenaje 25: Río Cozo, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 344 808 E, 8 888 075 N y 351 307 E, 8 902 663 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4400 msnm hasta los 2100 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 28. Características Geomorfológicas Área 25.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	113.00	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	57.50	Km
Cota Mayor	HM	4400	msnm
Cota Menor	Hm	2100	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	15.78	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.51	
Factor de Forma	K _f	0.45	
Grado de Ramificación	SEXTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.14	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3342	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.119	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _C	0.28	
Elaboración Propia			

a.26. Area de drenaje 26: Río Yarumayo, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 339 939 E, 8 877 719 N y 342 057 E, 8 896 402 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4500 msnm hasta los 2700 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 29. Características Geomorfológicas Área 26.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	225.37	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	83.38	Km
Cota Mayor	HM	4500	msnm
Cota Menor	Hm	2700	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	24.69	Km
Coefficiente de Compacidad	K _c	1.56	
Factor de Forma	K _f	0.37	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.11	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3824	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.060	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.21	
Elaboración Propia			

a.27. Area de drenaje 27: Río Niño, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 332 489 E, 8 886 557 N y 342 057 E, 8 896 402 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4400 msnm hasta los 3200 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 30. Características Geomorfológicas Área 27.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	104.24	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	51.70	Km
Cota Mayor	HM	4400	msnm
Cota Menor	Hm	3200	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	11.36	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.42	
Factor de Forma	K _f	0.81	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.11	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3937	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.072	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.20	
Elaboración Propia			

a.28. Area de drenaje 28: Río Chasqui, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 333 270 E, 8 908 456 N y 337 967 E, 8 906 312 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4300 msnm hasta los 3200 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 31. Características Geomorfológicas Área 28.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	15.96	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	20.99	Km
Cota Mayor	HM	4300	msnm
Cota Menor	Hm	3200	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	8.10	Km
Coficiente de Compacidad	K _c	1.47	
Factor de Forma	K _f	0.24	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.51	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3872	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.095	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.27	
Elaboración Propia			

a.29. Area de drenaje 29: Río Mito, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 336 426 E, 8 903 502 N y 343 283 E, 8 905 742 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4300 msnm hasta los 2700 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 32. Características Geomorfológicas Área 29.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	29.59	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	23.53	Km
Cota Mayor	HM	4300	msnm
Cota Menor	Hm	2700	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	9.59	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.21	
Factor de Forma	K _f	0.32	
Grado de Ramificación	CUARTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.32	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3596	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.123	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.32	
Elaboración Propia			

a.30. Area de drenaje 30: Río Mito I, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 343 707 E, 8 903 359 N y 351 307 E, 8 902 663 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 3900 msnm hasta los 2100 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 33. Características Geomorfológicas Área 30.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	24.40	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	24.65	Km
Cota Mayor	HM	3900	msnm
Cota Menor	Hm	2100	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	9.52	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.40	
Factor de Forma	K _f	0.27	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.39	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2915	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.070	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _C	0.24	
Elaboración Propia			

- a.31. Area de drenaje 31: Río Shogosh - Huancamarca, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 341 859 E, 8 913 689 N y 343 283 E, 8 905 742 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4300 msnm hasta los 2700 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 34. Características Geomorfológicas Área 31.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	23.79	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	21.45	Km
Cota Mayor	HM	4300	msnm
Cota Menor	Hm	2700	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	8.55	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.23	
Factor de Forma	K _f	0.33	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.36	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3580	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.132	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _C	0.31	
Elaboración Propia			

a.32. Area de drenaje 32: Río Ragra cancha - Sillaragra, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 338 796 E, 8 915 468 N y 338 785 E, 8 906 669 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4400 msnm hasta los 3100 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 35. Características Geomorfológicas Área 32.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	33.52	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	27.47	Km
Cota Mayor	HM	4400	msnm
Cota Menor	Hm	3100	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	8.75	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.33	
Factor de Forma	K _f	0.44	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.26	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3814	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	l _c	0.111	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.32	
Elaboración Propia			

a.33. Area de drenaje 33: Río Chico - Lanjas, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 342 874 E, 8 913 550 N y 349 565 E, 8 903 929 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 4300 msnm hasta los 2200 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 36. Características Geomorfológicas Área 33.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	44.28	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	31.05	Km
Cota Mayor	HM	4300	msnm
Cota Menor	Hm	2200	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	13.17	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.31	
Factor de Forma	K _f	0.26	
Grado de Ramificación	TERCER ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.30	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	3413	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.128	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.33	
Elaboración Propia			

- a.34. Area de drenaje 34: Río Higueras - Mamayhuachin, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 352 318 E, 8 897 595 N y 363 130 E, 8 900 973 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 3800 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 37. Características Geomorfológicas Área 34.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	93.71	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	43.01	Km
Cota Mayor	HM	3800	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	18.34	Km
Coeficiente de Compacidad	K _c	1.24	
Factor de Forma	K _f	0.28	
Grado de Ramificación	QUINTO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.20	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2613	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.072	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.14	
Elaboración Propia			

a.35. Area de drenaje 35: Río Huallaga – Puente Calicanto, está comprendida entre las coordenadas UTM Datum WGS-84, Zona 18L de los siguientes vértices opuestos 368 259 E, 8 899 627 N y 364 463 E, 8 901 811 N. En altitud, la microcuenca abarca desde 3600 msnm hasta los 1900 msnm, es decir desde las altas cumbres hasta su confluencia y/o punto de interés. Sus características geomorfológicas se detallan en el cuadro siguiente:

Tabla Nº 38. Características Geomorfológicas Área 35.

PARAMETROS	VARIABLE	VALOR	UND
Area de la Microcuenca	A	18.88	Km ²
Perímetro de Microcuenca	P	18.76	Km
Cota Mayor	HM	3600	msnm
Cota Menor	Hm	1900	msnm
Longitud del Cauce Mayor	L	6.47	Km
Cofiente de Compacidad	K _c	1.21	
Factor de Forma	K _f	0.45	
Grado de Ramificación	SEGUNDO ORDEN		
Densidad de Drenaje	D _d	0.34	Km/Km ²
Altitud Media de la Subcuenca	H _{MS}	2256	msnm
Pendiente Media del Curso Principal	I _c	0.212	m/m
Declive equivalente de la Microcuenca	S _c	0.17	
Elaboración Propia			

Como es en la totalidad de las áreas de drenaje pertenecen a la región sierra donde los afluentes durante todo el año presentan caudales constantes por la diversidad de paisajes con abundante vegetación arbórea.

En los grandes y pequeños cauces se distinguen por contener una zona de alta cumbres de topografía empinada, combinada con planicies y llanuras con elevaciones que alcanzan los 5300 msnm y conforme se desciende de las altas cumbres de las áreas de drenaje la pendiente es ligeramente empinada. La cobertura vegetal por especie y en forma silvestre hace que la zona sea estable en cuanto a la erosión superficial disminuyendo el transporte fluvial en suspensión.

Los principales ríos y quebradas que son parte de la cuenca alta del río Huallaga, muy influyentes de la zona y determinantes para la alta y baja precipitación. En los meses de octubre – abril, las áreas de drenaje tiene mayor recarga y en los meses de abril a setiembre la precipitación es baja. En la tabla N° 39, se muestran los valores de precipitación máxima en 24 horas de los años 1988 al 2019 (32 años de registro) y en el cuadro N° 40, los valores de precipitación mensual acumulada de los años 1988 al 2019 (32 años de registro), de la Estación pluviométrica de Cerro de Pasco.

Tabla N° 39. Valores de precipitación máxima en 24 horas de los años 1988 al 2019 (32 años de registro)

PRECIPITACION MAXIMA EN 24 HORAS ESTACION CERRO DE PASCO AÑOS 1988 - 2019													
DEPARTAMENTO	:PASCO										LATITUD:	10° 41' 36.14"	S
PROVINCIA	:PASCO										LONGITUD:	76°15'51.11"	W
DISTRITO	:CHAUPIMARCA										ALTITUD	4357.00 msnm	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	MAXIMO
1988	17.70	22.00	11.40	12.20	5.80	3.20	5.10	12.00	18.00	28.80	26.00	46.00	46.00
1989	37.00	20.80	34.50	20.10	6.00	28.00	5.90	11.00	13.60	18.00	13.50	28.20	37.00
1990	35.70	16.90	13.80	11.60	11.00	10.20	3.00	6.00	15.60	16.00	26.50	40.00	40.00
1991	18.20	16.90	21.50	10.00	12.00	16.00	6.70	0.70	16.00	22.00	27.00	10.50	27.00
1992	11.60	9.60	15.00	19.40	2.80	7.00	1.40	12.30	23.00	12.00	5.30	26.20	26.20
1993	24.00	17.10	18.60	18.50	16.00	1.00	8.50	16.60	13.00	36.00	29.00	21.50	36.00
1994	28.60	19.00	21.00	24.40	13.00	12.30	15.00	15.10	12.30	18.50	14.30	16.50	28.60
1995	11.40	25.10	22.80	15.30	12.20	3.10	2.90	0.30	9.40	13.00	18.40	16.10	25.10
1996	22.90	18.40	19.80	16.40	9.50	9.30	6.80	8.50	14.90	19.60	17.00	17.70	22.90
1997	20.80	19.70	18.80	15.90	7.30	4.40	2.10	4.30	7.70	24.50	22.70	21.90	24.50
1998	12.10	21.60	13.70	18.50	5.20	5.50	0.00	1.50	5.70	19.70	15.80	9.60	21.60
1999	38.00	31.70	14.70	25.80	7.30	4.80	4.30	3.30	10.70	16.10	16.60	16.50	38.00
2000	18.00	17.30	18.30	6.50	9.40	2.80	4.50	8.20	7.10	14.30	12.70	22.60	22.60
2001	29.40	24.30	24.00	23.70	10.90	2.00	11.50	6.00	7.90	19.10	16.60	28.00	29.40
2002	8.00	19.40	26.80	15.50	13.50	3.00	10.40	3.50	13.70	24.10	12.60	22.30	26.80
2003	14.50	19.40	20.70	18.10	8.30	7.00	4.60	10.00	20.70	6.00	20.00	13.10	20.70
2004	12.70	31.20	11.40	16.90	6.00	4.00	8.60	7.90	27.50	22.50	26.80	33.20	33.20
2005	15.40	20.00	46.70	17.40	2.90	2.80	4.10	4.50	6.00	12.80	29.10	9.00	46.70
2006	9.80	17.50	16.20	19.10	3.90	17.00	2.70	4.00	21.80	21.30	27.30	24.60	27.30
2007	15.50	16.00	18.40	14.20	16.00	0.00	8.00	4.40	10.50	16.00	20.60	26.70	26.70
2008	16.60	18.50	8.00	12.50	5.40	7.30	3.20	10.40	10.00	10.40	29.40	25.00	29.40
2009	26.00	19.00	39.20	11.40	12.00	12.00	8.20	12.40	5.10	20.00	18.00	29.50	39.20
2010	25.70	24.30	35.90	14.50	17.00	2.00	4.40	0.00	7.50	24.00	13.90	30.80	35.90
2011	20.50	16.30	20.80	24.40	12.00	0.00	6.30	9.00	17.90	16.00	22.70	24.00	24.40
2012	20.00	20.70	15.00	12.00	7.80	6.50	3.50	5.20	16.80	25.40	18.00	24.60	25.40
2013	25.80	15.00	20.30	14.00	15.00	5.80	8.00	11.00	17.60	20.50	11.60	16.00	25.80
2014	25.80	19.80	20.00	24.70	7.30	10.00	7.00	2.60	20.60	15.00	17.50	25.60	25.80
2015	15.00	10.00	18.00	15.20	10.30	9.00	9.00	7.40	18.40	17.30	25.10	15.40	25.10
2016	18.00	16.50	20.60	12.40	8.20	7.10	6.70	13.00	9.00	16.00	7.40	17.50	20.60
2017	20.60	28.00	15.00	15.40	13.20	0.50	6.50	4.00	12.00	15.40	19.00	18.00	28.00
2018	17.00	11.00	17.00	19.00	8.00	3.60	7.00	8.00	25.00	30.00	16.00	51.00	51.00
2019	59.00	43.00	45.00	24.00	17.00	4.50	6.00	8.00	17.00	30.20	30.00	60.00	60.00

FUENTE: SENAMHI

Tabla N° 40. Valores de precipitación mensual acumulada de los años 1988 al 2019 (32 años de registro),

PRECIPITACION TOTAL MENSUAL ACUMULADA ESTACION CERRO DE PASCO AÑOS 1988 - 2019														
DEPARTAMENTO	:PASCO											LATITUD	10° 41' 36.14"	S
PROVINCIA	:PASCO											LONGITUD	76°15'51.11"	W
DISTRITO	:CHAUPIMARCA											ALTITUD	4357.00 msnm	
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL	
1988	231.90	153.50	116.70	133.80	31.70	7.20	14.50	12.60	46.80	204.60	165.20	241.30	1,359.80	
1989	195.70	162.60	222.00	102.40	31.90	91.40	24.90	36.40	100.40	111.00	96.30	77.20	1,252.20	
1990	259.70	157.10	121.00	69.10	52.50	74.30	7.30	14.60	96.70	102.70	176.70	179.10	1,310.80	
1991	89.50	44.20	219.70	66.70	44.70	47.50	12.10	0.70	57.60	163.00	141.70	58.40	945.80	
1992	100.00	78.10	102.30	79.00	8.50	29.90	3.20	48.50	62.60	93.20	24.60	149.20	779.10	
1993	175.40	140.20	170.70	139.90	64.90	1.90	12.00	41.90	53.60	217.10	245.40	206.80	1,469.80	
1994	234.60	192.20	149.00	109.10	69.20	47.50	51.80	32.00	54.40	121.00	102.60	133.20	1,296.60	
1995	109.00	109.10	194.40	72.20	40.20	6.20	7.40	0.60	44.80	85.00	126.40	105.90	901.20	
1996	174.50	129.60	168.40	96.50	46.70	14.80	7.50	18.80	49.70	100.60	111.90	133.40	1,052.40	
1997	128.20	141.40	139.70	71.60	35.70	16.00	12.40	13.50	25.00	74.20	125.60	131.90	915.20	
1998	91.70	214.40	112.20	72.20	15.70	11.40	0.00	1.50	25.40	130.50	103.80	69.00	847.80	
1999	135.60	176.80	146.30	68.90	32.50	21.60	5.90	3.30	87.40	70.70	116.60	124.10	989.70	
2000	189.10	153.20	132.50	42.80	43.60	5.50	11.40	29.00	25.10	118.20	48.20	144.10	942.70	
2001	178.90	142.90	160.00	52.70	62.00	5.70	32.40	13.30	34.50	97.80	88.90	163.60	1,032.70	
2002	37.00	172.50	150.10	72.80	44.30	10.90	41.70	12.70	52.00	136.20	102.30	131.80	964.30	
2003	124.20	125.60	174.70	114.00	39.20	26.20	5.00	20.20	50.70	24.80	98.40	141.90	944.90	
2004	69.60	163.90	69.10	62.00	36.40	30.60	24.00	29.60	112.60	88.70	130.80	151.50	968.80	
2005	93.60	138.40	159.20	53.30	12.20	6.80	7.80	20.30	32.20	79.70	85.90	85.30	774.70	
2006	97.20	109.40	150.40	97.00	13.30	37.90	5.60	15.10	62.70	169.00	134.20	126.40	1,018.20	
2007	92.90	76.40	183.90	80.50	63.90	0.00	17.10	5.40	30.40	88.00	101.10	97.40	836.90	
2008	135.80	94.10	50.20	63.70	11.60	26.80	6.20	13.20	58.40	103.30	68.80	83.00	715.10	
2009	119.40	105.60	188.20	54.20	34.70	30.30	23.00	56.80	21.40	68.80	135.40	213.00	1,050.80	
2010	178.00	123.30	126.40	59.90	17.00	2.00	7.00	0.00	23.70	94.10	73.10	120.00	824.50	
2011	165.80	164.20	149.30	65.70	25.60	0.00	15.60	12.90	102.70	73.10	76.50	191.70	1,043.10	
2012	152.60	166.60	88.40	104.70	44.20	17.60	5.70	7.30	53.60	108.80	116.70	203.80	1,070.00	
2013	190.40	134.70	178.00	85.60	46.70	26.60	21.40	35.60	46.50	168.30	77.80	117.20	1,128.80	
2014	200.00	165.20	156.00	71.10	45.20	22.00	19.70	8.30	71.70	63.40	92.90	124.90	1,040.40	
2015	139.00	65.00	129.80	96.40	43.10	15.70	19.50	8.50	56.62	76.30	124.40	120.90	895.22	
2016	87.70	164.60	107.00	76.20	23.70	20.00	9.70	30.50	32.70	98.10	20.60	118.00	788.80	
2017	160.30	180.20	134.20	88.80	64.90	0.50	7.70	7.10	57.10	58.30	122.00	115.90	997.00	
2018	139.30	100.60	118.30	80.80	36.20	17.70	16.20	26.00	86.00	206.10	112.20	231.10	1,170.50	
2019	367.00	313.10	324.70	149.50	79.50	10.24	17.80	9.70	50.90	123.50	171.90	455.60	2,073.44	
Promedio	151.36	142.46	149.78	82.91	39.42	21.34	14.80	18.31	55.19	109.94	109.97	148.33	1,043.79	
D. Estand.	64.81	49.63	50.15	25.75	18.13	20.77	11.24	14.55	24.73	45.24	43.80	72.49	259.99	
C. Variabi.	0.43	0.35	0.33	0.31	0.46	0.97	0.76	0.79	0.45	0.41	0.40	0.49	0.25	
Maximo	367.00	313.10	324.70	149.50	79.50	91.40	51.80	56.80	112.60	217.10	245.40	455.60	2,073.44	
Minimo	37.00	44.20	50.20	42.80	8.50	0.00	0.00	0.00	21.40	24.80	20.60	58.40	715.10	
Años Reg.	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	32.00	

FUENTE: SENAMHI

3.8.2.5. Análisis de la precipitación total mensual y máxima de 24 horas

Prueba de ajuste de Smirnov – Kolmogorov

Consistio en comparar las diferencias existentes, entre la probabilidad empírica de los datos de la muestra y la probabilidad teórica, tomando el valor máximo del valor absoluto, de la diferencia entre el valor observado y el valor de la recta teórica del modelo, es decir:

$$\Delta = \max[F(x) - P(x)]$$

Dónde:

$\Delta =$ Estadístico de Sminorv-kolmogorov, cuyo valor es igual a la diferencia máxima existente entre la probabilidad ajustada y la probabilidad empírica.

$F(x) =$ Probabilidad de la diferencia teórica.

$F(x)$ = Probabilidad experimental o empírica de los datos, también denominada frecuencia acumulada.

El estadístico Δ tiene su función de distribución de probabilidades, si Δ_0 es un valor crítico para un nivel de significancia α , se tiene que:

$$P[\text{máx}(F(x) - P(x)) \geq \Delta_0] = \alpha$$

Se han ajustado los datos para un nivel de significancia $\alpha = 0.05$ a las funciones de probabilidad Gumbel, Log Normal, Gamma, etc. En las tablas N° 41 y N° 42 se muestran los ajustes a las distribuciones antes indicadas de las precipitaciones máximas en 24 horas y de la precipitación total mensual de la estación Cerro de Pasco, en el cuadro 41 se observa que todas las distribuciones cumplen con la prueba de Smirnov – Kolmogorov ($\Delta < \Delta_0$) y de igual manera en el cuadro 46 todas las distribuciones cumplen con la prueba de bondad y ajuste.

**Tabla N° 41. Ajuste de Precipitaciones máximas en 24 horas estación
Cerro de Pasco**

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D					
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	
1	60.0	0.030	0.001	0.005	0.030	0.019	0.006	0.02913	0.02485	0.00044	0.01110	0.02430
2	51.0	0.061	0.018	0.026	0.058	0.055	0.031	0.04244	0.03499	0.00264	0.00606	0.02926
3	46.7	0.091	0.051	0.052	0.082	0.089	0.064	0.04037	0.03898	0.00883	0.00194	0.02718
4	46.0	0.121	0.059	0.058	0.087	0.096	0.071	0.06251	0.06313	0.03416	0.02496	0.05009
5	40.0	0.152	0.175	0.145	0.148	0.186	0.169	0.02389	0.00656	0.00330	0.03424	0.01791
6	39.2	0.182	0.198	0.163	0.160	0.202	0.188	0.01622	0.01931	0.02206	0.02034	0.00637
7	38.0	0.212	0.235	0.192	0.179	0.229	0.219	0.02300	0.02002	0.03300	0.01700	0.00704
8	37.0	0.242	0.269	0.220	0.197	0.254	0.248	0.02632	0.02247	0.04503	0.01142	0.00520
9	36.0	0.273	0.305	0.251	0.218	0.281	0.279	0.03189	0.02188	0.05484	0.00800	0.00579
10	35.9	0.303	0.308	0.254	0.220	0.284	0.282	0.00529	0.04892	0.08296	0.01950	0.02129
11	33.2	0.333	0.415	0.354	0.290	0.368	0.377	0.08121	0.02057	0.04352	0.03449	0.04402
12	29.4	0.364	0.573	0.528	0.435	0.512	0.534	0.20971	0.16471	0.07119	0.14872	0.17076
13	29.4	0.394	0.573	0.528	0.435	0.512	0.534	0.17940	0.13441	0.04089	0.11841	0.14046
14	28.6	0.424	0.606	0.568	0.475	0.546	0.569	0.18189	0.14417	0.05026	0.12159	0.14506
15	28.0	0.455	0.630	0.599	0.507	0.571	0.596	0.17571	0.14420	0.05215	0.11685	0.14103
16	27.3	0.485	0.658	0.634	0.547	0.602	0.626	0.17291	0.14935	0.06213	0.11671	0.14131
17	27.0	0.515	0.669	0.649	0.565	0.615	0.639	0.15415	0.13418	0.05001	0.09941	0.12404
18	26.8	0.545	0.677	0.659	0.578	0.623	0.648	0.13146	0.11393	0.03213	0.07779	0.10239
19	26.7	0.576	0.681	0.664	0.584	0.628	0.652	0.10493	0.08865	0.00812	0.05182	0.07640
20	26.2	0.606	0.699	0.689	0.616	0.649	0.674	0.09323	0.08324	0.01023	0.04323	0.06754
21	25.8	0.636	0.714	0.709	0.643	0.667	0.691	0.07745	0.07258	0.00689	0.03025	0.05418
22	25.8	0.667	0.714	0.709	0.643	0.667	0.691	0.04714	0.04228	0.02342	0.00005	0.02387
23	25.4	0.697	0.728	0.728	0.671	0.684	0.707	0.03102	0.03131	0.02589	0.01311	0.01029
24	25.1	0.727	0.738	0.743	0.692	0.697	0.720	0.01111	0.01527	0.03481	0.03056	0.00764
25	25.1	0.758	0.738	0.743	0.692	0.697	0.720	0.01919	0.01503	0.06511	0.06086	0.03794
26	24.5	0.788	0.759	0.770	0.736	0.722	0.744	0.02933	0.01754	0.05154	0.06574	0.04400
27	24.4	0.818	0.762	0.775	0.744	0.726	0.748	0.05635	0.04332	0.07442	0.09185	0.07034
28	22.9	0.848	0.808	0.838	0.856	0.787	0.804	0.04053	0.01013	0.00708	0.06140	0.04399
29	22.6	0.879	0.816	0.850	0.877	0.799	0.815	0.06231	0.02887	0.00176	0.08016	0.06370
30	21.6	0.909	0.843	0.885	0.941	0.835	0.848	0.06594	0.02375	0.03206	0.07383	0.06071
31	20.7	0.939	0.865	0.913	0.982	0.865	0.875	0.07454	0.02659	0.04229	0.07398	0.06393
32	20.6	0.970	0.867	0.916	0.985	0.869	0.878	0.10256	0.05411	0.01509	0.10111	0.09140
								0.20971	0.16471	0.08296	0.14872	0.17076
								Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
							Δ =	0.2340				
							Elaboración Propia					

Tabla N° 42 -Ajuste de Precipitaciones mensuales estación Cerro de Pasco

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D					
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	
1	455.6	0.030	0.000	0.000	0.005	0.004	0.000	0.03030	0.03022	0.02483	0.02668	0.03004
2	259.7	0.061	0.140	0.096	0.113	0.160	0.140	0.07892	0.03585	0.05233	0.09897	0.07932
3	245.4	0.091	0.203	0.146	0.148	0.206	0.193	0.11234	0.05486	0.05713	0.11503	0.10236
4	241.3	0.121	0.224	0.163	0.160	0.221	0.211	0.10310	0.04203	0.03900	0.10003	0.08982
5	234.6	0.152	0.261	0.195	0.183	0.248	0.243	0.10975	0.04385	0.03101	0.09680	0.09100
6	231.1	0.182	0.282	0.214	0.196	0.264	0.260	0.09992	0.03217	0.01369	0.08170	0.07836
7	222.0	0.212	0.338	0.269	0.234	0.307	0.310	0.12619	0.05639	0.02203	0.09445	0.09780
8	219.7	0.242	0.353	0.284	0.245	0.318	0.323	0.11086	0.04129	0.00274	0.07585	0.08093
9	214.4	0.273	0.389	0.321	0.273	0.347	0.356	0.11588	0.04815	0.00005	0.07377	0.08281
10	213.0	0.303	0.398	0.331	0.280	0.354	0.364	0.09508	0.02815	0.02256	0.05122	0.06128
11	203.8	0.333	0.462	0.404	0.338	0.408	0.425	0.12848	0.07032	0.00444	0.07482	0.09125
12	200.0	0.364	0.489	0.436	0.365	0.432	0.451	0.12488	0.07212	0.00114	0.06823	0.08701
13	194.4	0.394	0.528	0.485	0.408	0.468	0.490	0.13398	0.09099	0.01454	0.07429	0.09608
14	191.7	0.424	0.547	0.509	0.431	0.486	0.509	0.12260	0.08504	0.00705	0.06207	0.08509
15	190.4	0.455	0.556	0.521	0.443	0.495	0.519	0.10138	0.06658	0.01184	0.04059	0.06414
16	189.1	0.485	0.565	0.533	0.454	0.504	0.528	0.08012	0.04818	0.03047	0.01918	0.04323
17	183.9	0.515	0.601	0.581	0.504	0.540	0.566	0.08563	0.06591	0.01129	0.02512	0.05072
18	180.2	0.545	0.626	0.615	0.542	0.567	0.593	0.08031	0.06991	0.00369	0.02112	0.04740
19	178.9	0.576	0.634	0.627	0.556	0.576	0.602	0.05867	0.05163	0.02016	0.00014	0.02656
20	178.0	0.606	0.640	0.636	0.565	0.582	0.609	0.03433	0.02963	0.04073	0.02368	0.00281
21	176.8	0.636	0.648	0.647	0.578	0.591	0.618	0.01191	0.01036	0.05786	0.04533	0.01878
22	174.7	0.667	0.662	0.666	0.602	0.606	0.633	0.00474	0.00076	0.06462	0.06043	0.03388
23	174.5	0.697	0.663	0.668	0.604	0.608	0.634	0.03375	0.02924	0.09264	0.08929	0.06274
24	172.5	0.727	0.676	0.686	0.627	0.622	0.649	0.05127	0.04148	0.09990	0.10507	0.07865
25	169.0	0.758	0.698	0.717	0.669	0.648	0.674	0.05969	0.04075	0.08872	0.10995	0.08401
26	164.6	0.788	0.724	0.754	0.723	0.679	0.704	0.06347	0.03342	0.06534	0.10840	0.08357
27	163.9	0.818	0.729	0.760	0.731	0.685	0.709	0.08966	0.05790	0.08701	0.13367	0.10906
28	159.2	0.848	0.755	0.798	0.789	0.718	0.741	0.09317	0.05056	0.05931	0.13048	0.10768
29	149.2	0.879	0.807	0.868	0.904	0.786	0.804	0.07154	0.01070	0.02489	0.09266	0.07519
30	141.4	0.909	0.843	0.912	0.968	0.835	0.847	0.06643	0.00269	0.05920	0.07450	0.06199
31	139.0	0.939	0.853	0.923	0.981	0.848	0.859	0.08676	0.01625	0.04176	0.09097	0.08001
32	135.8	0.970	0.865	0.937	0.993	0.866	0.875	0.10443	0.03293	0.02290	0.10371	0.09481
								0.13398	0.09099	0.09990	0.13367	0.10906
								Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
							Δ =	0.2340				
							Elaboración Propia					

En los Cuadros 43 y 44 se muestran los ajustes a las distribuciones antes indicadas de las precipitaciones máximas en 24 horas y de la precipitación total mensual de la estación Yanahuanca, en el cuadro 43 se observa que todas las distribuciones cumplen con la prueba de Smirnov – Kolmogorov ($\Delta < \Delta_0$), en el cuadro 44 la distribución que no cumple con la prueba de bondad y ajuste es el logaritmo natural de tres parámetros.

Tabla Nº 43- Ajuste de Precipitaciones máximas en 24 horas estación Yanahuanca

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D						
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma		
1	63.1	0.040	0.003	0.092	0.011	0.029	0.014	0.03719	0.05151	0.02915	0.01133	0.02612	
2	54.8	0.080	0.017	0.126	0.031	0.057	0.035	0.06328	0.04573	0.04882	0.02326	0.04503	
3	35.3	0.120	0.268	0.284	0.250	0.260	0.235	0.14798	0.16406	0.12966	0.13962	0.11506	
4	33.0	0.160	0.330	0.315	0.303	0.306	0.284	0.16958	0.15470	0.14326	0.14557	0.12441	
5	32.4	0.200	0.347	0.323	0.318	0.319	0.298	0.14654	0.12328	0.11834	0.11854	0.09844	
6	32.0	0.240	0.358	0.329	0.329	0.327	0.308	0.11802	0.08915	0.08865	0.08741	0.06807	
7	31.5	0.280	0.373	0.337	0.342	0.339	0.320	0.09256	0.05664	0.06180	0.05875	0.04041	
8	31.3	0.320	0.378	0.340	0.347	0.343	0.325	0.05842	0.01969	0.02714	0.02337	0.00544	
9	30.7	0.360	0.396	0.349	0.363	0.357	0.341	0.03619	0.01097	0.00344	0.00250	0.01916	
10	30.0	0.400	0.417	0.360	0.383	0.374	0.359	0.01718	0.03973	0.01704	0.02552	0.04059	
11	29.0	0.440	0.448	0.377	0.412	0.400	0.387	0.00758	0.06299	0.02829	0.04032	0.05296	
12	28.3	0.480	0.469	0.389	0.432	0.418	0.407	0.01095	0.09078	0.04761	0.06205	0.07287	
13	28.0	0.520	0.478	0.395	0.441	0.426	0.416	0.04171	0.12541	0.07862	0.09406	0.10408	
14	23.4	0.560	0.618	0.487	0.586	0.558	0.562	0.05839	0.07290	0.02555	0.00183	0.00211	
15	23.3	0.600	0.621	0.489	0.589	0.561	0.565	0.02133	0.11066	0.01126	0.03879	0.03453	
16	22.5	0.640	0.645	0.508	0.614	0.586	0.593	0.00462	0.13241	0.02576	0.05437	0.04748	
17	22.2	0.680	0.653	0.515	0.624	0.595	0.603	0.02677	0.16540	0.05623	0.08516	0.07727	
18	22.0	0.720	0.659	0.519	0.630	0.601	0.610	0.06108	0.20067	0.08989	0.11901	0.11045	
19	21.0	0.760	0.687	0.544	0.662	0.632	0.644	0.07319	0.21644	0.09845	0.12814	0.11628	
20	19.2	0.800	0.734	0.590	0.717	0.687	0.705	0.06565	0.21030	0.08347	0.11273	0.09508	
21	19.2	0.840	0.734	0.590	0.717	0.687	0.705	0.10565	0.25030	0.12347	0.15273	0.13508	
22	18.2	0.880	0.759	0.617	0.746	0.718	0.738	0.12092	0.26330	0.13422	0.16244	0.14175	
23	2.6	0.920	0.972	0.998	0.989	0.991	1.000	0.05191	0.07778	0.06914	0.07080	0.07968	
24	2.1	0.960	0.974	0.999	0.991	0.992	1.000	0.01431	0.03911	0.03080	0.03247	0.03987	
							0.16958	0.26330	0.14326	0.16244	0.14175		
							Acceptada	Acceptada	Acceptada	Acceptada	Acceptada		
							Δ₀ = 0.275						
Elaboración Propia													

Tabla Nº 44-Ajuste de Precipitaciones mensuales estación Yanahuanca

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D						
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma		
1	241.9	0.048	0.038	0.188	0.988	0.086	0.055	0.00934	0.14082	0.94088	0.03867	0.00701	
2	196.5	0.095	0.171	0.269	0.846	0.195	0.164	0.07625	0.17350	0.75046	0.09931	0.06890	
3	192.0	0.143	0.193	0.279	0.819	0.210	0.181	0.05018	0.13579	0.67581	0.06731	0.03833	
4	178.4	0.190	0.268	0.311	0.725	0.264	0.241	0.07705	0.12071	0.53485	0.07357	0.05063	
5	177.8	0.238	0.271	0.313	0.721	0.267	0.244	0.03303	0.07462	0.48278	0.02857	0.00596	
6	169.9	0.286	0.321	0.334	0.661	0.303	0.285	0.03480	0.04797	0.37487	0.01739	0.00047	
7	168.7	0.333	0.328	0.337	0.651	0.309	0.292	0.00500	0.00367	0.31786	0.02437	0.04144	
8	167.8	0.381	0.334	0.340	0.644	0.313	0.297	0.04670	0.04144	0.26318	0.06754	0.08400	
9	160.1	0.429	0.386	0.362	0.583	0.353	0.343	0.04216	0.06670	0.15452	0.07510	0.08604	
10	154.7	0.476	0.424	0.379	0.540	0.384	0.377	0.05186	0.09767	0.06402	0.09254	0.09929	
11	153.1	0.524	0.436	0.384	0.528	0.393	0.387	0.08809	0.14020	0.00378	0.13090	0.13636	
12	150.7	0.571	0.453	0.391	0.509	0.407	0.404	0.11853	0.18005	0.06267	0.16435	0.16786	
13	148.6	0.619	0.468	0.398	0.492	0.420	0.418	0.15104	0.22073	0.12662	0.19932	0.20110	
14	144.1	0.667	0.501	0.414	0.458	0.448	0.450	0.16616	0.25303	0.20870	0.21904	0.21709	
15	123.9	0.714	0.643	0.490	0.317	0.583	0.601	0.07097	0.22393	0.39708	0.13081	0.11304	
16	122.0	0.762	0.656	0.498	0.305	0.597	0.616	0.10584	0.26363	0.45648	0.16505	0.14601	
17	114.4	0.810	0.705	0.531	0.261	0.651	0.674	0.10430	0.27831	0.54840	0.15889	0.13533	
18	91.6	0.857	0.830	0.642	0.156	0.804	0.834	0.02753	0.21513	0.70142	0.05279	0.02330	
19	13.9	0.905	0.991	0.997	0.018	0.999	1.000	0.08612	0.09257	0.88671	0.09455	0.09523	
20	13.3	0.952	0.991	0.998	0.018	0.999	1.000	0.03876	0.04538	0.93466	0.04699	0.04761	
							0.16616	0.27831	0.94088	0.21904	0.21709		
							Acceptada	Acceptada	Rechazada	Acceptada	Acceptada		
							Δ₀ = 0.294						
Elaboración Propia													

En los Cuadros Nº 45 y Nº 46 se muestran los ajustes a las distribuciones antes indicadas de las precipitaciones máximas en 24 horas y de la precipitación total mensual de la estación San Rafael, en el cuadro 45 se

observa que todas las distribuciones cumplen con la prueba de Smirnov – Kolmogorov ($\Delta < \Delta_0$) y de igual manera en el cuadro 46 todas las distribuciones cumplen con la prueba de bondad y ajuste.

Tabla Nº 45- Ajuste de Precipitaciones máximas en 24 horas estación San Rafael

		Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D					
DATOS		Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	
1	56.7	0.036	0.004	0.015	0.017	0.031	0.012	0.03162	0.02036	0.01856	0.00424	0.02397	
2	52.9	0.071	0.013	0.028	0.030	0.049	0.024	0.05856	0.04332	0.04108	0.02226	0.04714	
3	42.1	0.107	0.146	0.140	0.141	0.168	0.145	0.03865	0.03257	0.03367	0.06078	0.03805	
4	41.8	0.143	0.153	0.146	0.147	0.174	0.152	0.01054	0.00269	0.00367	0.03065	0.00869	
5	41.1	0.179	0.172	0.160	0.161	0.187	0.167	0.00644	0.01858	0.01794	0.00859	0.01134	
6	40.0	0.214	0.204	0.185	0.185	0.211	0.194	0.00990	0.02920	0.02916	0.00374	0.01998	
7	38.5	0.250	0.254	0.224	0.223	0.246	0.236	0.00374	0.02566	0.02655	0.00357	0.01380	
8	36.8	0.286	0.316	0.276	0.274	0.293	0.291	0.03071	0.00943	0.01150	0.00737	0.00498	
9	33.5	0.321	0.453	0.400	0.396	0.402	0.416	0.13140	0.07856	0.07431	0.08106	0.09477	
10	33.0	0.357	0.474	0.421	0.417	0.421	0.437	0.11730	0.06404	0.05953	0.06404	0.07999	
11	32.7	0.393	0.487	0.434	0.430	0.433	0.450	0.09460	0.04131	0.03666	0.03979	0.05703	
12	32.0	0.429	0.518	0.465	0.460	0.460	0.480	0.08928	0.03663	0.03171	0.03151	0.05156	
13	31.9	0.464	0.522	0.470	0.465	0.464	0.485	0.05790	0.00543	0.00048	0.00021	0.02022	
14	29.9	0.500	0.608	0.563	0.558	0.547	0.574	0.10770	0.06305	0.05787	0.04734	0.07356	
15	29.6	0.536	0.620	0.577	0.572	0.560	0.587	0.08448	0.04169	0.03656	0.02456	0.05134	
16	29.4	0.571	0.628	0.587	0.582	0.569	0.596	0.05703	0.01557	0.01048	0.00248	0.02461	
17	29.3	0.607	0.633	0.592	0.587	0.573	0.601	0.02542	0.01534	0.02041	0.03384	0.00662	
18	28.8	0.643	0.653	0.616	0.611	0.595	0.623	0.01001	0.02702	0.03193	0.04771	0.01994	
19	28.6	0.679	0.661	0.625	0.621	0.604	0.632	0.01770	0.05312	0.05795	0.07464	0.04674	
20	28.2	0.714	0.677	0.645	0.640	0.622	0.650	0.03762	0.06965	0.07429	0.09276	0.06471	
21	25.5	0.750	0.774	0.769	0.767	0.739	0.763	0.02406	0.01904	0.01657	0.01117	0.01336	
22	25.1	0.786	0.787	0.786	0.784	0.755	0.779	0.00122	0.00039	0.00165	0.03023	0.00682	
23	25.1	0.821	0.787	0.786	0.784	0.755	0.779	0.03450	0.03532	0.03737	0.06594	0.04253	
24	22.8	0.857	0.852	0.873	0.874	0.844	0.859	0.00488	0.01599	0.01640	0.01356	0.00168	
25	21.8	0.893	0.876	0.904	0.905	0.876	0.888	0.01690	0.01101	0.01232	0.01638	0.00505	
26	21.6	0.929	0.880	0.909	0.911	0.883	0.893	0.04821	0.01913	0.01767	0.04599	0.03542	
27	16.4	0.964	0.959	0.990	0.992	0.982	0.980	0.00497	0.02596	0.02768	0.01727	0.01599	
								0.13140	0.07856	0.07431	0.09276	0.09477	
								Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	
								Δ =	0.2540				
Elaboración Propia													

Tabla N° 46-Ajuste de Precipitaciones mensuales estación San Rafael

		Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D				
DATOS		Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma
1	223.0	0.036	0.005	0.014	0.007	0.033	0.010	0.03109	0.02159	0.02847	0.00279	0.02596
2	198.1	0.071	0.045	0.060	0.049	0.086	0.054	0.02681	0.01106	0.02202	0.01502	0.01767
3	182.7	0.107	0.127	0.133	0.128	0.154	0.129	0.01980	0.02576	0.02049	0.04680	0.02207
4	175.6	0.143	0.188	0.185	0.185	0.199	0.184	0.04562	0.04180	0.04249	0.05617	0.04117
5	173.6	0.179	0.209	0.202	0.204	0.214	0.202	0.03012	0.02311	0.02579	0.03509	0.02350
6	171.9	0.214	0.227	0.217	0.221	0.227	0.218	0.01254	0.00275	0.00718	0.01253	0.00404
7	164.2	0.250	0.319	0.297	0.309	0.295	0.302	0.06914	0.04678	0.05943	0.04515	0.05233
8	162.0	0.286	0.348	0.323	0.337	0.317	0.329	0.06244	0.03686	0.05172	0.03170	0.04357
9	160.1	0.321	0.374	0.346	0.362	0.338	0.354	0.05252	0.02443	0.04106	0.01621	0.03208
10	158.6	0.357	0.395	0.365	0.383	0.354	0.373	0.03759	0.00773	0.02564	0.00289	0.01606
11	157.8	0.393	0.406	0.375	0.394	0.363	0.384	0.01308	0.01763	0.00092	0.02951	0.00896
12	157.3	0.429	0.413	0.382	0.401	0.369	0.391	0.01558	0.04680	0.02787	0.05945	0.03792
13	157.3	0.464	0.413	0.382	0.401	0.369	0.391	0.05130	0.08251	0.06358	0.09517	0.07363
14	155.5	0.500	0.439	0.406	0.426	0.390	0.415	0.06143	0.09422	0.07406	0.10961	0.08467
15	151.7	0.536	0.493	0.459	0.480	0.438	0.469	0.04241	0.07721	0.05523	0.09787	0.06663
16	149.6	0.571	0.524	0.489	0.511	0.465	0.499	0.04776	0.08284	0.06036	0.10598	0.07195
17	148.5	0.607	0.540	0.505	0.527	0.480	0.516	0.06761	0.10258	0.08001	0.12688	0.09161
18	144.8	0.643	0.592	0.559	0.581	0.532	0.570	0.05057	0.08392	0.06184	0.11120	0.07309
19	134.9	0.679	0.723	0.703	0.718	0.676	0.710	0.04465	0.02421	0.03903	0.00288	0.03159
20	133.2	0.714	0.743	0.726	0.739	0.700	0.733	0.02919	0.01186	0.02476	0.01394	0.01829
21	131.2	0.750	0.766	0.753	0.763	0.729	0.758	0.01627	0.00278	0.01327	0.02111	0.00801
22	126.8	0.786	0.812	0.807	0.812	0.789	0.810	0.02653	0.02167	0.02659	0.00326	0.02413
23	125.5	0.821	0.825	0.822	0.826	0.806	0.824	0.00325	0.00087	0.00416	0.01568	0.00252
24	115.4	0.857	0.903	0.916	0.909	0.914	0.913	0.04599	0.05895	0.05189	0.05673	0.05550
25	114.7	0.893	0.907	0.921	0.914	0.920	0.917	0.01456	0.02821	0.02067	0.02680	0.02453
26	112.0	0.929	0.923	0.938	0.929	0.940	0.934	0.00595	0.00983	0.00081	0.01112	0.00546
27	97.4	0.964	0.975	0.989	0.981	0.993	0.986	0.01027	0.02496	0.01655	0.02917	0.02130
								0.06914	0.10258	0.08001	0.12688	0.09161
								Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
							Δ =	0.2540				
							Elaboración Propia					

En los Cuadros N° 47 y N° 48 se muestran los ajustes a las distribuciones antes indicadas de las precipitaciones máximas en 24 horas y de la precipitación total mensual de la estación Jacas Chico, en el cuadro 47 se observa que todas las distribuciones cumplen con la prueba de Smirnov – Kolmogorov ($\Delta < \Delta_0$) y de igual manera en el cuadro 48 todas las distribuciones cumplen con la prueba de bondad y ajuste.

Tabla Nº 47- Ajuste de Precipitaciones máximas en 24 horas estación Jacas Chico

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D					
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	
1	47.3	0.033	0.032	0.052	0.048	0.072	0.042	0.00170	0.01852	0.01432	0.03864	0.00898
2	43.4	0.067	0.093	0.108	0.105	0.126	0.099	0.02633	0.04102	0.03791	0.05974	0.03279
3	43.2	0.100	0.098	0.112	0.109	0.130	0.104	0.00235	0.01160	0.00861	0.03004	0.00358
4	42.7	0.133	0.110	0.122	0.119	0.140	0.114	0.02333	0.01143	0.01406	0.00623	0.01884
5	41.7	0.167	0.138	0.145	0.143	0.161	0.139	0.02868	0.02178	0.02354	0.00613	0.02767
6	41.5	0.200	0.144	0.150	0.148	0.165	0.144	0.05588	0.05012	0.05168	0.03494	0.05565
7	40.8	0.233	0.167	0.168	0.168	0.182	0.164	0.06631	0.06486	0.06566	0.05153	0.06902
8	40.0	0.267	0.196	0.192	0.192	0.203	0.190	0.07075	0.07475	0.07458	0.06391	0.07713
9	39.0	0.300	0.236	0.225	0.226	0.232	0.225	0.06398	0.07537	0.07386	0.06813	0.07523
10	38.3	0.333	0.267	0.250	0.252	0.254	0.252	0.06675	0.08348	0.08096	0.07905	0.08144
11	38.2	0.367	0.271	0.254	0.256	0.258	0.256	0.09556	0.11305	0.11039	0.10904	0.11074
12	37.2	0.400	0.318	0.293	0.298	0.293	0.299	0.08166	0.10660	0.10248	0.10693	0.10149
13	36.9	0.433	0.333	0.306	0.311	0.304	0.312	0.10018	0.12724	0.12268	0.12892	0.12129
14	36.4	0.467	0.358	0.328	0.333	0.324	0.335	0.10824	0.13865	0.13339	0.14260	0.13134
15	33.0	0.500	0.541	0.499	0.507	0.481	0.513	0.04124	0.00120	0.00722	0.01855	0.01280
16	32.1	0.533	0.590	0.548	0.557	0.529	0.563	0.05644	0.01512	0.02360	0.00429	0.02959
17	30.1	0.567	0.692	0.660	0.667	0.640	0.673	0.12522	0.09315	0.10030	0.07293	0.10617
18	30.1	0.600	0.692	0.660	0.667	0.640	0.673	0.09189	0.05982	0.06697	0.03960	0.07284
19	29.8	0.633	0.706	0.676	0.683	0.656	0.689	0.07287	0.04289	0.04967	0.02303	0.05540
20	28.8	0.667	0.752	0.729	0.735	0.712	0.740	0.08491	0.06278	0.06808	0.04497	0.07318
21	28.0	0.700	0.785	0.770	0.774	0.754	0.778	0.08499	0.06981	0.07371	0.05447	0.07813
22	27.5	0.733	0.804	0.794	0.797	0.780	0.801	0.07114	0.06042	0.06338	0.04691	0.06734
23	26.7	0.767	0.833	0.830	0.831	0.819	0.834	0.06666	0.06296	0.06441	0.05268	0.06756
24	26.1	0.800	0.853	0.854	0.855	0.847	0.857	0.05307	0.05434	0.05469	0.04658	0.05724
25	26.0	0.833	0.856	0.858	0.858	0.851	0.861	0.02287	0.02493	0.02510	0.01759	0.02755
26	25.1	0.867	0.882	0.891	0.890	0.887	0.891	0.01568	0.02426	0.02296	0.02055	0.02455
27	24.2	0.900	0.905	0.919	0.916	0.918	0.917	0.00494	0.01868	0.01619	0.01810	0.01704
28	22.4	0.933	0.940	0.960	0.956	0.963	0.956	0.00694	0.02617	0.02250	0.02941	0.02232
29	22.4	0.967	0.940	0.960	0.956	0.963	0.956	0.02640	0.00717	0.01084	0.00393	0.01101
								0.12522	0.13865	0.13339	0.14260	0.13134
								Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
								$\Delta =$	0.2460			
								Elaboración Propia				

Tabla Nº 48-Ajuste de Precipitaciones mensuales estación Jacas Chico

DATOS	Probabilidad de excedencia F(x)						Diferencia Delta D					
	Empírica	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	Normal	LN2	LN3	Gumbel	Gamma	
1	445.8	0.033	0.000	0.001	0.008	0.009	0.001	0.03325	0.03241	0.02565	0.02429	0.03216
2	322.4	0.067	0.050	0.047	0.065	0.090	0.062	0.01650	0.02011	0.00124	0.02369	0.00478
3	291.7	0.100	0.132	0.108	0.116	0.156	0.134	0.03180	0.00799	0.01643	0.05595	0.03354
4	273.3	0.133	0.211	0.171	0.165	0.214	0.201	0.07772	0.03790	0.03198	0.08039	0.06770
5	268.4	0.167	0.236	0.192	0.182	0.232	0.223	0.06945	0.02567	0.01485	0.06528	0.05591
6	256.1	0.200	0.306	0.254	0.229	0.283	0.283	0.10566	0.05399	0.02943	0.08346	0.08342
7	255.6	0.233	0.309	0.257	0.232	0.286	0.286	0.07534	0.02343	0.00172	0.05240	0.05276
8	254.5	0.267	0.315	0.263	0.237	0.291	0.292	0.04867	0.00372	0.03016	0.02412	0.02536
9	243.9	0.300	0.382	0.328	0.289	0.343	0.353	0.08239	0.02771	0.01113	0.04309	0.05294
10	237.0	0.333	0.428	0.375	0.329	0.381	0.396	0.09484	0.04138	0.00482	0.04728	0.06254
11	231.2	0.367	0.467	0.417	0.366	0.414	0.434	0.10078	0.05022	0.00116	0.04755	0.06699
12	225.7	0.400	0.505	0.459	0.404	0.448	0.471	0.10499	0.05880	0.00382	0.04770	0.07067
13	218.2	0.433	0.556	0.518	0.461	0.496	0.522	0.12272	0.08498	0.02785	0.06234	0.08914
14	215.1	0.467	0.577	0.544	0.487	0.517	0.545	0.11061	0.07720	0.02034	0.04984	0.07786
15	213.8	0.500	0.586	0.554	0.498	0.525	0.553	0.08564	0.05407	0.00247	0.02488	0.05330
16	209.8	0.533	0.612	0.587	0.532	0.552	0.581	0.07878	0.05351	0.00112	0.01864	0.04808
17	208.7	0.567	0.619	0.596	0.542	0.560	0.589	0.05265	0.02920	0.02466	0.00717	0.02248
18	207.7	0.600	0.626	0.604	0.551	0.566	0.596	0.02576	0.00399	0.04909	0.03370	0.00391
19	203.1	0.633	0.655	0.642	0.593	0.598	0.628	0.02194	0.00833	0.03993	0.03512	0.00503
20	201.1	0.667	0.668	0.658	0.612	0.612	0.642	0.00114	0.00880	0.05437	0.05452	0.02449
21	194.1	0.700	0.710	0.713	0.680	0.661	0.690	0.01013	0.01336	0.01998	0.03900	0.01016
22	187.3	0.733	0.749	0.765	0.747	0.708	0.734	0.01531	0.03117	0.01325	0.02538	0.00097
23	184.1	0.767	0.766	0.787	0.777	0.730	0.754	0.00088	0.02062	0.01079	0.03704	0.01227
24	181.5	0.800	0.779	0.805	0.802	0.747	0.770	0.02093	0.00488	0.00174	0.05325	0.02991
25	179.2	0.833	0.791	0.820	0.823	0.762	0.784	0.04260	0.01310	0.01013	0.07133	0.04940
26	177.6	0.867	0.799	0.830	0.838	0.772	0.793	0.06814	0.03623	0.02911	0.09436	0.07344
27	164.9	0.900	0.854	0.900	0.934	0.848	0.860	0.04597	0.00040	0.03441	0.05208	0.04009
28	164.8	0.933	0.854	0.901	0.935	0.848	0.860	0.07891	0.03246	0.00168	0.08487	0.07296
29	149.9	0.967	0.905	0.956	0.992	0.918	0.920	0.06160	0.01070	0.02539	0.04839	0.04619
								0.12272	0.08498	0.05437	0.09436	0.08914
								Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada	Aceptada
								$\Delta =$	0.2460			
								Elaboración Propia				

Los resultados indican que los datos históricos de la precipitación total mensual se ajustan a los momentos lineales donde el Delta calculado es menor al Delta teórico. Para la precipitación máxima en 24 horas los datos se ajustan a los parámetros ordinarios y a los momentos lineales.

Se concluye que los ajustes son buenos para todas las funciones de probabilidad.

3.8.2.6. Método de cálculo para el caudal de diseño

Para el cálculo de los caudales máximos en las áreas de drenaje, que cortan al eje de la carretera departamental, se ha considerado el método Racional, el cual supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia se produce cuando la duración de ésta es igual al tiempo de concentración t_c , definido como el tiempo que le toma a una gota que cae en el punto más alejado de la cuenca, llegar a la salida de ésta.

Con este método se estima la escorrentía total a partir de datos de precipitación y parámetros geomorfológicos de la cuenca como: área, longitud del cauce principal y pendiente.

Precipitación máxima en 24 horas

Para el cálculo de caudales máximos, debido a la escasa información hidrométrica, se analizó la información de precipitación máxima en 24h de la estación Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Jacas Chico que son próximas al área del proyecto.

Las precipitaciones máximas en 24h de las estaciones antes mencionadas, fueron ajustadas por un factor que es el cociente de la relación entre la precipitación media anual a una altitud media del área de estudio y la precipitación media anual de la estación Cerro de Pasco. Para ello se han utilizado los mismos parámetros para la generación de precipitación en el área de drenaje para el aporte de las 35 áreas de drenaje y que sirve como referencia para el cálculo de caudales de los demás aportes que interceptan la vía en estudio.

3.8.2.7. Coeficientes de Escurrimiento

El coeficiente de escurrimiento o escorrentía es un parámetro que representa la porción de precipitación anual que escurre en una Microcuenca dada.

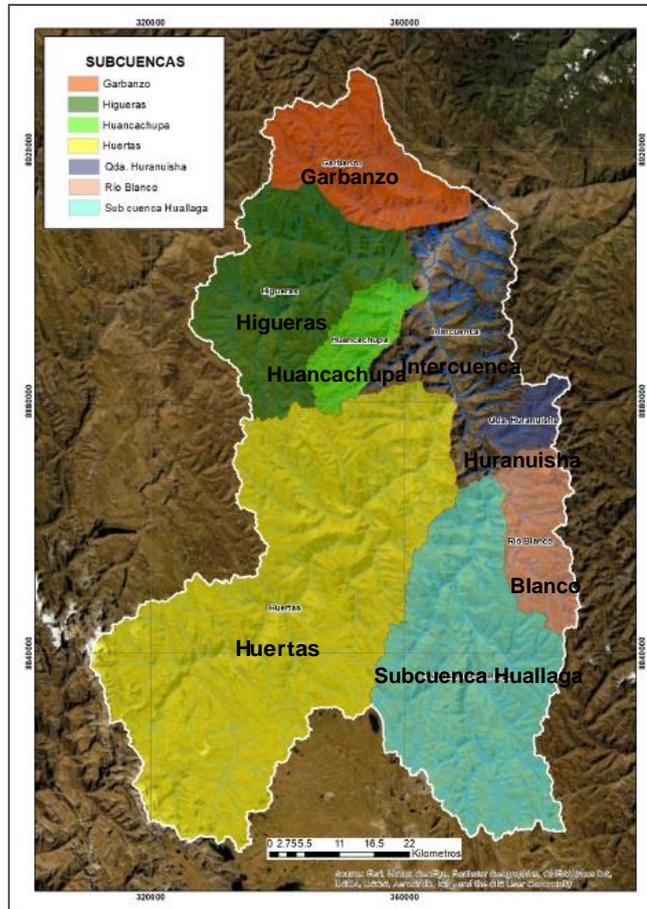
El coeficiente de escorrentía es calculado en función a lo indicado en la tesis de grado denominada: "Estimación de los Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Alta del Huallaga, Aplicando un Modelo Hidrológico Racional con Imágenes Satelitales", sustentada por el Ing. José Vladimir Palomino Aguirre para obtener el grado de maestría en Recursos Hídricos.

La estimación de los coeficientes de escorrentía, se encuentran descritos en cuadro N° 15 (coeficientes de escorrentía por mes a nivel de subcuencas y microcuencas), ubicado en la pag. 52. La delimitación de las subcuencas y microcuencas se observan en el figura N° 30.

Tabla N° 49 - Coeficientes de escorrentía por mes a nivel de subcuencas y microcuencas

MES	Huertas	Subcuenca Huallaga	Higueras	Garbanzo	Rio Blanco	Huanca-chupa	Qda. Huranuisha
ENE	0.29-0.96	0.29-0.96	0.29-0.84	0.29-0.84	0.29-0.96	0.29-0.84	0.29-0.87
FEB	0.28-0.92	0.28-0.92	0.28-0.80	0.28-0.80	0.28-0.92	0.28-0.80	0.28-0.84
MAR	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
ABR	0.27-0.89	0.27-0.89	0.27-0.78	0.27-0.78	0.27-0.89	0.27-0.78	0.27-0.82
MAY	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
JUN	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
JUL	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
AGO	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
SET	0.30-0.99	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.87	0.30-0.99	0.30-0.87	0.30-0.91
OCT	0.18-0.59	0.18-0.59	0.18-0.52	0.18-0.52	0.18-0.59	0.18-0.52	0.18-0.54
NOV	0.21-0.69	0.21-0.69	0.21-0.61	0.21-0.61	0.21-0.69	0.21-0.61	0.21-0.63
DIC	0.20-0.67	0.20-0.67	0.20-0.59	0.20-0.59	0.20-0.67	0.20-0.59	0.20-0.61

Fuente: Tesis de maestría, "Estimación de los Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Alta del Huallaga, Aplicando un Modelo Hidrológico Racional con Imágenes Satelitales".



Fuente: Tesis de maestría, "Estimación de los Caudales Medios Mensuales de la Cuenca Alta del Huallaga, Aplicando un Modelo Hidrológico Racional con Imágenes Satelitales".

Tomando el valor correspondiente tal como se indica en el cuadro N° 4.5.53 tenemos un coeficiente 0.27; el cual es corregido por el factor regional, obteniéndose finalmente el valor de 0.19 como coeficiente de escorrentía.

Tabla N° 50 – Calculo del coeficiente de escorrentia.

CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA			
CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	COEFICIENTES ESTIMADOS	PESO	COEF. ESCORRENTIA
Huertas, Subcuenca Huallaga, Higueras, Río Blanco, Huancachupa, Qda. Huranuisha	C = 0.29; 0.28; 0.30; 0.27; 0.30; 0.30; 0.30; 0.30; 0.30; 0.18; 0.21 y 0.20		
Promedio,		1.00	0.27
Factor de corrección regional			0.70
Coeficiente de escorrentia corregido			0.19
Elaboración Propia			

La estimación del caudal, se efectúa con arreglo a la información hidrológica disponible y a la importancia de cada uno de los cursos comprometidos.

3.8.2.8. Intensidades de precipitación para el cálculo de avenidas en pequeñas áreas de drenaje.

El cálculo de las precipitaciones máximas, se ha realizado con las diferentes distribuciones teóricas comúnmente utilizadas en la hidrología como: La distribución normal, distribución log – normal de 2 ó 3 parámetros, distribución gamma, distribución log – Pearson tipo III, distribución Gumbel y distribución Pearson III.

En la tabla N° 50 se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 01: Río Pucamayo y/o Andacancha, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco, Máxima Mensual.

Tabla N° 50. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 01.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	188.03	191.04	59.73	191.31	174.39	176.74
5	20%	244.90	231.66	104.99	241.68	220.22	218.35
10	10%	282.55	256.22	140.98	271.16	262.90	259.02
25	4%	330.13	285.29	193.06	305.07	324.57	313.55
50	2%	365.42	305.80	236.54	328.36	373.66	361.15
100	1%	400.46	325.51	283.95	350.25	424.15	415.13
200	0.5%	435.36	344.65	335.62	371.08	475.76	476.51
Elaboración Propia							

En la tabla N° 51 se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco (Río Pucamayo y/o Andacancha), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 51. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Área de drenaje 01.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	29.44	29.71	9.07	29.93	28.78	28.60
5	20%	38.96	37.37	17.74	38.39	37.52	36.70
10	10%	45.26	42.14	25.19	43.37	43.45	42.77
25	4%	53.22	47.89	36.61	49.13	50.86	51.15
50	2%	59.13	52.01	46.60	53.09	56.27	57.99
100	1%	64.99	56.02	57.91	56.83	61.56	65.34
200	0.5%	70.83	59.96	70.65	60.40	66.77	73.29
Elaboración Propia							

En la tabla N° 52, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 04: Río Ushugoya, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco, Máxima Mensual.

Tabla N° 52. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 04.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	190.60	193.66	60.55	193.93	176.78	179.16
5	20%	248.26	234.83	106.43	244.99	223.24	221.34
10	10%	286.43	259.73	142.92	274.88	266.51	262.57
25	4%	334.65	289.20	195.71	309.25	329.02	317.85
50	2%	370.43	309.99	239.78	332.86	378.78	366.11
100	1%	405.95	329.97	287.84	355.05	429.96	420.82
200	0.5%	441.33	349.38	340.22	376.17	482.28	483.05
Elaboración Propia							

En la tabla N° 53, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco (Río Ushugoya), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 53. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 04.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	29.84	30.12	9.20	30.34	29.18	28.99
5	20%	39.49	37.89	17.98	38.91	38.04	37.20
10	10%	45.88	42.71	25.53	43.97	44.04	43.35
25	4%	53.95	48.54	37.11	49.80	51.56	51.86
50	2%	59.94	52.72	47.24	53.82	57.04	58.78
100	1%	65.88	56.79	58.70	57.61	62.41	66.24
200	0.5%	71.80	60.79	71.61	61.22	67.69	74.29
Elaboración Propia							

En la tabla N° 54, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 06: Río Yanacocha, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco, Máxima Mensual.

Tabla N° 54. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 06.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	183.37	186.31	58.25	186.58	170.08	172.37
5	20%	238.84	225.93	102.39	235.70	214.77	212.95
10	10%	275.56	249.88	137.50	264.45	256.40	252.61
25	4%	321.96	278.23	188.29	297.52	316.54	305.79
50	2%	356.38	298.24	230.69	320.24	364.41	352.22
100	1%	390.55	317.45	276.92	341.59	413.65	404.86
200	0.5%	424.59	336.12	327.31	361.90	463.99	464.72
Elaboración Propia							

En la tabla N° 55, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco (Río Yanacocha), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 55. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 06

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	28.71	28.98	8.85	29.19	28.07	27.89
5	20%	37.99	36.45	17.30	37.44	36.59	35.79
10	10%	44.14	41.09	24.57	42.30	42.37	41.71
25	4%	51.90	46.70	35.70	47.91	49.60	49.89
50	2%	57.66	50.72	45.45	51.78	54.88	56.55
100	1%	63.38	54.64	56.48	55.43	60.04	63.73
200	0.5%	69.08	58.48	68.90	58.90	65.12	71.48
Elaboración Propia							

En la tabla N° 56, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 07: Río Tingo, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco, Máxima Mensual.

Tabla N° 56. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 07.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	190.52	193.57	60.52	193.85	176.71	179.09
5	20%	248.15	234.73	106.38	244.89	223.14	221.25
10	10%	286.31	259.62	142.86	274.76	266.40	262.46
25	4%	334.51	289.08	195.63	309.12	328.88	317.72
50	2%	370.28	309.86	239.68	332.72	378.62	365.95
100	1%	405.78	329.83	287.72	354.91	429.78	420.64
200	0.5%	441.15	349.23	340.08	376.01	482.08	482.84
Elaboración Propia							

En la tabla N° 57, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco (Río Yanacocha), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 57. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 07

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	29.83	30.11	9.19	30.33	29.16	28.98
5	20%	39.48	37.87	17.98	38.90	38.02	37.18
10	10%	45.86	42.70	25.52	43.95	44.03	43.34
25	4%	53.93	48.52	37.09	49.78	51.54	51.83
50	2%	59.91	52.70	47.22	53.80	57.02	58.76
100	1%	65.85	56.77	58.68	57.59	62.38	66.21
200	0.5%	71.77	60.76	71.58	61.20	67.66	74.26
Elaboración Propia							

En la tabla N° 58, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 08: Río Huallaga - Pariamarca, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco, Máxima Mensual.

Tabla N° 58. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 08.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	192.93	196.02	61.29	196.30	178.94	181.35
5	20%	251.29	237.70	107.73	247.98	225.96	224.05
10	10%	289.92	262.91	144.66	278.24	269.76	265.78
25	4%	338.74	292.73	198.10	313.03	333.04	321.73
50	2%	374.96	313.78	242.71	336.93	383.40	370.58
100	1%	410.90	334.00	291.36	359.39	435.21	425.96
200	0.5%	446.72	353.64	344.37	380.76	488.17	488.94
Elaboración Propia							

En la tabla N° 59, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Cerro de Pasco (Río Huallaga - Pariamarca), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 59. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 08

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	30.21	30.49	9.31	30.71	29.53	29.35
5	20%	39.97	38.35	18.20	39.39	38.50	37.65
10	10%	46.44	43.24	25.85	44.50	44.58	43.88
25	4%	54.61	49.13	37.56	50.41	52.19	52.49
50	2%	60.67	53.37	47.82	54.48	57.74	59.50
100	1%	66.69	57.48	59.42	58.31	63.17	67.05
200	0.5%	72.68	61.53	72.49	61.97	68.52	75.20

Elaboración Propia

En la tabla N° 60, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 02: Río Blanco - Chaupihuaranga, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Yanahuanca, Máxima Mensual.

Tabla N° 60. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 02.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	235.87	238.74	130.04	240.06	237.54	236.63
5	20%	287.80	283.00	177.10	284.81	283.45	282.11
10	10%	322.18	309.30	208.13	310.25	311.05	310.52
25	4%	365.62	340.06	247.23	338.97	343.35	344.71
50	2%	397.85	361.53	276.32	358.40	365.80	369.30
100	1%	429.83	382.00	305.39	376.48	387.09	393.41
200	0.5%	461.71	401.75	334.68	393.54	407.49	417.24

Elaboración Propia

En la tabla N° 61, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Yanahuanca (Río Blanco - Chaupihuaranga), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 61. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 02

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	25.35	22.83	100.67	25.28	25.69	29.67
5	20%	38.85	43.41	111.91	37.17	37.45	40.05
10	10%	47.78	60.74	118.27	44.62	44.55	41.89
25	4%	59.07	86.90	125.45	53.55	52.90	42.80
50	2%	67.44	109.52	130.32	59.87	58.72	43.02
100	1%	75.75	134.87	134.86	65.94	64.25	43.09
200	0.5%	84.03	163.17	139.16	71.82	69.55	43.12

Elaboración Propia

En la tabla N° 62, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 03: Río Chaupihuaranga, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Yanahuanca, Máxima Mensual.

Tabla N° 62. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 03.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	207.14	209.66	114.20	210.82	208.61	207.80
5	20%	252.74	248.53	155.53	250.12	248.93	247.75
10	10%	282.94	271.63	182.78	272.46	273.16	272.70
25	4%	321.09	298.64	217.12	297.68	301.53	302.73
50	2%	349.39	317.50	242.66	314.75	321.24	324.32
100	1%	377.48	335.48	268.20	330.63	339.95	345.50
200	0.5%	405.47	352.82	293.91	345.61	357.86	366.42
Elaboración Propia							

En la tabla N° 63, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Yanahuanca (Río Chaupihuaranga), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 63. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 03

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	32.82	29.55	130.32	32.73	33.26	38.40
5	20%	50.28	56.19	144.86	48.12	48.47	51.84
10	10%	61.85	78.62	153.09	57.76	57.67	54.22
25	4%	76.46	112.49	162.39	69.32	68.48	55.40
50	2%	87.30	141.77	168.69	77.50	76.01	55.69
100	1%	98.05	174.58	174.57	85.36	83.17	55.78
200	0.5%	108.77	211.21	180.13	92.97	90.03	55.82

En la tabla N° 64, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 05: Río Chaupihuaranga – Quio, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Yanahuanca, Máxima Mensual.

Tabla N° 64. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 05.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	177.67	179.83	97.95	180.83	178.93	178.24
5	20%	216.78	213.17	133.40	214.54	213.51	212.50
10	10%	242.68	232.98	156.77	233.70	234.30	233.90
25	4%	275.40	256.15	186.23	255.33	258.63	259.66
50	2%	299.68	272.32	208.14	269.96	275.54	278.18
100	1%	323.77	287.74	230.04	283.59	291.58	296.34
200	0.5%	347.78	302.62	252.09	296.43	306.94	314.28
Elaboración Propia							

En la tabla N° 65, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Yanahuanca (Río Chaupihuaranga - Quio), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 65. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 05

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	28.15	25.35	111.78	28.07	28.53	32.94
5	20%	43.13	48.19	124.25	41.27	41.58	44.46
10	10%	53.05	67.43	131.31	49.54	49.47	46.51
25	4%	65.58	96.48	139.28	59.45	58.73	47.51
50	2%	74.88	121.60	144.69	66.48	65.20	47.77
100	1%	84.10	149.74	149.73	73.21	71.33	47.84
200	0.5%	93.30	181.16	154.50	79.74	77.22	47.88
Elaboración Propia							

En la tabla N° 66, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 09: Río Blanco, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 66. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 09.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	214.81	217.37	219.63	218.47	218.64	218.88
5	20%	256.30	253.86	254.23	253.90	253.97	254.29
10	10%	283.77	275.31	273.10	273.85	273.77	273.46
25	4%	318.47	300.18	293.84	296.22	295.89	294.28
50	2%	344.22	317.43	307.59	311.28	310.77	307.99
100	1%	369.78	333.79	320.19	325.25	324.53	320.38
200	0.5%	395.24	349.50	331.93	338.38	337.45	331.80
Elaboración Propia							

En la tabla N° 67, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Blanco), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 67. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 09

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	45.31	45.63	37.59	46.08	45.31	45.55
5	20%	59.13	57.56	53.60	58.11	57.63	57.53
10	10%	68.28	64.98	61.24	65.15	65.31	64.99
25	4%	79.85	73.96	70.60	73.24	74.50	73.97
50	2%	88.42	80.41	77.40	78.79	81.00	80.42
100	1%	96.94	86.69	84.07	84.01	87.22	86.68
200	0.5%	105.42	92.87	90.67	88.97	93.25	92.87
Elaboración Propia							

En la tabla N° 68, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 10: Río Huallaga – Quebrada Cacapara, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 68. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 10.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	175.29	177.38	179.22	178.28	178.42	178.62
5	20%	209.15	207.16	207.46	207.19	207.25	207.51
10	10%	231.56	224.66	222.86	223.47	223.40	223.15
25	4%	259.89	244.96	239.79	241.72	241.45	240.14
50	2%	280.90	259.03	251.00	254.02	253.60	251.33
100	1%	301.75	272.38	261.29	265.41	264.82	261.44
200	0.5%	322.53	285.20	270.87	276.13	275.37	270.76
Elaboración Propia							

En la tabla N° 69, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huallaga – Quebrada Cacapara), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 69. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 10

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	36.97	37.24	30.67	37.60	36.97	37.17
5	20%	48.25	46.97	43.74	47.42	47.03	46.94
10	10%	55.72	53.03	49.98	53.16	53.30	53.03
25	4%	65.16	60.36	57.62	59.76	60.79	60.36
50	2%	72.16	65.62	63.16	64.29	66.10	65.62
100	1%	79.11	70.74	68.60	68.55	71.18	70.74
200	0.5%	86.03	75.78	73.99	72.60	76.10	75.79
Elaboración Propia							

En la tabla N° 70, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 11: Río Huertas – Quebrada Marcacolo, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 70. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 11.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	159.47	161.37	163.05	162.19	162.32	162.50
5	20%	190.27	188.46	188.74	188.50	188.55	188.78
10	10%	210.67	204.38	202.75	203.30	203.24	203.01
25	4%	236.43	222.85	218.15	219.91	219.66	218.47
50	2%	255.55	235.66	228.35	231.09	230.72	228.65
100	1%	274.52	247.80	237.71	241.46	240.93	237.85
200	0.5%	293.43	259.47	246.42	251.21	250.52	246.33
Elaboración Propia							

En la tabla N° 71, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huertas – Quebrada Marcacolo), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 71. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 11

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	33.64	33.88	27.91	34.21	33.64	33.81
5	20%	43.90	42.73	39.79	43.14	42.78	42.71
10	10%	50.69	48.24	45.47	48.37	48.49	48.25
25	4%	59.28	54.91	52.42	54.37	55.31	54.91
50	2%	65.65	59.70	57.46	58.49	60.13	59.70
100	1%	71.97	64.36	62.41	62.37	64.75	64.35
200	0.5%	78.26	68.95	67.31	66.05	69.23	68.95
Elaboración Propia							

En la tabla N° 72, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 12: Río Quio, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 72. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 12.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	198.59	200.96	203.05	201.98	202.13	202.36
5	20%	236.95	234.69	235.04	234.74	234.80	235.09
10	10%	262.35	254.52	252.49	253.17	253.10	252.81
25	4%	294.43	277.52	271.66	273.86	273.55	272.06
50	2%	318.24	293.46	284.37	287.78	287.31	284.74
100	1%	341.86	308.59	296.02	300.69	300.03	296.20
200	0.5%	365.41	323.12	306.87	312.83	311.97	306.75
Elaboración Propia							

En la tabla N° 73, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Quio), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 73. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 12

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	41.89	42.18	34.75	42.60	41.89	42.11
5	20%	54.67	53.21	49.55	53.72	53.28	53.18
10	10%	63.13	60.08	56.62	60.23	60.38	60.08
25	4%	73.82	68.38	65.27	67.71	68.88	68.38
50	2%	81.75	74.34	71.55	72.84	74.89	74.35
100	1%	89.62	80.15	77.72	77.67	80.64	80.14
200	0.5%	97.46	85.86	83.82	82.26	86.21	85.86
Elaboración Propia							

En la tabla N° 74, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 13: Río Huacar, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 74. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 13.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	184.21	186.41	188.35	187.35	187.50	187.71
5	20%	219.79	217.70	218.02	217.74	217.80	218.07
10	10%	243.35	236.09	234.20	234.84	234.77	234.51
25	4%	273.11	257.42	251.99	254.03	253.74	252.36
50	2%	295.19	272.22	263.78	266.95	266.51	264.12
100	1%	317.11	286.25	274.59	278.92	278.30	274.75
200	0.5%	338.95	299.72	284.65	290.18	289.39	284.54

Elaboración Propia

En la tabla N° 75, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huacar), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 75. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 13

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	38.86	39.13	32.24	39.52	38.85	39.06
5	20%	50.71	49.36	45.96	49.83	49.42	49.33
10	10%	58.56	55.73	52.52	55.87	56.01	55.73
25	4%	68.47	63.43	60.55	62.81	63.89	63.43
50	2%	75.83	68.96	66.37	67.57	69.46	68.96
100	1%	83.13	74.34	72.09	72.04	74.80	74.34
200	0.5%	90.41	79.64	77.76	76.30	79.97	79.65

Elaboración Propia

En la tabla N° 76, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 14: Quebrada Tranca, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 76. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 14.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	152.90	154.72	156.33	155.51	155.63	155.80
5	20%	182.43	180.70	180.96	180.73	180.78	181.00
10	10%	201.99	195.96	194.39	194.92	194.87	194.65
25	4%	226.69	213.67	209.16	210.85	210.61	209.47
50	2%	245.02	225.94	218.94	221.57	221.21	219.23
100	1%	263.21	237.59	227.91	231.51	231.00	228.05
200	0.5%	281.33	248.77	236.27	240.86	240.20	236.18

Elaboración Propia

En la tabla N° 77, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Quebrada Tranca), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 77. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 14

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	32.25	32.48	26.76	32.80	32.25	32.42
5	20%	42.09	40.97	38.15	41.36	41.02	40.95
10	10%	48.60	46.25	43.59	46.37	46.49	46.26
25	4%	56.83	52.65	50.26	52.13	53.03	52.65
50	2%	62.94	57.24	55.09	56.08	57.66	57.24
100	1%	69.00	61.71	59.84	59.80	62.09	61.70
200	0.5%	75.04	66.10	64.54	63.33	66.38	66.11
Elaboración Propia							

En la tabla N° 78, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 15: Río Huallaga - Quebrada Acomayo, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 78. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 15.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	150.56	152.36	153.94	153.13	153.25	153.42
5	20%	179.64	177.93	178.19	177.96	178.01	178.23
10	10%	198.89	192.96	191.42	191.94	191.88	191.67
25	4%	223.22	210.40	205.96	207.62	207.39	206.26
50	2%	241.27	222.49	215.59	218.18	217.82	215.87
100	1%	259.18	233.95	224.43	227.97	227.46	224.56
200	0.5%	277.03	244.97	232.65	237.17	236.52	232.56
Elaboración Propia							

En la tabla N° 79, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huallaga - Quebrada Acomayo), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 79. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 15

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	31.76	31.98	26.35	32.30	31.76	31.93
5	20%	41.45	40.34	37.57	40.73	40.39	40.32
10	10%	47.86	45.55	42.93	45.66	45.78	45.55
25	4%	55.96	51.84	49.49	51.33	52.22	51.84
50	2%	61.98	56.36	54.25	55.22	56.77	56.36
100	1%	67.95	60.76	58.92	58.88	61.14	60.76
200	0.5%	73.89	65.09	63.55	62.36	65.36	65.10
Elaboración Propia							

En la tabla N° 80, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 16: Quebrada Huranuisha, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 80. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 16.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	199.50	201.87	203.97	202.89	203.05	203.28
5	20%	238.03	235.76	236.11	235.80	235.87	236.16
10	10%	263.54	255.68	253.63	254.32	254.25	253.96
25	4%	295.77	278.78	272.90	275.10	274.79	273.30
50	2%	319.68	294.80	285.66	289.09	288.62	286.03
100	1%	343.42	309.99	297.37	302.06	301.39	297.54
200	0.5%	367.07	324.58	308.27	314.26	313.39	308.15
Elaboración Propia							

En la tabla N° 81, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Quebrada Huranuisha), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 81. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 16

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	32.25	32.48	26.76	32.80	32.25	32.42
5	20%	42.09	40.97	38.15	41.36	41.02	40.95
10	10%	48.60	46.25	43.59	46.37	46.49	46.26
25	4%	56.83	52.65	50.26	52.13	53.03	52.65
50	2%	62.94	57.24	55.09	56.08	57.66	57.24
100	1%	69.00	61.71	59.84	59.80	62.09	61.70
200	0.5%	75.04	66.10	64.54	63.33	66.38	66.11
Elaboración Propia							

En la tabla N° 82, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 17: Quebrada Huamamani, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 82. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 17.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	176.75	178.85	180.71	179.76	179.90	180.10
5	20%	210.88	208.87	209.18	208.91	208.97	209.23
10	10%	233.48	226.52	224.71	225.32	225.25	225.00
25	4%	262.04	246.98	241.77	243.73	243.45	242.13
50	2%	283.22	261.18	253.08	256.12	255.70	253.41
100	1%	304.25	274.64	263.45	267.61	267.02	263.61
200	0.5%	325.20	287.57	273.11	278.42	277.65	273.01
Elaboración Propia							

En la tabla N° 83, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Quebrada Huamamani), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 83. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 17

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	37.28	37.54	30.93	37.92	37.28	37.48
5	20%	48.65	47.36	44.10	47.81	47.42	47.33
10	10%	56.18	53.47	50.39	53.60	53.74	53.47
25	4%	65.70	60.86	58.09	60.26	61.30	60.86
50	2%	72.76	66.16	63.68	64.83	66.65	66.17
100	1%	79.76	71.33	69.17	69.12	71.77	71.32
200	0.5%	86.74	76.41	74.60	73.21	76.73	76.42
Elaboración Propia							

En la tabla N° 84, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 18: Río Huallaga – Intercuenca I, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 84. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 18.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	130.18	131.73	133.10	132.39	132.50	132.65
5	20%	155.32	153.84	154.07	153.87	153.91	154.10
10	10%	171.97	166.84	165.50	165.95	165.90	165.72
25	4%	193.00	181.91	178.07	179.51	179.31	178.33
50	2%	208.60	192.36	186.40	188.64	188.33	186.64
100	1%	224.09	202.28	194.04	197.10	196.67	194.15
200	0.5%	239.52	211.80	201.15	205.06	204.50	201.08

Elaboración Propia

En la tabla N° 85, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huallaga – Intercuenca I), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 85. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 18

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	27.46	27.65	22.78	27.93	27.46	27.60
5	20%	35.83	34.88	32.48	35.22	34.92	34.86
10	10%	41.38	39.38	37.11	39.48	39.58	39.38
25	4%	48.39	44.82	42.79	44.38	45.15	44.83
50	2%	53.59	48.73	46.90	47.75	49.09	48.73
100	1%	58.75	52.54	50.94	50.91	52.86	52.53
200	0.5%	63.89	56.28	54.95	53.92	56.51	56.28

Elaboración Propia

Tabla N° 86. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 19.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	174.95	177.04	178.88	177.93	178.07	178.27
5	20%	208.74	206.75	207.06	206.79	206.85	207.11
10	10%	231.11	224.22	222.43	223.04	222.97	222.72
25	4%	259.38	244.48	239.32	241.26	240.99	239.67
50	2%	280.35	258.53	250.52	253.52	253.11	250.84
100	1%	301.17	271.85	260.78	264.90	264.31	260.94
200	0.5%	321.91	284.65	270.34	275.59	274.84	270.24

Elaboración Propia

En la tabla N° 87, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Quebrada Chinchobamba), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 87. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 19

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	36.90	37.16	30.61	37.53	36.90	37.10
5	20%	48.16	46.88	43.65	47.33	46.94	46.85
10	10%	55.61	52.93	49.88	53.06	53.20	52.93
25	4%	65.03	60.24	57.50	59.65	60.68	60.24
50	2%	72.02	65.49	63.04	64.17	65.97	65.50
100	1%	78.95	70.61	68.47	68.42	71.04	70.60
200	0.5%	85.86	75.64	73.85	72.46	75.95	75.64
Elaboración Propia							

En la tabla N° 88, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 20: Quebrada Osacocha, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 88. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 20.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	166.04	168.02	169.77	168.87	169.01	169.19
5	20%	198.11	196.23	196.52	196.26	196.32	196.56
10	10%	219.35	212.81	211.10	211.68	211.62	211.38
25	4%	246.18	232.03	227.14	228.97	228.72	227.47
50	2%	266.08	245.37	237.76	240.62	240.22	238.07
100	1%	285.83	258.01	247.50	251.41	250.85	247.65
200	0.5%	305.52	270.16	256.58	261.56	260.84	256.48
Elaboración Propia							

En la tabla N° 89, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Quebrada Osacocha), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 89. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 20

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	35.02	35.27	29.06	35.62	35.02	35.21
5	20%	45.71	44.49	41.43	44.92	44.55	44.47
10	10%	52.78	50.23	47.34	50.36	50.49	50.24
25	4%	61.72	57.17	54.58	56.61	57.59	57.18
50	2%	68.35	62.16	59.83	60.90	62.61	62.16
100	1%	74.93	67.01	64.98	64.94	67.42	67.01
200	0.5%	81.49	71.79	70.09	68.77	72.08	71.79
Elaboración Propia							

En la tabla N° 90, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 21: Quebrada Nausilla, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 90. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 21.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	163.35	165.30	167.02	166.14	166.27	166.45
5	20%	194.90	193.05	193.33	193.08	193.14	193.37
10	10%	215.79	209.36	207.68	208.25	208.19	207.95
25	4%	242.19	228.27	223.46	225.26	225.01	223.78
50	2%	261.77	241.39	233.91	236.72	236.33	234.21
100	1%	281.20	253.83	243.49	247.34	246.79	243.64
200	0.5%	300.56	265.78	252.42	257.32	256.61	252.32
Elaboración Propia							

En la tabla N° 91, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Quebrada Nausilla), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 91. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 21

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	34.46	34.70	28.58	35.04	34.45	34.64
5	20%	44.97	43.77	40.76	44.19	43.82	43.75
10	10%	51.93	49.42	46.57	49.54	49.67	49.42
25	4%	60.72	56.24	53.69	55.69	56.65	56.25
50	2%	67.24	61.15	58.86	59.92	61.60	61.15
100	1%	73.72	65.93	63.93	63.88	66.33	65.92
200	0.5%	80.17	70.62	68.95	67.66	70.92	70.63
Elaboración Propia							

En la tabla N° 92, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 22: Río Huallaga - Quebrada Yaca, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 92. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 22.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	121.70	123.15	124.43	123.77	123.87	124.01
5	20%	145.20	143.82	144.03	143.85	143.89	144.06
10	10%	160.77	155.97	154.72	155.15	155.10	154.92
25	4%	180.43	170.06	166.47	167.82	167.63	166.72
50	2%	195.01	179.83	174.26	176.35	176.07	174.49
100	1%	209.49	189.10	181.40	184.27	183.86	181.51
200	0.5%	223.92	198.00	188.05	191.70	191.18	187.98
Elaboración Propia							

En la tabla N° 93, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huallaga - Quebrada Yaca), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 93. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 22

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	25.67	25.85	21.30	26.11	25.67	25.80
5	20%	33.50	32.61	30.37	32.92	32.65	32.59
10	10%	38.69	36.82	34.70	36.91	37.00	36.82
25	4%	45.24	41.90	40.00	41.49	42.21	41.91
50	2%	50.10	45.56	43.85	44.64	45.89	45.56
100	1%	54.92	49.11	47.63	47.59	49.42	49.11
200	0.5%	59.73	52.61	51.37	50.41	52.83	52.62
Elaboración Propia							

En la tabla N° 94, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 23: Río Huallaga - Quebrada Chicchuy, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 94. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 23.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	138.43	140.08	141.53	140.78	140.89	141.05
5	20%	165.16	163.59	163.83	163.62	163.66	163.87
10	10%	182.86	177.41	175.99	176.47	176.42	176.22
25	4%	205.23	193.44	189.35	190.88	190.67	189.63
50	2%	221.82	204.55	198.21	200.59	200.27	198.47
100	1%	238.29	215.10	206.34	209.59	209.13	206.46
200	0.5%	254.70	225.22	213.90	218.05	217.45	213.82
Elaboración Propia							

En la tabla N° 95, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huallaga - Quebrada Chicchuy), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 95. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 23

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	29.20	29.40	24.22	29.70	29.20	29.35
5	20%	38.11	37.09	34.54	37.45	37.14	37.07
10	10%	44.00	41.88	39.47	41.98	42.09	41.88
25	4%	51.45	47.66	45.50	47.19	48.01	47.67
50	2%	56.98	51.82	49.88	50.77	52.20	51.82
100	1%	62.47	55.86	54.17	54.14	56.21	55.86
200	0.5%	67.93	59.85	58.43	57.33	60.09	59.85

Elaboración Propia

En la tabla N° 96, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 24: Río Huancachupa, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 96. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 24.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	184.21	186.41	188.35	187.35	187.50	187.71
5	20%	219.79	217.70	218.02	217.74	217.80	218.07
10	10%	243.35	236.09	234.20	234.84	234.77	234.51
25	4%	273.11	257.42	251.99	254.03	253.74	252.36
50	2%	295.19	272.22	263.78	266.95	266.51	264.12
100	1%	317.11	286.25	274.59	278.92	278.30	274.75
200	0.5%	338.95	299.72	284.65	290.18	289.39	284.54

Elaboración Propia

En la tabla N° 97, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huancachupa), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 97. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 24

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	39.33	39.60	32.63	40.00	39.33	39.53
5	20%	51.32	49.96	46.52	50.44	50.02	49.93
10	10%	59.27	56.40	53.16	56.55	56.69	56.41
25	4%	69.30	64.20	61.28	63.57	64.66	64.20
50	2%	76.75	69.79	67.18	68.39	70.31	69.80
100	1%	84.14	75.25	72.97	72.92	75.71	75.24
200	0.5%	91.50	80.61	78.70	77.22	80.94	80.61

Elaboración Propia

En la tabla N° 98, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 35: Río Huallaga – Quebrada Rimaragra, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael, Máxima Mensual.

Tabla N° 98. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 35.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	111.13	112.46	113.62	113.02	113.11	113.24
5	20%	132.60	131.33	131.53	131.36	131.39	131.56
10	10%	146.81	142.43	141.29	141.68	141.63	141.47
25	4%	164.76	155.30	152.02	153.25	153.08	152.24
50	2%	178.08	164.22	159.13	161.04	160.78	159.34
100	1%	191.31	172.69	165.65	168.27	167.89	165.75
200	0.5%	204.48	180.81	171.72	175.06	174.58	171.66
Elaboración Propia							

En la tabla N° 99, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación San Rafael (Río Huallaga – Quebrada Rimaragra), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 99. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 35

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	23.44	23.61	19.45	23.84	23.44	23.56
5	20%	30.59	29.78	27.73	30.06	29.81	29.76
10	10%	35.33	33.62	31.68	33.70	33.79	33.62
25	4%	41.31	38.26	36.53	37.89	38.54	38.27
50	2%	45.75	41.60	40.04	40.76	41.91	41.60
100	1%	50.15	44.85	43.49	43.46	45.13	44.85
200	0.5%	54.54	48.05	46.91	46.03	48.24	48.05
Elaboración Propia							

En la tabla N° 100, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 25: Río Cozo, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 100. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 25.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	163.06	165.27	65.90	165.98	156.13	159.14
5	20%	207.81	199.93	103.23	205.04	196.16	196.08
10	10%	237.43	220.85	130.53	227.67	226.60	223.79
25	4%	274.86	245.58	167.64	253.53	266.98	262.37
50	2%	302.63	263.01	197.04	271.19	297.56	293.73
100	1%	330.19	279.74	227.88	287.74	328.17	327.43
200	0.5%	357.66	295.99	260.31	303.44	358.80	363.91
Elaboración Propia							

En la tabla N° 101, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Cozo), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 101. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 25

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	24.47	24.72	30.81	24.91	25.26	24.90
5	20%	30.06	29.79	35.77	29.75	29.89	29.84
10	10%	33.76	32.84	38.68	32.51	32.34	32.67
25	4%	38.43	36.44	42.04	35.63	34.96	35.87
50	2%	41.90	38.97	44.36	37.75	36.67	38.04
100	1%	45.35	41.40	46.56	39.72	38.21	40.06
200	0.5%	48.78	43.75	48.67	41.58	39.63	41.97
Elaboración Propia							

En la tabla N° 102, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 26: Río Yarumayo, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 102. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 26.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	236.69	239.89	95.65	240.93	226.63	231.00
5	20%	301.64	290.20	149.84	297.63	284.73	284.62
10	10%	344.64	320.57	189.47	330.47	328.92	324.84
25	4%	398.97	356.47	243.33	368.00	387.53	380.84
50	2%	439.28	381.77	286.02	393.65	431.92	426.36
100	1%	479.29	406.06	330.77	417.67	476.34	475.27
200	0.5%	519.15	429.63	377.84	440.46	520.80	528.23
Elaboración Propia							

En la tabla N° 103, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Yarumayo), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 103. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 26

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	28.57	28.86	35.97	29.08	29.49	29.06
5	20%	35.09	34.78	41.76	34.73	34.89	34.84
10	10%	39.41	38.34	45.16	37.96	37.75	38.14
25	4%	44.87	42.54	49.08	41.60	40.82	41.88
50	2%	48.92	45.50	51.79	44.07	42.81	44.41
100	1%	52.94	48.33	54.36	46.37	44.60	46.77
200	0.5%	56.94	51.08	56.82	48.55	46.26	49.00

Elaboración Propia

En la tabla N° 104, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 27: Río Niño, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 104. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 27.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	196.84	199.49	79.55	200.36	188.47	192.10
5	20%	250.85	241.34	124.61	247.51	236.78	236.69
10	10%	286.61	266.59	157.56	274.82	273.53	270.14
25	4%	331.79	296.44	202.36	306.03	322.28	316.71
50	2%	365.31	317.48	237.85	327.36	359.19	354.56
100	1%	398.58	337.68	275.07	347.34	396.13	395.24
200	0.5%	431.73	357.29	314.22	366.29	433.10	439.28

Elaboración Propia

En la tabla N° 105, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Niño), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 105. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 27

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	29.54	29.84	37.19	30.07	30.49	30.05
5	20%	36.28	35.96	43.18	35.91	36.08	36.02
10	10%	40.75	39.64	46.69	39.25	39.03	39.44
25	4%	46.39	43.99	50.75	43.01	42.20	43.30
50	2%	50.58	47.04	53.55	45.57	44.26	45.92
100	1%	54.74	49.97	56.21	47.95	46.12	48.36
200	0.5%	58.88	52.81	58.75	50.20	47.83	50.66

Elaboración Propia

En la tabla N° 106, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 28: Río Chasqui, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 106. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 28.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	193.14	195.75	78.05	196.60	184.93	188.50
5	20%	246.14	236.81	122.27	242.86	232.34	232.24
10	10%	281.23	261.59	154.60	269.66	268.40	265.07
25	4%	325.56	290.88	198.56	300.29	316.23	310.77
50	2%	358.45	311.52	233.39	321.21	352.44	347.91
100	1%	391.10	331.34	269.91	340.82	388.69	387.82
200	0.5%	423.62	350.58	308.32	359.41	424.97	431.03
Elaboración Propia							

En la tabla N° 107, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Chasqui), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 107. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 28

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	28.98	29.28	36.49	29.50	29.92	29.49
5	20%	35.60	35.28	42.37	35.24	35.40	35.35
10	10%	39.99	38.90	45.81	38.51	38.30	38.70
25	4%	45.52	43.16	49.79	42.21	41.41	42.49
50	2%	49.63	46.16	52.55	44.71	43.43	45.06
100	1%	53.71	49.03	55.15	47.05	45.25	47.45
200	0.5%	57.77	51.82	57.65	49.25	46.93	49.71
Elaboración Propia							

En la tabla N° 108, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 29: Río Mito, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 108. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 29.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	177.40	179.79	71.69	180.57	169.86	173.13
5	20%	226.08	217.51	112.31	223.07	213.40	213.32
10	10%	258.30	240.27	142.00	247.68	246.52	243.47
25	4%	299.03	267.17	182.37	275.81	290.45	285.44
50	2%	329.23	286.13	214.37	295.03	323.72	319.55
100	1%	359.22	304.34	247.91	313.04	357.01	356.21
200	0.5%	389.10	322.01	283.19	330.12	390.34	395.90

Elaboración Propia

En la tabla N° 109, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Mito), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 109. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 29

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	26.62	26.89	33.52	27.10	27.48	27.08
5	20%	32.70	32.41	38.92	32.37	32.52	32.47
10	10%	36.73	35.73	42.08	35.37	35.18	35.54
25	4%	41.81	39.64	45.74	38.77	38.03	39.03
50	2%	45.59	42.40	48.26	41.07	39.89	41.39
100	1%	49.33	45.04	50.66	43.22	41.57	43.58
200	0.5%	53.06	47.60	52.95	45.24	43.11	45.66

Elaboración Propia

En la tabla N° 110, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 30: Río Mito I, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 110. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 30.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	139.30	141.18	56.29	141.79	133.38	135.95
5	20%	177.52	170.79	88.19	175.16	167.57	167.50
10	10%	202.83	188.66	111.51	194.49	193.58	191.18
25	4%	234.80	209.79	143.20	216.57	228.07	224.13
50	2%	258.52	224.68	168.33	231.67	254.19	250.92
100	1%	282.07	238.97	194.67	245.81	280.34	279.70
200	0.5%	305.53	252.85	222.37	259.22	306.50	310.87

Elaboración Propia

En la tabla N° 111, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Mito I), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 111. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 30

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	20.90	21.12	26.32	21.28	21.58	21.27
5	20%	25.68	25.45	30.56	25.41	25.53	25.49
10	10%	28.84	28.05	33.04	27.77	27.62	27.91
25	4%	32.83	31.13	35.91	30.44	29.87	30.64
50	2%	35.80	33.29	37.90	32.25	31.32	32.50
100	1%	38.74	35.37	39.78	33.93	32.64	34.22
200	0.5%	41.67	37.38	41.58	35.52	33.85	35.85
Elaboración Propia							

En la tabla N° 112, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 31: Río Shogosh - Huancamarca, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 112. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 31.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	176.49	178.88	71.33	179.65	168.99	172.25
5	20%	224.92	216.39	111.73	221.93	212.31	212.23
10	10%	256.98	239.04	141.28	246.42	245.26	242.22
25	4%	297.50	265.81	181.44	274.40	288.97	283.98
50	2%	327.55	284.67	213.27	293.53	322.07	317.92
100	1%	357.38	302.78	246.64	311.44	355.19	354.39
200	0.5%	387.11	320.36	281.74	328.43	388.34	393.88
Elaboración Propia							

En la tabla N° 113, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Shogosh - Huancamarca), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 113. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 31

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	26.48	26.76	33.34	26.96	27.34	26.95
5	20%	32.53	32.24	38.72	32.20	32.35	32.30
10	10%	36.54	35.55	41.87	35.19	35.00	35.36
25	4%	41.60	39.44	45.50	38.57	37.84	38.83
50	2%	45.35	42.18	48.02	40.86	39.69	41.18
100	1%	49.08	44.81	50.40	42.99	41.35	43.36
200	0.5%	52.79	47.36	52.68	45.01	42.89	45.42

Elaboración Propia

En la tabla N° 114, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 32: Río Ragra cancha - Sillaragra, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 114. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 32.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	193.14	195.75	78.05	196.60	184.93	188.50
5	20%	246.14	236.81	122.27	242.86	232.34	232.24
10	10%	281.23	261.59	154.60	269.66	268.40	265.07
25	4%	325.56	290.88	198.56	300.29	316.23	310.77
50	2%	358.45	311.52	233.39	321.21	352.44	347.91
100	1%	391.10	331.34	269.91	340.82	388.69	387.82
200	0.5%	423.62	350.58	308.32	359.41	424.97	431.03

Elaboración Propia

En la tabla N° 115, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Ragra cancha - Sillaragra), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 115. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 32

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	28.48	28.77	35.86	29.00	29.40	28.98
5	20%	34.99	34.68	41.64	34.63	34.79	34.74
10	10%	39.30	38.23	45.02	37.84	37.64	38.03
25	4%	44.74	42.42	48.94	41.48	40.70	41.76
50	2%	48.78	45.36	51.64	43.94	42.68	44.28
100	1%	52.78	48.19	54.20	46.24	44.47	46.63
200	0.5%	56.78	50.93	56.66	48.41	46.13	48.85

Elaboración Propia

En la tabla N° 116, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 33: Río Chico - Lanjas, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 116. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 33.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	167.03	169.29	67.50	170.02	159.93	163.01
5	20%	212.86	204.79	105.74	210.03	200.93	200.85
10	10%	243.21	226.22	133.70	233.21	232.11	229.24
25	4%	281.55	251.56	171.71	259.69	273.48	268.76
50	2%	309.99	269.41	201.84	277.79	304.80	300.88
100	1%	338.22	286.55	233.42	294.74	336.15	335.39
200	0.5%	366.36	303.19	266.64	310.82	367.52	372.76

Elaboración Propia

En la tabla N° 117, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Chico - Lanjas), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 117. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 33

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	25.07	25.32	31.56	25.52	25.87	25.50
5	20%	30.79	30.51	36.64	30.47	30.62	30.57
10	10%	34.58	33.64	39.62	33.30	33.12	33.46
25	4%	39.37	37.33	43.06	36.50	35.81	36.75
50	2%	42.92	39.92	45.44	38.67	37.56	38.97
100	1%	46.45	42.41	47.70	40.69	39.14	41.03
200	0.5%	49.96	44.82	49.86	42.60	40.59	42.99

Elaboración Propia

En la tabla N° 118, se presentan el resumen de las precipitaciones para el área de drenaje N° 34: Río Higueras - Mamayhuachin, que es referencial para el cálculo de caudales de los demás aportes, según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico, Máxima Mensual.

Tabla N° 118. Precipitaciones máximas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno, (Total Mensual) – Area de drenaje 34.

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	122.83	124.49	49.64	125.03	117.61	119.88
5	20%	156.54	150.60	77.76	154.46	147.76	147.70
10	10%	178.85	166.36	98.33	171.50	170.70	168.58
25	4%	207.05	184.99	126.28	190.98	201.11	197.64
50	2%	227.97	198.12	148.43	204.29	224.15	221.26
100	1%	248.73	210.73	171.66	216.75	247.20	246.64
200	0.5%	269.42	222.96	196.09	228.58	270.27	274.13

Elaboración Propia

En la tabla N° 119, se presenta el resumen de las precipitaciones según el ajuste de los datos a distintas funciones de probabilidad para la estación Jacas Chico (Río Higueras - Mamayhuachin), Máxima en 24 horas.

Tabla N° 119. Precipitaciones máximas en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y periodos de retorno – Area de drenaje 34

Tr	P exc = 1/T	Gumbel	Log N 2	Log N 3	Gama	Pearson III	Log P III
2	50%	18.43	18.62	23.21	18.76	19.03	18.75
5	20%	22.64	22.44	26.95	22.41	22.52	22.48
10	10%	25.43	24.74	29.14	24.49	24.36	24.61
25	4%	28.95	27.45	31.67	26.84	26.34	27.02
50	2%	31.56	29.36	33.42	28.44	27.62	28.66
100	1%	34.16	31.19	35.08	29.92	28.78	30.18
200	0.5%	36.74	32.96	36.67	31.33	29.85	31.61

Elaboración Propia

Intensidades máximas

Para el cálculo de las intensidades máximas se procedió con la misma metodología utilizada para obtener la precipitación total mensual y en 24 horas para diversas funciones de probabilidad y tiempos de retorno. Como el tramo en estudio (Puente San Sebastián – Puente Calicanto), está ubicado hidrográficamente en la cuenca alta del río Huallaga y sus principales aportes son las áreas de drenaje de la subcuenca del río Huertas, Intercuenca Huallaga, Microcuenca Huancachupa, subcuenca del río Higueras entre otros cauces principales.

Para el cálculo del caudal máximo, la precipitación total mensual y la precipitación máximas en 24 h de la estación Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Jacas Chico, fueron ajustadas por un factor que es el cociente de la relación entre la precipitación media anual a una altitud media del área de estudio (35 áreas de drenaje) y la precipitación media anual de las estaciones antes mencionadas.

Razón de ello para obtener los caudales máximos de las treintaicinco (35) áreas de drenaje ubicadas en los ríos y quebradas de área de estudio, se utilizaron los datos corregidos de las estaciones antes indicadas.

El tramo en estudio, no cuenta con registros de caudales, debido a esta limitante se generó una ecuación regional con los datos de precipitación total anual y altitud de cada estación. La ecuación regional fue obtenida mediante regresión lineal, logarítmica, exponencial, polinómica y potencial,

determinando que el mejor modelo de transferencia es la regresión logarítmica por su mayor coeficiente de regresión, indicando que la expresión polinómica es la que tiene mayor valor pero no es conveniente su uso porque arroja valores por debajo de la precipitación total anual de las estaciones en referencia. Las ecuaciones matemáticas se muestran en la tabla 119

Tabla N° 120. Ecuaciones para las precipitaciones ajustadas

RELACIÓN PRECIPITACION ALTITUD			
ESTACION	ALTITUD (mns)	PRECIPITACION	
Huánuco	1947	425.9	
Ambo	2070	510.9	
San Rafael	2722	715.2	
Cerro de Pasco	4260	948.6	
Jacas Chico	3724	1133.2	
Dos de Mayo	3442	824.4	
Yanahuanca	3161	638.0	
Elaboración Propia			
PARAMETROS ESTADISTICOS PARA REGIONALIZAR PRECIPITACION			
TIPO DE REGRESION	PARAMETROS		
	a	b	R²
Regresión Lineal	-37.5570	0.256	0.7792
Regresión Logarítmica	-5188.50	742.68	0.7843
Regresión Exponencial	232.19	0.0004	0.7443
Regresión Polinómica	-359.22	-0.00005 + 0.4837	0.7871
Regresión Potencial	0.1368	1.0706	0.7780
Elaboración Propia			
ECUACIONES PARA LAS PRECIPITACIONES AJUSTADAS			
Regresión Lineal	$P = 0.256 * H - 37.557$		
Regresión Logarítmica	$P = 742.68 \ln(H) - 5188.50$		
Regresión Exponencial	$P = 232.19e^{0.0004 * H}$		
Regresión Polinómica	$P = -0.00005 * H^2 + 0.4837 * H - 359.22$		
Regresión Potencial	$P = 0.1368 * H^{1.0706}$		
Elaboración Propia			

Dónde:

P : Precipitación Total Anual, en mm.

H : Altitud, en msnm.

R2 : Coeficiente de regresión

El modelo elegido presenta un coeficiente de regresión de 0.7843, lo cual indica que existe una buena asociación entre la precipitación versus la altitud, para realizar la extrapolación correspondiente, para lo cual se seleccionó como base la estación Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Jacas Chico debido a su cercanía y a las similitudes hidrológicas que presentan, además son las representativas para el tramo en estudio. La precipitación media anual para las treintaicinco (35) áreas de drenaje, fue calculada mediante el modelo regional representativo, para lo cual es necesario conocer la altitud media de la microcuenca en estudio (áreas de drenaje en nuestro caso). Indicando que la altitud media de cada área de drenaje se especifica en el anexo de características físicas.

Tomando como base los valores de precipitaciones mensuales de las estaciones indicadas, se genera la precipitación total mensual de las áreas de drenaje. Los resultados se presentan en los anexos.

Utilizando como Fuente: “El Diagnóstico y Formulación del Plan de Manejo de la Microcuenca Sirabamba”, elaborado por el Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos – PRONAMACHCS, donde se plantea que la intensidad máxima horaria puede ser estimada a partir de la precipitación máxima en 24 horas y la precipitación máxima mensual para el mismo periodo de retorno, registrada en las estaciones de Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Jacas Chico.

La intensidad en forma general puede ser representada por la siguiente relación:

$$i = \frac{K}{d^n}$$

Dónde:

i = intensidad en mm/hora

d = duración de la lluvia

k,n = parámetros que dependen de la zona.

Para el presente caso fueron estimados los parámetros k, n para periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 y 200 años, utilizando los datos

generados para los diversos aportes de la cuenca alta del río Huallaga (cuadros N° 125 al 194).

A manera de ejemplo se estiman k y n para un periodo de retorno de 50 años, para el área de drenaje 01: Río Pucamayo y/o Andacancha:

$$i_{24} = \frac{59.13 \text{ mm}}{24 \text{ h}} \quad ; \quad i_{\text{mes}} = \frac{365.42 \text{ mm}}{720 \text{ hr}}$$

$$i_{24} = 2.46 \text{ mm/hr} \quad ; \quad i_{\text{mes}} = 0.51 \text{ mm/hr}$$

Luego se pueden plantear las siguientes relaciones,

$$2.46 = \frac{k}{24^n} \quad ; \quad 0.51 = \frac{k}{720^n}$$

Resolviendo, se tienen los siguientes valores de k y n.

$$k = 10.782 \quad ; \quad n = 0.464$$

En los Cuadros N° 121 al 150, se muestran los valores de las intensidades calculadas para diferentes periodos de retorno empleando la fórmula de Kirpich para el cálculo de tiempo de concentración de las principales áreas de drenaje.

Tabla N° 121.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO PUCAMAYO Y/O ANDACANCHA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	29.44	188.03	0.455	5.206	3.08
5	38.96	244.90	0.459	6.992	4.12
10	45.26	282.55	0.462	8.175	4.80
25	53.22	330.13	0.463	9.671	5.67
50	59.13	365.42	0.464	10.782	6.32
100	64.99	400.46	0.465	11.884	6.95
200	70.83	435.36	0.466	12.982	7.59
Elaboración Propia					

Tabla N° 122.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO BLANCO - CHAUPHUARANGA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	25.35	235.87	0.344	3.155	2.46
5	38.85	287.80	0.411	5.980	4.44
10	47.78	322.18	0.439	8.031	5.85
25	59.07	365.62	0.464	10.754	7.69
50	67.44	397.85	0.478	12.843	9.09
100	75.75	429.83	0.490	14.960	10.50
200	84.03	461.71	0.499	17.103	11.92
Elaboración Propia					

Tabla Nº 123.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO CHAUIHUARANGA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	32.82	207.14	0.458	5.868	3.70
5	50.28	252.74	0.525	11.122	6.55
10	61.85	282.94	0.553	14.938	8.55
25	76.46	321.09	0.578	20.003	11.17
50	87.30	349.39	0.592	23.889	13.15
100	98.05	377.48	0.604	27.826	15.14
200	108.77	405.47	0.613	31.811	17.14
Elaboración Propia					

Tabla Nº 124.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO USHUGOYA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	29.84	190.60	0.455	5.277	3.30
5	39.49	248.26	0.459	7.088	4.41
10	45.88	286.43	0.462	8.287	5.15
25	53.95	334.65	0.463	9.804	6.08
50	59.94	370.43	0.464	10.929	6.77
100	65.88	405.95	0.465	12.047	7.45
200	71.80	441.33	0.466	13.160	8.14
Elaboración Propia					

Tabla Nº 125.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO CHAUIHUARANGA - QUIO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	28.15	177.67	0.458	5.033	3.14
5	43.13	216.78	0.525	9.540	5.56
10	53.05	242.68	0.553	12.812	7.26
25	65.58	275.40	0.578	17.157	9.47
50	74.88	299.68	0.592	20.490	11.15
100	84.10	323.77	0.604	23.867	12.83
200	93.30	347.78	0.613	27.285	14.53
Elaboración Propia					

Tabla Nº 126.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO YANACocha					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	28.71	183.37	0.455	5.077	2.86
5	37.99	238.84	0.459	6.819	3.82
10	44.14	275.56	0.462	7.973	4.46
25	51.90	321.96	0.463	9.432	5.26
50	57.66	356.38	0.464	10.515	5.85
100	63.38	390.55	0.465	11.590	6.44
200	69.08	424.59	0.466	12.661	7.03
Elaboración Propia					

Tabla Nº 127.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO TINGO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	29.83	190.52	0.455	5.275	2.94
5	39.48	248.15	0.459	7.085	3.93
10	45.86	286.31	0.462	8.284	4.58
25	53.93	334.51	0.463	9.800	5.40
50	59.91	370.28	0.464	10.925	6.02
100	65.85	405.78	0.465	12.042	6.62
200	71.77	441.15	0.466	13.155	7.23
Elaboración Propia					

Tabla Nº 128.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA, PUCURHUAY, TICLACAYAN y PARIARMARCA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	30.21	192.93	0.455	5.342	2.52
5	39.97	251.29	0.459	7.174	3.35
10	46.44	289.92	0.462	8.388	3.91
25	54.61	338.74	0.463	9.924	4.61
50	60.67	374.96	0.464	11.063	5.13
100	66.69	410.90	0.465	12.194	5.64
200	72.68	446.72	0.466	13.321	6.16
Elaboración Propia					

Tabla Nº 129.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO BLANCO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	45.31	214.81	0.542	10.585	6.03
5	59.13	256.30	0.569	15.021	8.33
10	68.28	283.77	0.581	18.041	9.87
25	79.85	318.47	0.593	21.921	11.85
50	88.42	344.22	0.600	24.833	13.32
100	96.94	369.78	0.606	27.746	14.79
200	105.42	395.24	0.611	30.666	16.26
Elaboración Propia					

Tabla Nº 130.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA - CACAPARA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	36.97	175.29	0.542	8.637	4.96
5	48.25	209.15	0.569	12.257	6.85
10	55.72	231.56	0.581	14.722	8.13
25	65.16	259.89	0.593	17.888	9.75
50	72.16	280.90	0.600	20.265	10.97
100	79.11	301.75	0.606	22.642	12.18
200	86.03	322.53	0.611	25.024	13.39
Elaboración Propia					

Tabla Nº 131.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUERTAS - MARCACOLO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	33.64	159.47	0.542	7.858	6.13
5	43.90	190.27	0.569	11.151	8.60
10	50.69	210.67	0.581	13.393	10.27
25	59.28	236.43	0.593	16.274	12.41
50	65.65	255.55	0.600	18.436	14.01
100	71.97	274.52	0.606	20.598	15.61
200	78.26	293.43	0.611	22.766	17.21
Elaboración Propia					

Tabla Nº 132.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO QUIO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	41.89	198.59	0.542	9.786	6.17
5	54.67	236.95	0.569	13.887	8.57
10	63.13	262.35	0.581	16.679	10.18
25	73.82	294.43	0.593	20.266	12.25
50	81.75	318.24	0.600	22.958	13.79
100	89.62	341.86	0.606	25.651	15.33
200	97.46	365.41	0.611	28.351	16.87
Elaboración Propia					

Tabla Nº 133.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUACAR					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	38.86	184.21	0.542	9.077	7.35
5	50.71	219.79	0.569	12.881	10.32
10	58.56	243.35	0.581	15.471	12.34
25	68.47	273.11	0.593	18.799	14.92
50	75.83	295.19	0.600	21.296	16.86
100	83.13	317.11	0.606	23.794	18.79
200	90.41	338.95	0.611	26.298	20.73
Elaboración Propia					

Tabla Nº 134.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA TRANCA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	32.25	152.90	0.542	7.534	10.37
5	42.09	182.43	0.569	10.692	14.95
10	48.60	201.99	0.581	12.841	18.09
25	56.83	226.69	0.593	15.603	22.13
50	62.94	245.02	0.600	17.676	25.18
100	69.00	263.21	0.606	19.750	28.23
200	75.04	281.33	0.611	21.828	31.30
Elaboración Propia					

Tabla Nº 135.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA - ACOMAYO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	31.76	150.56	0.542	7.419	9.53
5	41.45	179.64	0.569	10.528	13.69
10	47.86	198.89	0.581	12.645	16.54
25	55.96	223.22	0.593	15.364	20.21
50	61.98	241.27	0.600	17.406	22.97
100	67.95	259.18	0.606	19.447	25.74
200	73.89	277.03	0.611	21.494	28.51
Elaboración Propia					

Tabla Nº 136.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA HURANUISHA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	32.25	199.50	0.464	5.876	4.82
5	42.09	238.03	0.491	8.339	6.77
10	48.60	263.54	0.503	10.016	8.09
25	56.83	295.77	0.515	12.169	9.78
50	62.94	319.68	0.522	13.786	11.04
100	69.00	343.42	0.528	15.403	12.31
200	75.04	367.07	0.533	17.024	13.57
Elaboración Propia					

Tabla Nº 137.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA HUAMAMANI					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	37.28	176.75	0.542	8.709	10.41
5	48.65	210.88	0.569	12.359	14.90
10	56.18	233.48	0.581	14.844	17.97
25	65.70	262.04	0.593	18.036	21.92
50	72.76	283.22	0.600	20.433	24.89
100	79.76	304.25	0.606	22.829	27.87
200	86.74	325.20	0.611	25.232	30.85
Elaboración Propia					

Tabla Nº 138.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA (INTERCUENCA)					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	27.46	130.18	0.542	6.414	6.87
5	35.83	155.32	0.569	9.103	9.78
10	41.38	171.97	0.581	10.933	11.76
25	48.39	193.00	0.593	13.284	14.32
50	53.59	208.60	0.600	15.049	16.23
100	58.75	224.09	0.606	16.814	18.15
200	63.89	239.52	0.611	18.584	20.07
Elaboración Propia					

Tabla Nº 139.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA CHINCHOBAMBA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	36.90	174.95	0.542	8.621	9.30
5	48.16	208.74	0.569	12.234	13.24
10	55.61	231.11	0.581	14.693	15.93
25	65.03	259.38	0.593	17.853	19.39
50	72.02	280.35	0.600	20.225	21.99
100	78.95	301.17	0.606	22.598	24.59
200	85.86	321.91	0.611	24.976	27.19
Elaboración Propia					

Tabla Nº 140.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA OSACOCHA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	35.02	166.04	0.542	8.182	8.89
5	45.71	198.11	0.569	11.611	12.67
10	52.78	219.35	0.581	13.945	15.24
25	61.72	246.18	0.593	16.944	18.56
50	68.35	266.08	0.600	19.196	21.05
100	74.93	285.83	0.606	21.447	23.54
200	81.49	305.52	0.611	23.704	26.03
Elaboración Propia					

Tabla Nº 141.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA NAUSILLA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	34.46	163.35	0.542	8.049	7.42
5	44.97	194.90	0.569	11.423	10.50
10	51.93	215.79	0.581	13.719	12.58
25	60.72	242.19	0.593	16.670	15.26
50	67.24	261.77	0.600	18.884	17.27
100	73.72	281.20	0.606	21.100	19.28
200	80.17	300.56	0.611	23.320	21.29
Elaboración Propia					

Tabla Nº 142.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA - YACA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	25.67	121.70	0.542	5.997	6.38
5	33.50	145.20	0.569	8.510	9.08
10	38.69	160.77	0.581	10.221	10.92
25	45.24	180.43	0.593	12.419	13.29
50	50.10	195.01	0.600	14.069	15.07
100	54.92	209.49	0.606	15.719	16.85
200	59.73	223.92	0.611	17.373	18.63
Elaboración Propia					

Tabla Nº 143.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA - CHICCHUY					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	29.20	138.43	0.542	6.821	9.52
5	38.11	165.16	0.569	9.679	13.73
10	44.00	182.86	0.581	11.626	16.61
25	51.45	205.23	0.593	14.126	20.33
50	56.98	221.82	0.600	16.003	23.14
100	62.47	238.29	0.606	17.880	25.95
200	67.93	254.70	0.611	19.761	28.77
Elaboración Propia					

Tabla Nº 144.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUANCACHUPA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	39.33	184.21	0.546	9.291	6.19
5	51.32	219.79	0.572	13.185	8.61
10	59.27	243.35	0.585	15.836	10.24
25	69.30	273.11	0.597	19.242	12.34
50	76.75	295.19	0.604	21.798	13.90
100	84.14	317.11	0.610	24.355	15.46
200	91.50	338.95	0.615	26.918	17.02
Elaboración Propia					

Tabla Nº 145.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO COZO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	24.47	163.06	0.442	4.159	3.89
5	30.06	207.81	0.432	4.936	4.62
10	33.76	237.43	0.426	5.455	5.11
25	38.43	274.86	0.422	6.115	5.73
50	41.90	302.63	0.419	6.606	6.20
100	45.35	330.19	0.416	7.094	6.66
200	48.78	357.66	0.414	7.581	7.12
Elaboración Propia					

Tabla Nº 146.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO YARUMAYO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	28.57	236.69	0.378	3.961	2.97
5	35.09	301.64	0.367	4.701	3.55
10	39.41	344.64	0.362	5.196	3.94
25	44.87	398.97	0.358	5.824	4.43
50	48.92	439.28	0.355	6.292	4.80
100	52.94	479.29	0.352	6.756	5.16
200	56.94	519.15	0.350	7.220	5.52
Elaboración Propia					

Tabla Nº 146.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO NIÑO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	29.54	196.84	0.442	5.020	4.97
5	36.28	250.85	0.432	5.958	5.90
10	40.75	286.61	0.426	6.585	6.52
25	46.39	331.79	0.422	7.381	7.31
50	50.58	365.31	0.419	7.974	7.90
100	54.74	398.58	0.416	8.563	8.48
200	58.88	431.73	0.414	9.151	9.06
Elaboración Propia					

Tabla Nº 147.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO CHASQUI					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	28.98	193.14	0.442	4.926	5.71
5	35.60	246.14	0.432	5.846	6.75
10	39.99	281.23	0.426	6.462	7.45
25	45.52	325.56	0.422	7.243	8.33
50	49.63	358.45	0.419	7.824	8.99
100	53.71	391.10	0.416	8.402	9.65
200	57.77	423.62	0.414	8.979	10.31
Elaboración Propia					

Tabla Nº 148.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO MITO					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	26.62	177.40	0.442	4.524	5.13
5	32.70	226.08	0.432	5.370	6.07
10	36.73	258.30	0.426	5.935	6.69
25	41.81	299.03	0.422	6.652	7.49
50	45.59	329.23	0.419	7.186	8.09
100	49.33	359.22	0.416	7.717	8.68
200	53.06	389.10	0.414	8.247	9.27
Elaboración Propia					

Tabla Nº 149.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO MITO I					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	20.90	139.30	0.442	3.552	4.12
5	25.68	177.52	0.432	4.217	4.88
10	28.84	202.83	0.426	4.660	5.38
25	32.83	234.80	0.422	5.224	6.02
50	35.80	258.52	0.419	5.643	6.50
100	38.74	282.07	0.416	6.060	6.97
200	41.67	305.53	0.414	6.476	7.44
Elaboración Propia					

Tabla Nº 150.

INTENSIDADES MAXIMAS QUEBRADA SHOGOSH-HUANCAMARCA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	26.48	176.49	0.442	4.501	5.41
5	32.53	224.92	0.432	5.342	6.39
10	36.54	256.98	0.426	5.905	7.05
25	41.60	297.50	0.422	6.618	7.89
50	45.35	327.55	0.419	7.150	8.51
100	49.08	357.38	0.416	7.678	9.13
200	52.79	387.11	0.414	8.205	9.75

Elaboración Propia

Tabla Nº 151.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO RAGRACANCHA-SILLARAGRA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	28.48	193.14	0.437	4.763	5.45
5	34.99	246.14	0.426	5.653	6.45
10	39.30	281.23	0.421	6.248	7.11
25	44.74	325.56	0.416	7.003	7.96
50	48.78	358.45	0.414	7.565	8.59
100	52.78	391.10	0.411	8.124	9.22
200	56.78	423.62	0.409	8.682	9.85

Elaboración Propia

Tabla Nº 152.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO CHICO-LANJAS					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	25.07	167.03	0.442	4.260	4.30
5	30.79	212.86	0.432	5.056	5.10
10	34.58	243.21	0.426	5.588	5.64
25	39.37	281.55	0.422	6.264	6.32
50	42.92	309.99	0.419	6.766	6.82
100	46.45	338.22	0.416	7.266	7.33
200	49.96	366.36	0.414	7.765	7.83

Elaboración Propia

Tabla Nº 153.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HIGUERAS-MAMAYHUACHIN					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	18.43	122.83	0.442	3.133	2.62
5	22.64	156.54	0.432	3.718	3.13
10	25.43	178.85	0.426	4.109	3.46
25	28.95	207.05	0.422	4.606	3.89
50	31.56	227.97	0.419	4.976	4.21
100	34.16	248.73	0.416	5.344	4.52
200	36.74	269.42	0.414	5.711	4.84

Elaboración Propia

Tabla Nº 154.

INTENSIDADES MAXIMAS RIO HUALLAGA - RIMARAGRA					
Tr	P. Max. 24 Hr mm	P. Max. Mes mm	n	k	i mm/hora
2	23.44	111.13	0.542	5.476	8.27
5	30.59	132.60	0.569	7.771	11.98
10	35.33	146.81	0.581	9.333	14.52
25	41.31	164.76	0.593	11.341	17.81
50	45.75	178.08	0.600	12.847	20.29
100	50.15	191.31	0.606	14.354	22.77
200	54.54	204.48	0.611	15.865	25.26
Elaboración Propia					

3.8.2.9. Cálculo del Tiempo de Concentración

La duración de la lluvia se hace igual al tiempo de concentración de la cuenca, puesto que es, para esta duración, cuando la totalidad de la cuenca está aportando al proceso de escorrentía, por esto, es de esperarse que se presenten los caudales máximos. Para hallar el tiempo de concentración a partir de los parámetros morfométricos se pueden utilizar una serie de fórmulas empíricas como de Temez, Kirpich, California Couverts Practice, Giandotti, S.C.S Ranser y Ven Te Chow, el lector podrá encontrar tales fórmulas en los trabajos de Chow (1994) y Smith (1997). Debido a las diferentes expresiones para el cálculo del tiempo de concentración existe una gran variabilidad en los resultados de una a otra, por lo cual se hace necesario seleccionar el tiempo de concentración de forma apropiada.

Tabla Nº 155.

Tiempo de Concentración Río Pucamayo y/o Andacancha					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	34712.88	m	Fórmula de Kirpich		3.163 horas
L =	34.71	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)		3.146 horas
Ac =	451.11	km ²	Fórmula de Giandotti		4.004 horas
Cota Inicial =	5300	msnm	Fórmula de Temez		8.116 horas
Cota Final =	3470	msnm			
S =	0.0527	m/m			

Tabla Nº 156.

Tiempo de Concentración Río Blanco - Chaupihuaranga					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	23468.31	m	Fórmula de Kirpich		2.061 horas
L =	23.47	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)		2.050 horas
Ac =	180.80	km ²	Fórmula de Giandotti		2.682 horas
Cota Inicial =	5200	msnm	Fórmula de Temez		5.635 horas
Cota Final =	3480	msnm			
S =	0.0733	m/m			

Tabla Nº 157.

Tiempo de Concentración Río Chaupihuaranga					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	30995.32	m	Fórmula de Kirpich	2.741	horas
L =	31.00	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.726	horas
Ac =	272.48	km ²	Fórmula de Giandotti	3.235	horas
Cota Inicial =	4650	msnm	Fórmula de Témez	7.232	horas
Cota Final =	2760	msnm			
S =	0.0610	m/m			

Tabla Nº 158.

Tiempo de Concentración Río Ushugoya					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	30711.19	m	Fórmula de Kirpich	2.806	horas
L =	30.71	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.791	horas
Ac =	163.22	km ²	Fórmula de Giandotti	2.920	horas
Cota Inicial =	4505	msnm	Fórmula de Témez	7.292	horas
Cota Final =	2775	msnm			
S =	0.0563	m/m			

Tabla Nº 159.

Tiempo de Concentración Río Chaupihuaranga - Quio					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	33165.14	m	Fórmula de Kirpich	2.795	horas
L =	33.17	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.780	horas
Ac =	163.59	km ²	Fórmula de Giandotti	2.689	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	7.497	horas
Cota Final =	2300	msnm			
S =	0.0663	m/m			

Tabla Nº 160.

Tiempo de Concentración Río Yanacocha					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	40454.72	m	Fórmula de Kirpich	3.529	horas
L =	40.45	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	3.510	horas
Ac =	263.59	km ²	Fórmula de Giandotti	3.363	horas
Cota Inicial =	4550	msnm	Fórmula de Témez	9.092	horas
Cota Final =	2370	msnm			
S =	0.0539	m/m			

Tabla Nº 161.

Tiempo de Concentración Río Tingo					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	38504.72	m	Fórmula de Kirpich	3.611	horas
L =	38.50	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	3.592	horas
Ac =	292.40	km ²	Fórmula de Giandotti	3.748	horas
Cota Inicial =	4550	msnm	Fórmula de Témez	9.025	horas
Cota Final =	2780	msnm			
S =	0.0460	m/m			

Tabla Nº 162.

Tiempo de Concentración Río Huallaga, Pucurhuay, Tlacayan y Pariamarca					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	55325.70	m	Fórmula de Kirpich	5.237	horas
L =	55.33	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	5.209	horas
Ac =	626.01	km ²	Fórmula de Giandotti	5.117	horas
Cota Inicial =	4750	msnm	Fórmula de Témez	12.495	horas
Cota Final =	2750	msnm			
S =	0.0361	m/m			

Tabla Nº 163.

Tiempo de Concentración Río Blanco					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	34888.42	m	Fórmula de Kirpich	2.821	horas
L =	34.89	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.806	horas
Ac =	265.97	km ²	Fórmula de Giandotti	2.939	horas
Cota Inicial =	4950	msnm	Fórmula de Témez	7.680	horas
Cota Final =	2450	msnm			
S =	0.0717	m/m			

Tabla Nº 164.

Tiempo de Concentración Río Huallaga - Cacapara					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	33491.92	m	Fórmula de Kirpich	2.779	horas
L =	33.49	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.764	horas
Ac =	217.18	km ²	Fórmula de Giandotti	2.846	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	7.503	horas
Cota Final =	2200	msnm			
S =	0.0687	m/m			

Tabla Nº 165.

Tiempo de Concentración Río Huertas - Maracolo					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	20537.87	m	Fórmula de Kirpich	1.580	horas
L =	20.54	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.571	horas
Ac =	225.37	km ²	Fórmula de Giandotti	2.368	horas
Cota Inicial =	4300	msnm	Fórmula de Témez	4.686	horas
Cota Final =	2000	msnm			
S =	0.1120	m/m			

Tabla Nº 166.

Tiempo de Concentración Río Quio					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	28403.06	m	Fórmula de Kirpich	2.337	horas
L =	28.40	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.325	horas
Ac =	334.92	km ²	Fórmula de Giandotti	3.086	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	6.458	horas
Cota Final =	2300	msnm			
S =	0.0775	m/m			

Tabla N° 167.

Tiempo de Concentración Río Huacar					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	19637.41	m	Fórmula de Kirpich	1.476	horas
L =	19.64	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.468	horas
Ac =	98.91	km ²	Fórmula de Giandotti	1.767	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	4.452	horas
Cota Final =	2100	msnm			
S =	0.1222	m/m			

Tabla N° 168.

Tiempo de Concentración Quebrada Tranca					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	7785.77	m	Fórmula de Kirpich	0.555	horas
L =	7.79	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.552	horas
Ac =	19.09	km ²	Fórmula de Giandotti	0.836	horas
Cota Inicial =	4000	msnm	Fórmula de Témez	1.911	horas
Cota Final =	2100	msnm			
S =	0.2440	m/m			

Tabla N° 169.

Tiempo de Concentración Río Huallaga - Acomayo					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	9525.81	m	Fórmula de Kirpich	0.630	horas
L =	9.53	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.627	horas
Ac =	54.70	km ²	Fórmula de Giandotti	1.097	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	2.201	horas
Cota Final =	2000	msnm			
S =	0.2624	m/m			

Tabla N° 170.

Tiempo de Concentración Quebrada Huranuisha					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	20224.55	m	Fórmula de Kirpich	1.529	horas
L =	20.22	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.521	horas
Ac =	100.72	km ²	Fórmula de Giandotti	1.802	horas
Cota Inicial =	4620	msnm	Fórmula de Témez	4.583	horas
Cota Final =	2230	msnm			
S =	0.1182	m/m			

Tabla N° 171.

Tiempo de Concentración Quebrada Huamamani					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	10689.64	m	Fórmula de Kirpich	0.720	horas
L =	10.69	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.716	horas
Ac =	44.37	km ²	Fórmula de Giandotti	1.067	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	2.460	horas
Cota Final =	2000	msnm			
S =	0.2339	m/m			

Tabla N° 172.

Tiempo de Concentración Río Huallaga (Intercuenca)					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	11419.04	m	Fórmula de Kirpich	0.881	horas
L =	11.42	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.877	horas
Ac =	49.68	km ²	Fórmula de Giandotti	1.335	horas
Cota Inicial =	3700	msnm	Fórmula de Témez	2.792	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.1576	m/m			

Tabla N° 173.

Tiempo de Concentración Quebrada Chinchobamba					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	12598.16	m	Fórmula de Kirpich	0.870	horas
L =	12.60	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.865	horas
Ac =	35.51	km ²	Fórmula de Giandotti	1.068	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	2.881	horas
Cota Final =	2000	msnm			
S =	0.1984	m/m			

Tabla N° 174.

Tiempo de Concentración Quebrada Osacocha					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	12446.04	m	Fórmula de Kirpich	0.858	horas
L =	12.45	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.853	horas
Ac =	55.73	km ²	Fórmula de Giandotti	1.213	horas
Cota Inicial =	4400	msnm	Fórmula de Témez	2.848	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.2009	m/m			

Tabla N° 175.

Tiempo de Concentración Quebrada Nausilla					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	15491.88	m	Fórmula de Kirpich	1.160	horas
L =	15.49	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.154	horas
Ac =	65.79	km ²	Fórmula de Giandotti	1.484	horas
Cota Inicial =	4100	msnm	Fórmula de Témez	3.603	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.1420	m/m			

Tabla N° 176.

Tiempo de Concentración Río Huallaga - Yaca					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	11951.22	m	Fórmula de Kirpich	0.892	horas
L =	11.95	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.887	horas
Ac =	43.54	km ²	Fórmula de Giandotti	1.239	horas
Cota Inicial =	3900	msnm	Fórmula de Témez	2.859	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.1673	m/m			

Tabla Nº 177.

Tiempo de Concentración Río Huallaga - Chicchuy					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	7620.60	m	Fórmula de Kirpich	0.541	horas
L =	7.62	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.538	horas
Ac =	23.54	km ²	Fórmula de Giandotti	0.884	horas
Cota Inicial =	3800	msnm	Fórmula de Témez	1.872	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.2493	m/m			

Tabla Nº 178.

Tiempo de Concentración Río Huancachupa					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	27442.67	m	Fórmula de Kirpich	2.106	horas
L =	27.44	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.095	horas
Ac =	184.55	km ²	Fórmula de Giandotti	2.341	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	6.050	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.0947	m/m			

Tabla Nº 179.

Tiempo de Concentración Río Cozo					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	15777.57	m	Fórmula de Kirpich	1.165	horas
L =	15.78	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.159	horas
Ac =	113.00	km ²	Fórmula de Giandotti	1.725	horas
Cota Inicial =	4400	msnm	Fórmula de Témez	3.636	horas
Cota Final =	2100	msnm			
S =	0.1458	m/m			

Tabla Nº 180.

Tiempo de Concentración Río Yarumayo					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	24690.56	m	Fórmula de Kirpich	2.148	horas
L =	24.69	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	2.136	horas
Ac =	225.37	km ²	Fórmula de Giandotti	2.860	horas
Cota Inicial =	4500	msnm	Fórmula de Témez	5.865	horas
Cota Final =	2700	msnm			
S =	0.0729	m/m			

Tabla Nº 181.

Tiempo de Concentración Río Niño					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	11357.60	m	Fórmula de Kirpich	1.024	horas
L =	11.36	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.018	horas
Ac =	104.24	km ²	Fórmula de Giandotti	2.088	horas
Cota Inicial =	4400	msnm	Fórmula de Témez	3.003	horas
Cota Final =	3200	msnm			
S =	0.1057	m/m			

Tabla Nº 182.

Tiempo de Concentración Río Chasqui					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	8103.77	m	Fórmula de Kirpich	0.717	horas
L =	8.10	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.713	horas
Ac =	15.96	km ²	Fórmula de Giandotti	1.060	horas
Cota Inicial =	4300	msnm	Fórmula de Témez	2.207	horas
Cota Final =	3200	msnm			
S =	0.1357	m/m			

Tabla Nº 183.

Tiempo de Concentración Río Mito					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	9591.62	m	Fórmula de Kirpich	0.754	horas
L =	9.59	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.750	horas
Ac =	29.59	km ²	Fórmula de Giandotti	1.129	horas
Cota Inicial =	4300	msnm	Fórmula de Témez	2.415	horas
Cota Final =	2700	msnm			
S =	0.1668	m/m			

Tabla Nº 184.

Tiempo de Concentración Río Mito I					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	9519.65	m	Fórmula de Kirpich	0.714	horas
L =	9.52	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.711	horas
Ac =	24.40	km ²	Fórmula de Giandotti	1.003	horas
Cota Inicial =	3900	msnm	Fórmula de Témez	2.344	horas
Cota Final =	2100	msnm			
S =	0.1891	m/m			

Tabla Nº 185.

Tiempo de Concentración Quebrada Shogosh - Huancamarca					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	8545.14	m	Fórmula de Kirpich	0.660	horas
L =	8.55	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.656	horas
Ac =	23.79	km ²	Fórmula de Giandotti	1.010	horas
Cota Inicial =	4300	msnm	Fórmula de Témez	2.161	horas
Cota Final =	2700	msnm			
S =	0.1872	m/m			

Tabla Nº 186.

Tiempo de Concentración Río Ragracancha - Sillaragra					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	8754.59	m	Fórmula de Kirpich	0.735	horas
L =	8.75	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.731	horas
Ac =	33.52	km ²	Fórmula de Giandotti	1.258	horas
Cota Inicial =	4400	msnm	Fórmula de Témez	2.302	horas
Cota Final =	3100	msnm			
S =	0.1485	m/m			

Tabla N° 187.

Tiempo de Concentración Río Chico - Lanjas					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	13173.36	m	Fórmula de Kirpich	0.980	horas
L =	13.17	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.974	horas
Ac =	44.28	km ²	Fórmula de Giandotti	1.265	horas
Cota Inicial =	4300	msnm	Fórmula de Témez	3.110	horas
Cota Final =	2200	msnm			
S =	0.1594	m/m			

Tabla N° 188.

Tiempo de Concentración Río Higuera - Mamayhuachin					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	18342.78	m	Fórmula de Kirpich	1.492	horas
L =	18.34	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	1.484	horas
Ac =	93.71	km ²	Fórmula de Giandotti	1.899	horas
Cota Inicial =	3800	msnm	Fórmula de Témez	4.361	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.1036	m/m			

Tabla N° 189.

Tiempo de Concentración Río Huallaga - Rimaragra					
Datos:			Cálculos:		Tc
L =	6467.04	m	Fórmula de Kirpich	0.467	horas
L =	6.47	km	Fórmula Californiana (del U.S.B.R)	0.465	horas
Ac =	18.88	km ²	Fórmula de Giandotti	0.821	horas
Cota Inicial =	3600	msnm	Fórmula de Témez	1.633	horas
Cota Final =	1900	msnm			
S =	0.2629	m/m			

Para todos los aportes en mención, el valor obtenido por la fórmula de Kirpich es el que se ha tomado en cuenta para la determinación de los caudales.

3.8.2.10. Curvas IDF

Las curvas IDF son una de las herramientas más importantes para el diseño hidrológico de caudales máximos. Son la herramienta fundamental de los modelos lluvia-escorrentía, como son los hidrogramas unitarios y el método racional. Las curvas IDF dependen del lugar de medición de la lluvia.

Debido a la falta de pluviógrafos en las estaciones próximas al sitio de proyecto, que permitan una determinación directa de las curvas de intensidad - duración - frecuencia, se trabajó sobre la base de registros de precipitaciones máximas en 24 horas de la estación Cerro de Pasco,

Yanahuanca, San Rafael y Jacas Chico corregidas por un factor de altura indicado en los anexos.

Los diversos procedimientos de estimación de la precipitación máxima probable no están normalizados, ya que varían principalmente con la cantidad y calidad de los datos disponibles; además, cambian con el tamaño de la cuenca, su emplazamiento y su topografía, con los tipos de temporales que producen las precipitaciones extremas y con el clima. Los métodos de estimación de fácil y rápida aplicación son los empíricos y el estadístico.

Aunque existe un número importante de distribuciones de probabilidad empleadas en hidrología, son sólo unas cuantas las comúnmente utilizadas, debido a que los datos hidrológicos de diversos tipos han probado en repetidas ocasiones ajustarse satisfactoriamente a un cierto modelo teórico. Las lluvias máximas horarias o diarias por lo común se ajustan bien a la distribución de valores extremos tipo I o Gumbel, a la Log-Pearson tipo III y a la gamma incompleta. En este proyecto se empleó la distribución Gumbel.

Para el modelo de probabilidad:

$$F_{(x)} = e^{-e^{-\left(\frac{x-u}{\alpha}\right)}}$$

Según el estudio de miles de estaciones - año de datos de lluvia, realizado por L. L. Welss, los resultados de un análisis probabilístico llevado a cabo con lluvias máximas anuales tomadas en un único y fijo intervalo de observación, al ser incrementados en un 13% conducían a magnitudes más aproximadas a las obtenidas en el análisis basado en lluvias máximas

verdaderas. Por tanto, el valor representativo adoptado para la cuenca será multiplicado por 1.13 para ajustarlo por intervalo fijo y único de observación.

3.8.2.11. Estimación de Caudales

Los métodos utilizados para determinar el caudal máximo asociado a diferentes períodos de retorno son métodos lluvia escorrentía basados en las Hidrógrafas Unitarias Sintéticas del SCS y el método Racional, que se basa directamente en la intensidad de diseño y en el coeficiente de escorrentía definido para las áreas de drenaje. Los hidrogramas unitarios sintéticos han sido desarrollados para enfrentar el problema de información escasa por lo que se construyen hidrogramas unitarios en función de características físicas de la cuenca y de los parámetros propios de cada metodología

Para el cálculo de los caudales, en el estudio Hidrológico se ha aplicado el Método Racional por su funcionalidad, ya que permite utilizar datos más reales de campo y por ser más adecuado para cuencas con área menor de 60 Km².

Este método también es muy utilizado por el Servicio de Mantenimiento de Carreteras de EE.UU.

Los cálculos de cada uno de los métodos basados en hidrógrafas unitarias se pueden consultar en los Anexos respectivos y en la tabla N° 190, se muestran el resumen de los caudales estimados por el método racional utilizando las curvas IDF, Mac Math y los hidrogramas unitarios y las hidrógrafas calculadas usando el método de SCS.

Tabla N° 190. Caudales estimados por el método racional utilizando las curvas IDF, Mac Math y los hidrogramas unitarios y las hidrógrafas calculadas usando el método de SCS.

CAUDAL ESTIMADO PARA EL DISEÑO DE LAS ESTRUCTURAS T = 50 AÑOS				
DESCRIPCION	FORMULA RACIONAL (Relacion P_7/P_{24Hr})	FORMULA RACIONAL (Relación curvas IDF)	FORMULA RACIONAL (MAC MATH)	FORMULA (HUS-SCS)
RIO PUCAMAYO Y/O ANDACANCHA	149.56	213.68	128.33	189.61
RIO BLANCO - CHAUPIHUARANGA	86.26	177.59	98.91	140.47
RIO CHAUPIHUARANGA	188.08	197.17	150.34	225.46
RIO USHUGOYA	57.99	84.38	74.17	78.87
RIO CHAUPIHUARANGA - QUIO	95.73	100.31	99.37	103.56
RIO YANACOCCHA	81.00	113.83	92.49	95.78
RIO TINGO	92.36	129.33	95.46	104.01
RIO HUALLAGA - PARIARMARCA	168.50	222.99	135.90	148.34
RIO BLANCO	186.02	201.46	160.69	201.60
RIO HUALLAGA - CACAPARA	125.08	135.49	114.53	131.31
RIO HUERTAS - MARCACOLO	165.75	181.18	130.72	189.57
RIO QUIO	242.48	263.40	175.45	298.05
RIO HUACAR	87.54	95.80	97.16	110.59
QUEBRADA TRANCA	25.23	28.05	41.53	42.86
RIO HUALLAGA - ACOMAYO	65.97	73.18	77.64	105.58
QUEBRADA HURANUISHA	58.39	103.34	80.35	86.41
QUEBRADA HUAMAMANI	57.99	64.19	76.91	91.36
RIO HUALLAGA I	42.34	46.72	51.25	54.32
RIO CHINCHOBAMBA	41.00	45.24	62.44	59.55
QUEBRADA OSACOCCHA	61.58	67.97	77.36	87.42
QUEBRADA NAUSILLA	59.65	65.53	72.44	82.10
RIO HUALLAGA - YACA	34.44	38.00	45.51	44.84
RIO HUALLAGA - CHICCHUY	28.59	31.80	42.84	43.72
RIO HUANCACHUPA	134.68	145.28	126.88	153.71
RIO COZO	36.76	71.53	62.46	66.09
RIO YARUMAYO	56.76	114.23	81.34	92.73
RIO NIÑO	43.21	86.25	62.85	94.99
RIO CHASQUI	7.53	16.14	23.07	17.69
RIO MITO	12.56	26.64	33.06	30.86
RIO MITO I	8.32	17.84	24.47	10.07
RIO SHOGOSH - HUANCAMARCA	10.63	23.14	30.42	24.44
RIO RAGRACANCHA - SILLARAGRA	15.12	32.80	36.21	35.17
RIO CHICO - LANJAS	15.87	31.95	38.58	27.70
RIO HIGUERAS - MAMAYHUACHIN	20.70	38.36	36.57	23.14
RIO HUALLAGA - RIMARAGRA	20.11	22.42	30.94	27.82
CAUDAL TOTAL (m³/seg)	2,583.80	3,307.19	2,768.62	3,319.81
CAUDAL DE DISEÑO (m³/seg)	2,994.86			
Elaboración Propia				

El caudal de diseño para las obras de protección en el tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto es $Q = 2,994.86 \approx 2,995.00$ m³/seg. Que viene a ser el promedio de las cuatro formulas utilizadas para determinar el caudal máximo en cada área de drenaje.

3.8.3. Estudio Hidráulico.

Habiendo determinado el caudal de diseño para la proyección de las obras de protección, en caso la hipótesis de inundación en el tramo investigado sea cierta. Se realiza el estudio hidráulico que nos permitirá observar el perfil de la superficie libre de agua, sobre la línea del thalweg (ruta o camino del río) generada cuando se realizó el levantamiento topográfico en el Río Huallaga (tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto) en una longitud de 1,195.00 m, en el que se consideró 61 secciones transversales perpendiculares a la línea del thalweg. Para el tránsito de la avenida de diseño cuyo caudal es aproximadamente igual a $Q = 2,995.00 \text{ m}^3/\text{seg}$, establecido en el estudio hidrológico, para un periodo de retorno de 50 años, se ha utilizado el programa HEC-RAS 5.07.

El software o programa HEC-RAS es de libre acceso, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center), del U. S. Army Corps of Engineering River Analysis System (HEC-RAS). Este software permite al usuario establecer modelaciones de flujo tanto estacionarios como no estacionarios.

HEC-RAS utiliza tres componentes para realizar análisis hidráulicos unidimensionales aplicados a: (1) cálculos de perfiles hidráulicos en flujos permanentes; (2) simulaciones de flujo no permanente; y (3) cálculos de transporte de sedimento en fondos y paredes erosionables. Todos estos tres componentes utilizarán una misma representación geométrica de datos, y similares rutinas de cálculo geométrico e hidráulico.

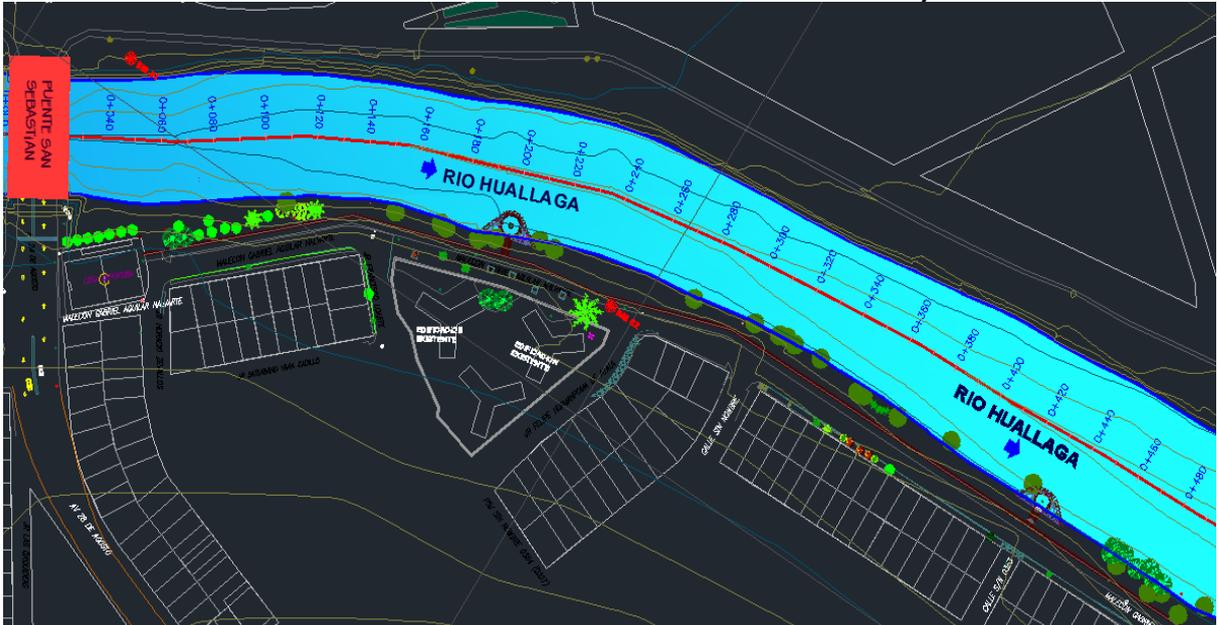
Adicional a estos tres componentes hidráulicos, el sistema contiene algunos elementos de diseño hidráulico que pueden ser utilizados una vez que los perfiles hidráulicos hayan sido calculados.

3.8.3.1. Estudio Topográfico.

Se realizó un levantamiento topográfico de tipo planimétrico, que consistió en la obtención una nube de puntos georreferenciados, los cuales se interpolaron para obtener las curvas de nivel. En las Figuras 13; 14 y 15 se

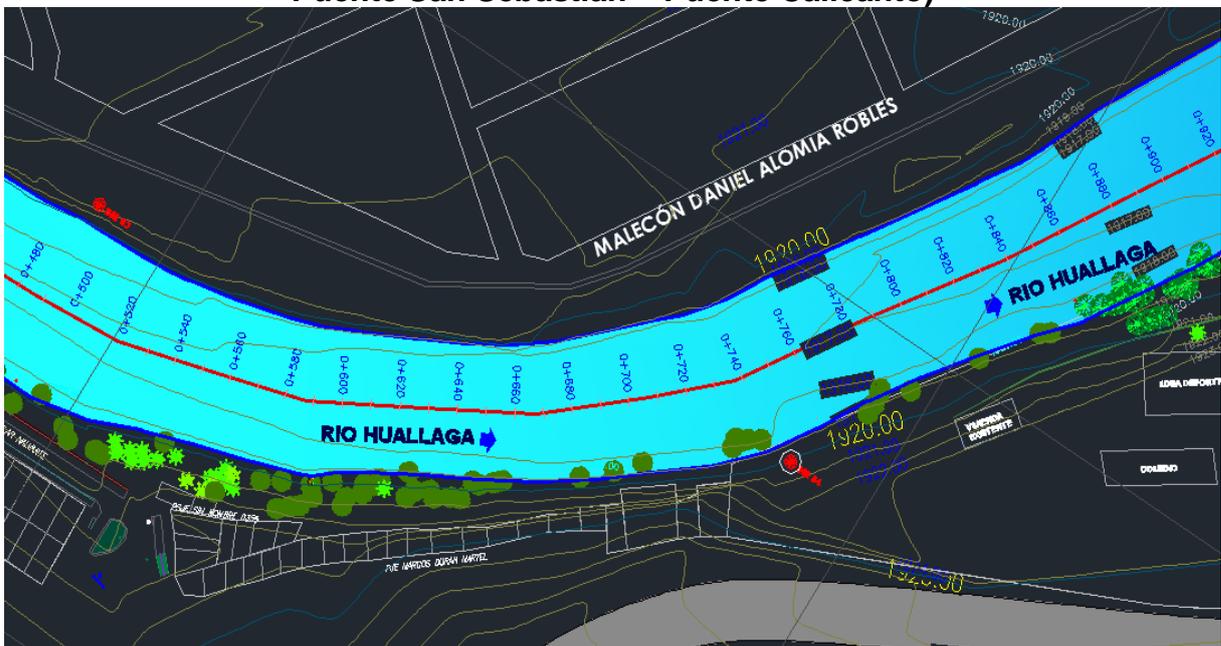
muestra el levantamiento topográfico (seccionamiento), realizado para la simulación hidráulica del río en el tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto, los detalles pueden consultarse con los planos que el especialista en topografía anexa en su informe respectivo.

Figura 13. Seccionamiento del río Huallaga KM 0+000 – KM 0+480 (Tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto)



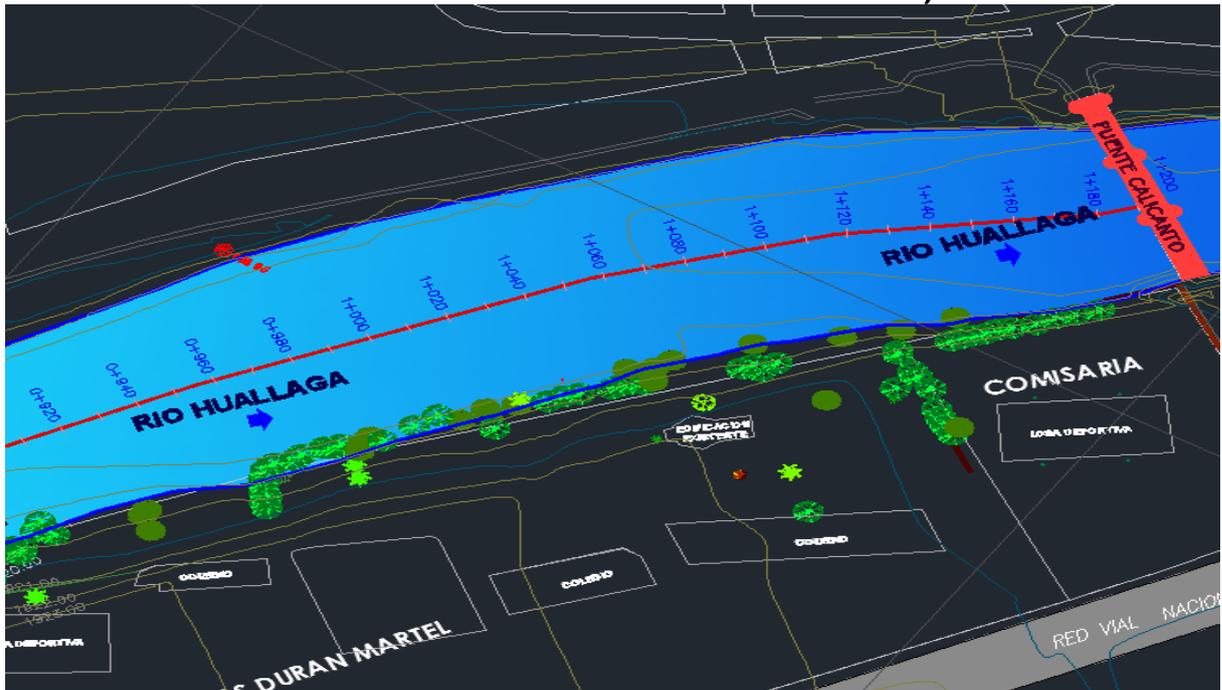
Fuente: Estudio Topográfico

Figura 14. Seccionamiento del río Huallaga KM 0+480 – KM 0+920 (Tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto)



Fuente: Estudio Topográfico

Figura 15. Seccionamiento del río Huallaga KM 0+920 – KM 1+195 (Tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto)

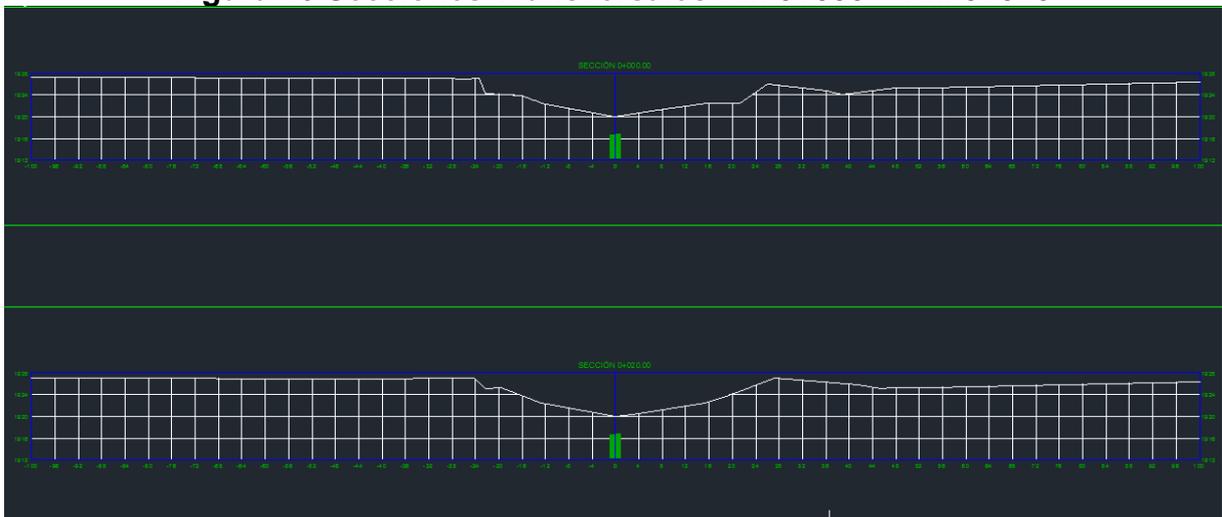


Fuente: Estudio Topográfico

Batimetría

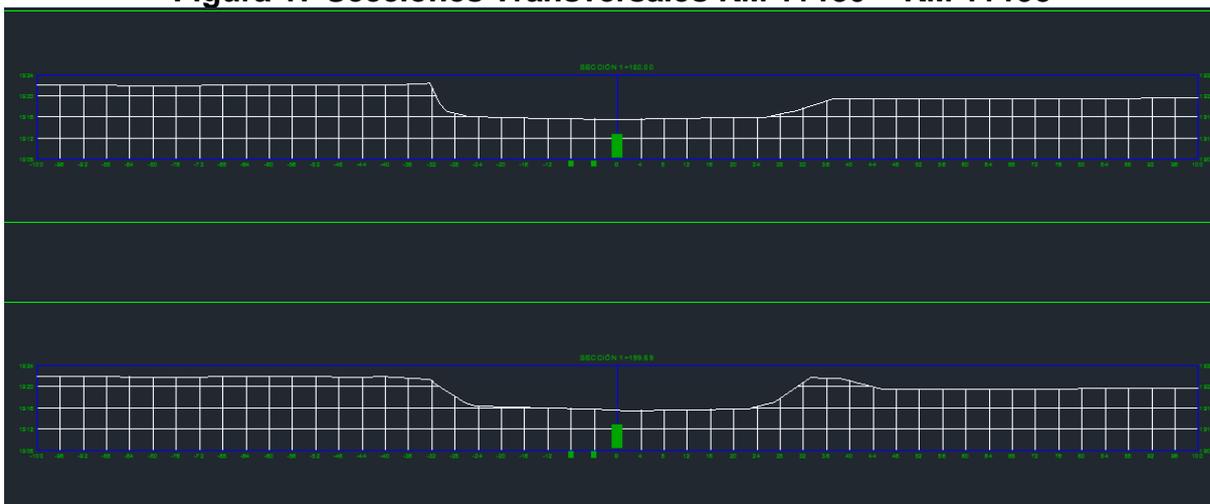
A partir del levantamiento topográfico realizado para el tramo de estudio fueron extraídas las secciones transversales del cauce. En ambos márgenes a partir del eje del río se ha considerado un ancho de 100.00 m, tal como se muestran en la Figura 16 (inicio) y 17 (final).

Figura 16 Secciones Transversales KM 0+000 – KM 0+020



Fuente: Estudio Topográfico

Figura 17 Secciones Transversales KM 1+180 – KM 1+195



Fuente: Estudio Topográfico

Los planos de las secciones transversales obtenidas a partir del levantamiento topográfico se encuentran en los respectivos anexos.

Una vez obtenido los caudales para los distintos periodos de retorno en el Estudio Hidrológico, así como realizado el levantamiento topográfico y la modelización del terreno donde quedan identificadas las márgenes y el canal principal del cauce en la zona estudiada, procede a realizar la simulación hidráulica, a través del cual podemos determinar la cota máxima y el alcance de la lámina de agua para los diferentes episodios de avenidas.

La delimitación del área afectada por el agua en caso de inundación excepcional, así como la cota que dentro de esta zona inundable alcanza la corriente, revisten una notable importancia a la hora de programar nuevos desarrollos urbanos, con el fin de evitar riesgos futuros sobre los usos y construcciones humanas.

3.8.3.2. Simulación Hidráulica.

Para realizar la simulación hidráulica correctamente, HEC-RAS exige el volcado de los datos disponibles sobre la geometría del cauce, así como sus márgenes y el régimen del flujo de la corriente especificando los siguientes:

- a) Archivo donde aparezcan los datos topograficos de la zona estudiada, en este caso, la opción que hemos considerado, es lo alcanzado por el especialista en topografía al carecer de un Modelo Digital del Terreno de Detalle.
- b) Distribución de las secciones transversales al cauce, englobando toda la extensión del curso de agua en la zona de estudio, pero priorizando aquellos tramos en los cuales puede existir un cambio en el comportamiento hidraulico del cauce.
- c) Datos de los distintos caudales obtenidos en el estudio hidrológico. Para el presente estudio solamente se esta considerando un perfil referente a un periodo de retorno de 50 años.
- d) Estimación de los coeficientes de rugosidad.
Para la determinación del coeficiente de rugosidad de Manning del canal se utilizó el método de Cowan y de los datos de Scobey para diferentes tipos de cauces asumiendo los siguientes valores:

Tabla N° 03 Coeficientes de rugosidad según Cowan para las principales areas de drenaje

Coeficiente	Descripción	Valor
n_0	material del cauce:	0.028
n_1	Grado de irregularidad:	0.000
n_2	Secciones variables	0.005
n_3	Efecto de las obstrucciones	0.000
n_4	Vegetación	0.010
m_5	Grado de sinuosidad	1.000

Con estos valores se obtuvo que:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5$$

$$n = 0.043 \text{ (perimetro mojado).}$$

Adoptando los valores de Scobey por ser datos que más se acercan a la zona de estudio los coeficientes seleccionados son:

$$n, \text{ para el cauce} = 0.030, \text{ adoptado } 0.028 \text{ (canal principal)}$$

$$n, \text{ para las zonas de inundación} = 0.038$$

e) Coeficiente de contracción – expansión. Sin olvidar que siempre la pérdida de energía que hay en una contracción es inferior a la que se produce en una expansión y considerado en este caso el coeficiente debe ser suave, en función a las características del cauce determinamos que:

COEFICIENTE DE CONTRACCION = 0.10

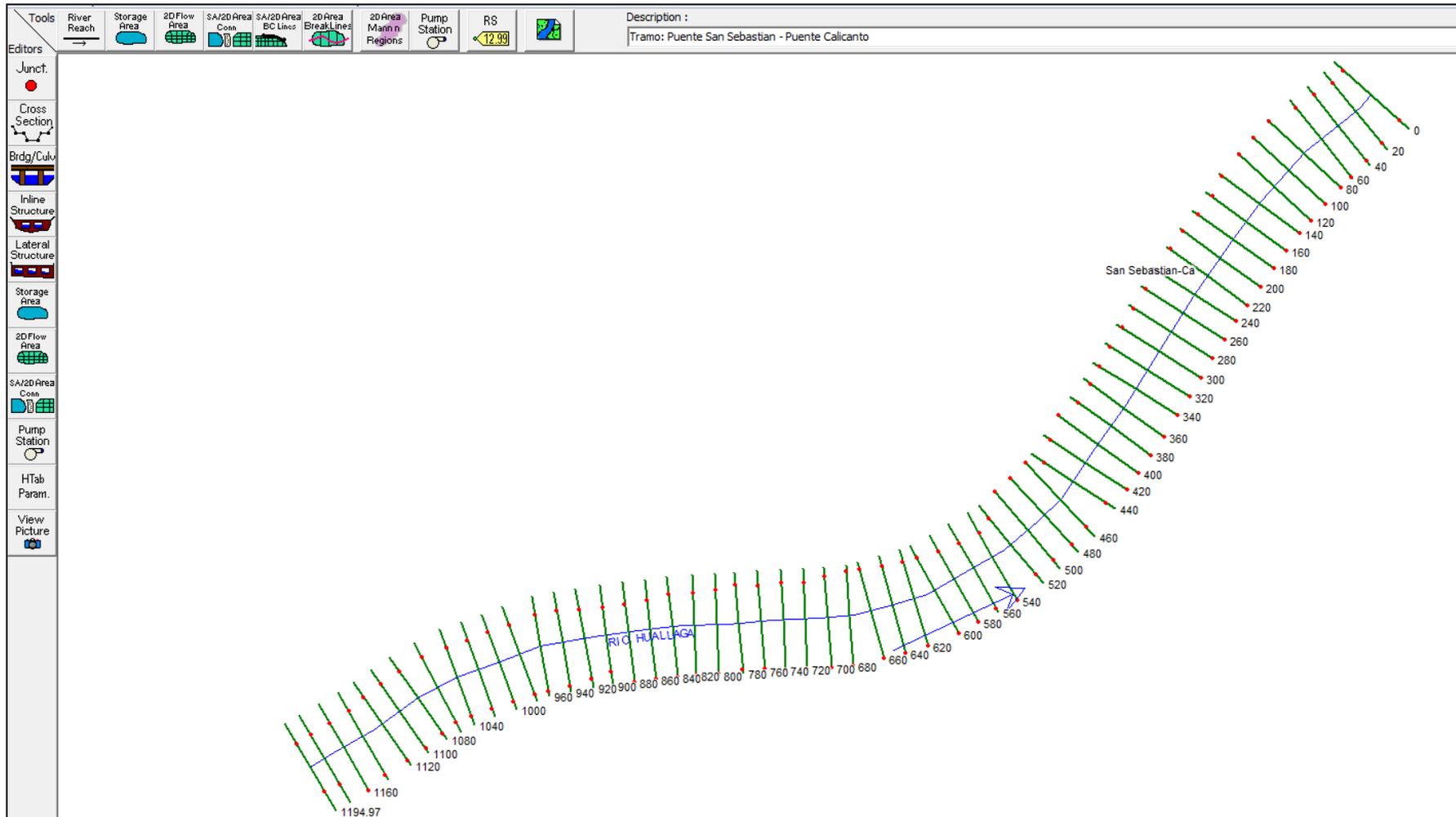
COEFICIENTE DE EXPANSION = 0.30

f) Tipo de régimen del flujo de la corriente que esta directamente relacionado con la velocidad de la misma. Usamos un régimen supercritico porque la pendiente del cauce según la topografía adjunta es ligeramente alta aguas arriba.

g) Condiciones de contorno, con los cuales enseñamos al programa el comportamiento del agua en función de la pendiente del terreno, regimen de flujo, cota conocida de la lamina de agua aguas arriba y aguas abajo de la zona de estudio. Para nuestro caso según la topografía (secciones transversales) se ha optado por la pendiente del río en el tramo estudiado para un regimen supercritico (pendiente aguas arriba).

Puente San Sebastián – Puente Calicanto : $S = 0.004 \text{ m/m}$

Figura 18 Eje Río Huallaga Tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto (KM 0+000 – KM 1+195) para la simulación hidráulica



Fuente: HEC RAS

Figura 19. Secciones Transversales KM 0+000 – KM 0+040 y KM 1+195

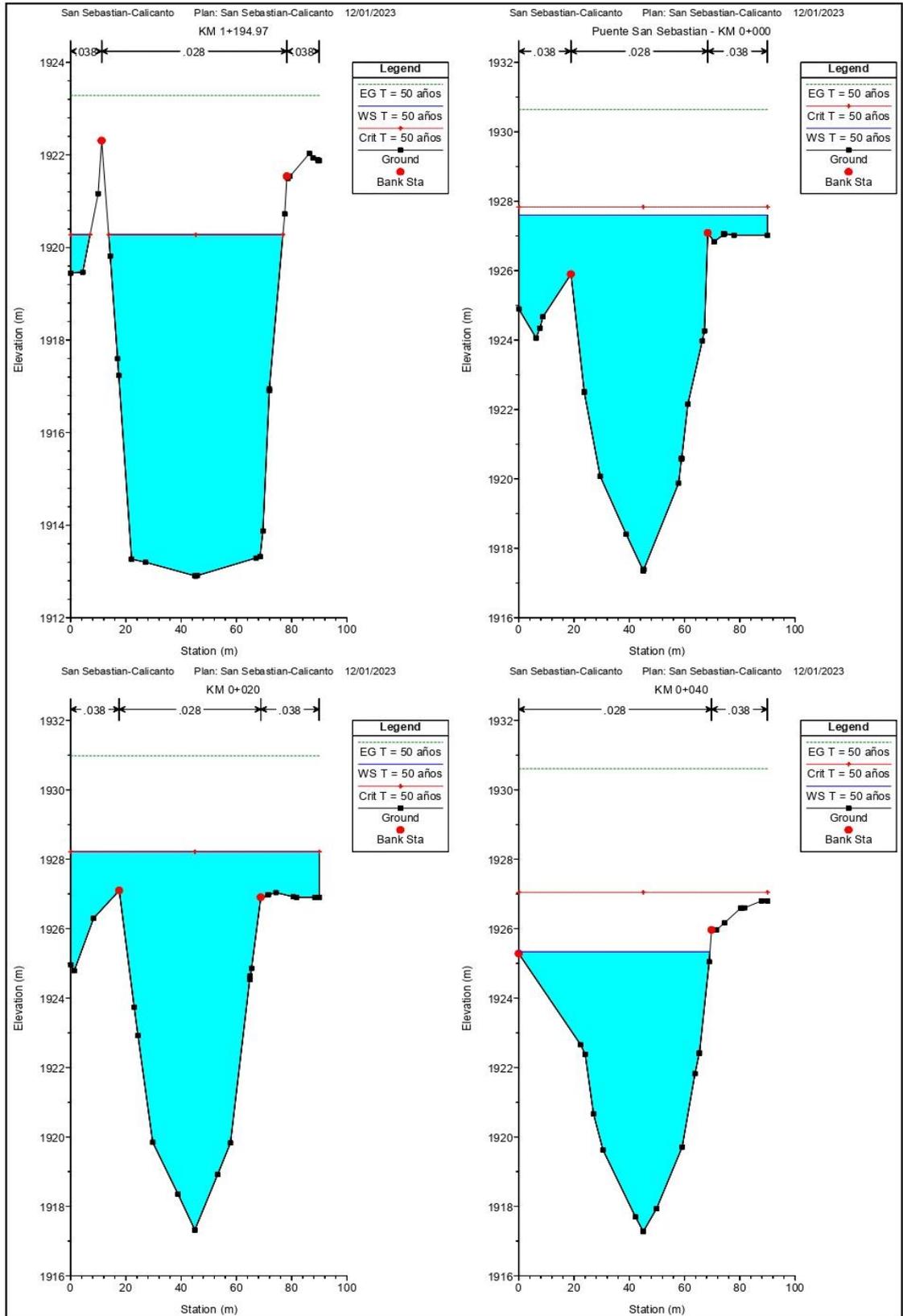


Figura 20. Secciones Transversales KM 0+060 – KM 0+120

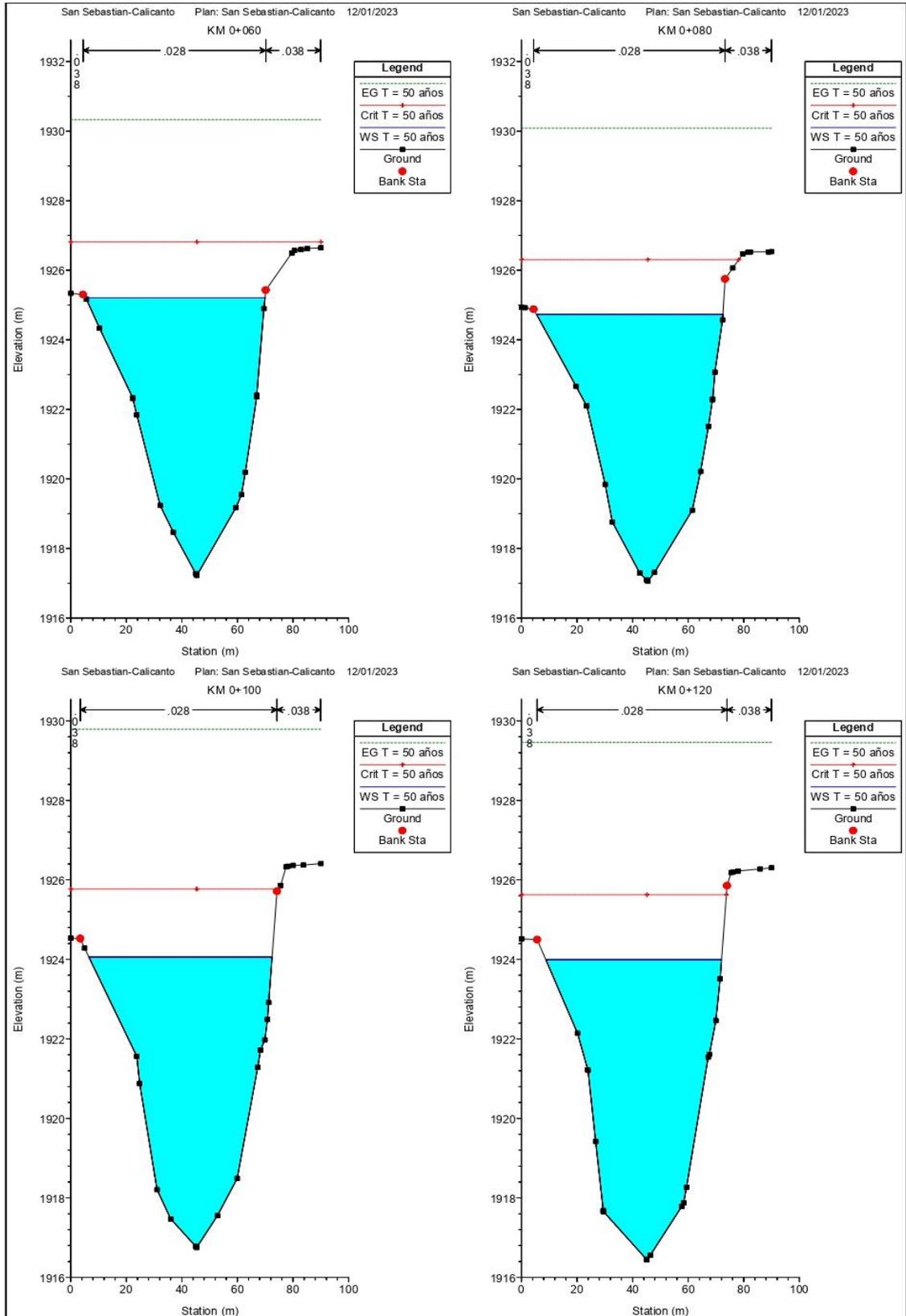


Figura 21. Secciones Transversales KM 0+140 – KM 0+200

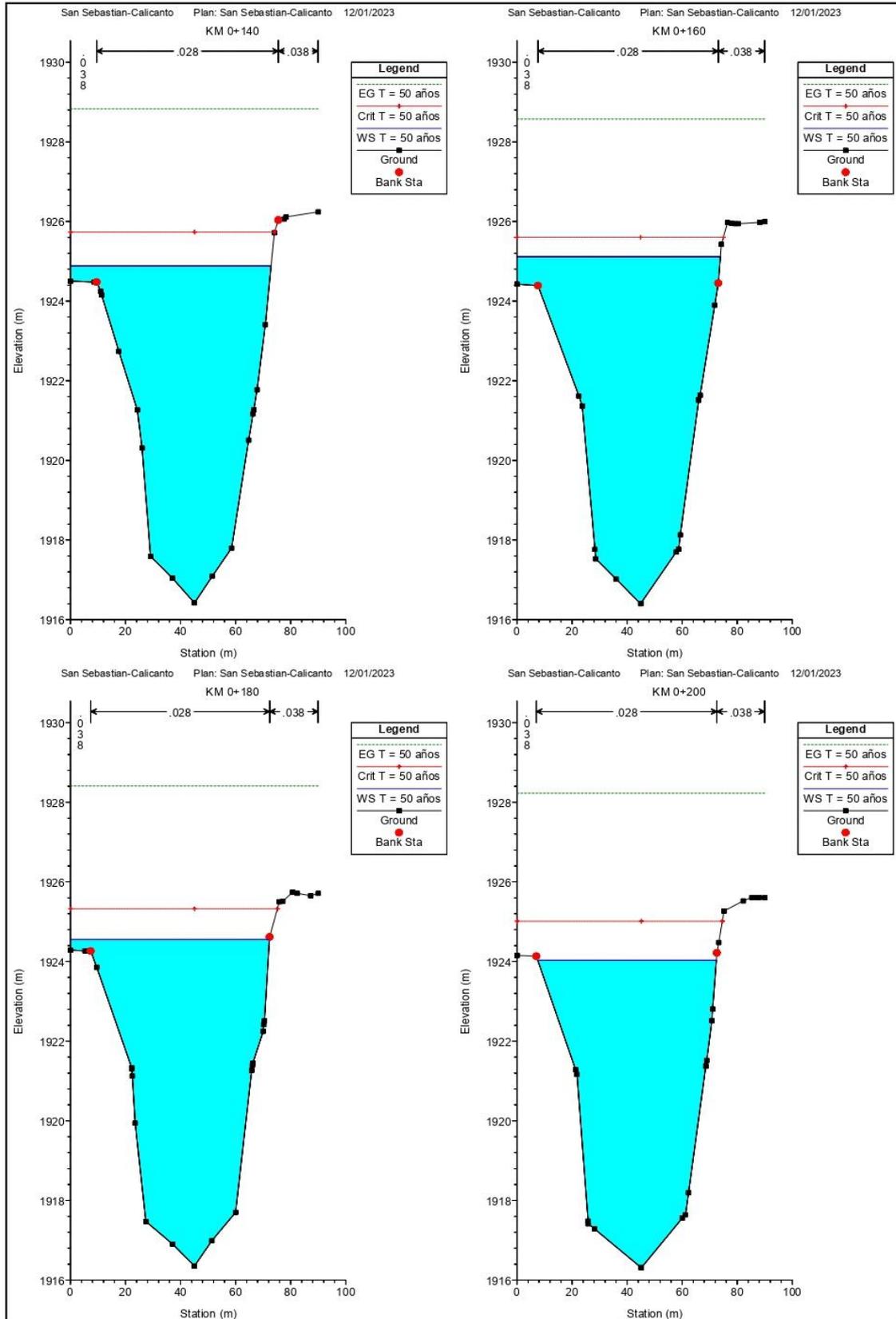


Figura 22. Secciones Transversales KM 0+220 – KM 0+280

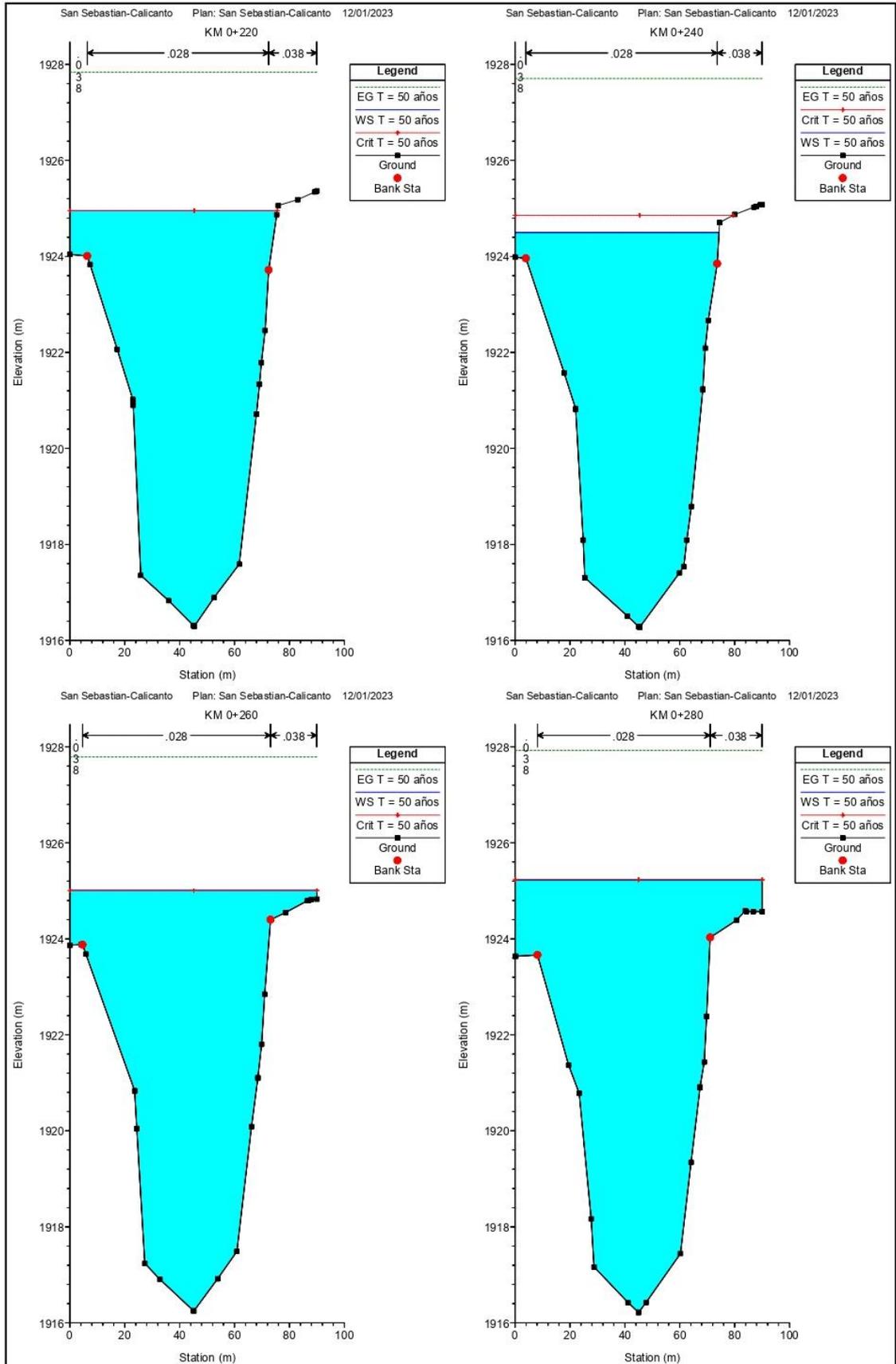


Figura 23. Secciones Transversales KM 0+300 – KM 0+360

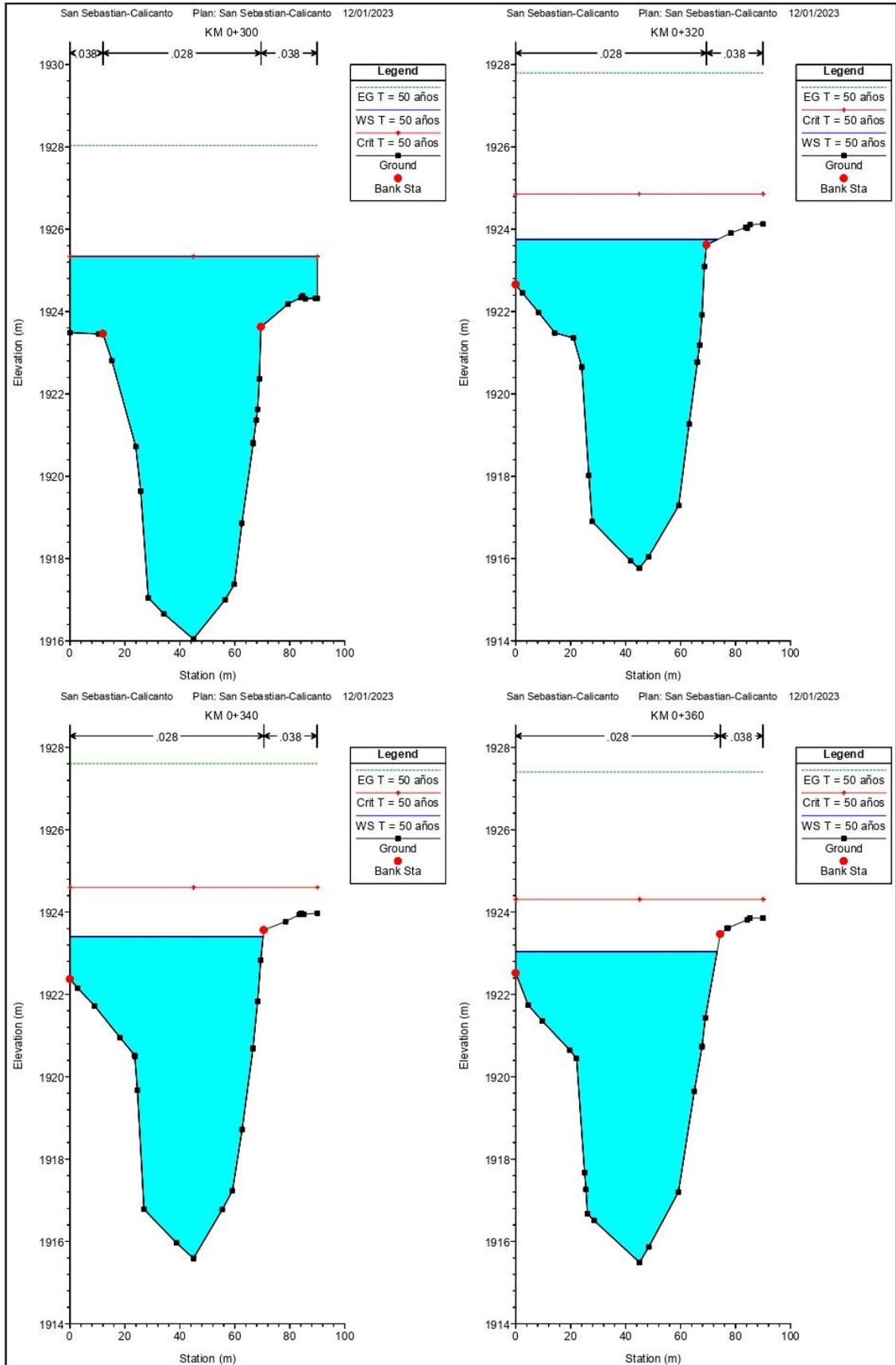


Figura 24. Secciones Transversales KM 0+380 – KM 0+440

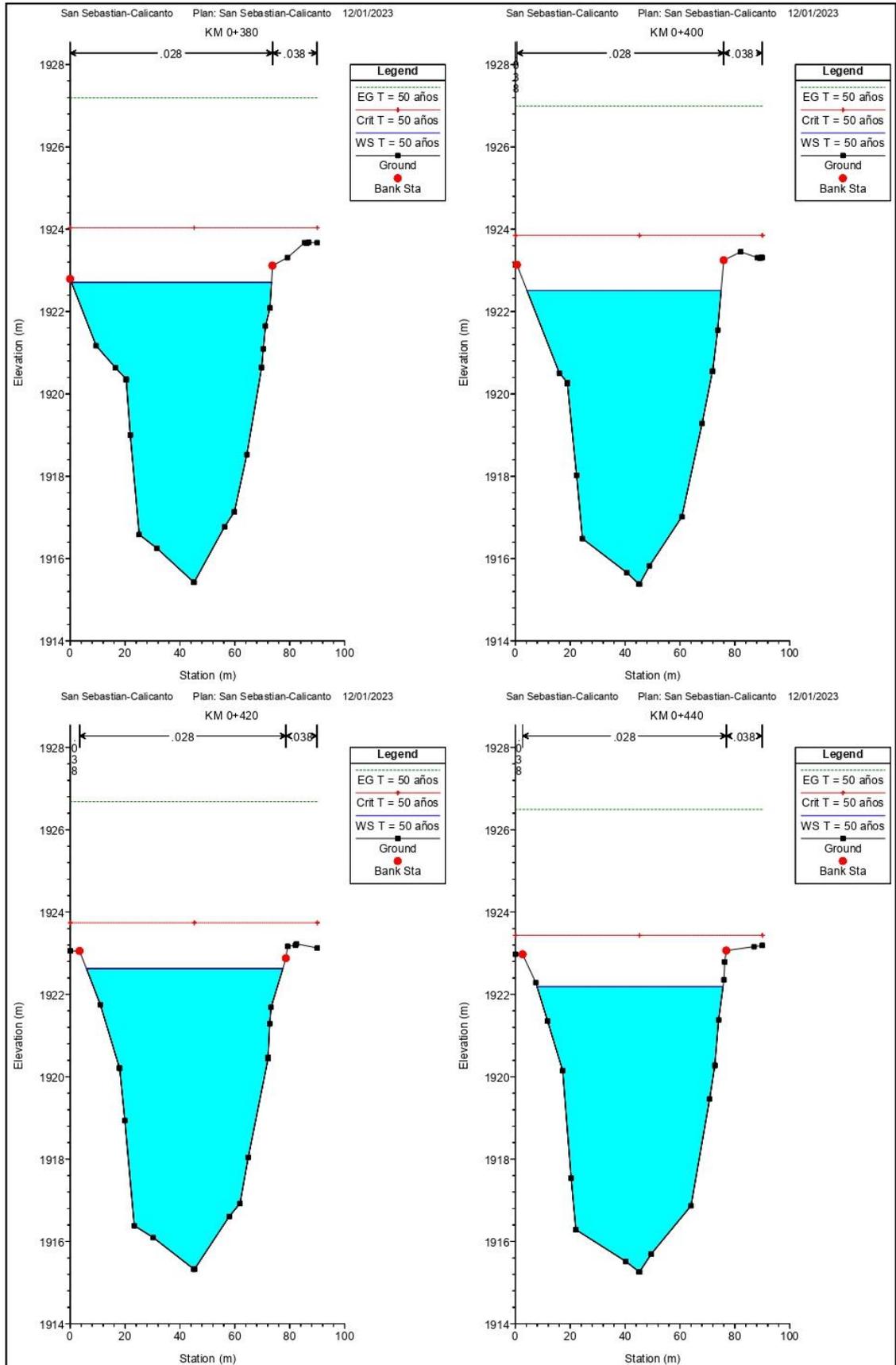


Figura 25. Secciones Transversales KM 0+460 – KM 0+520

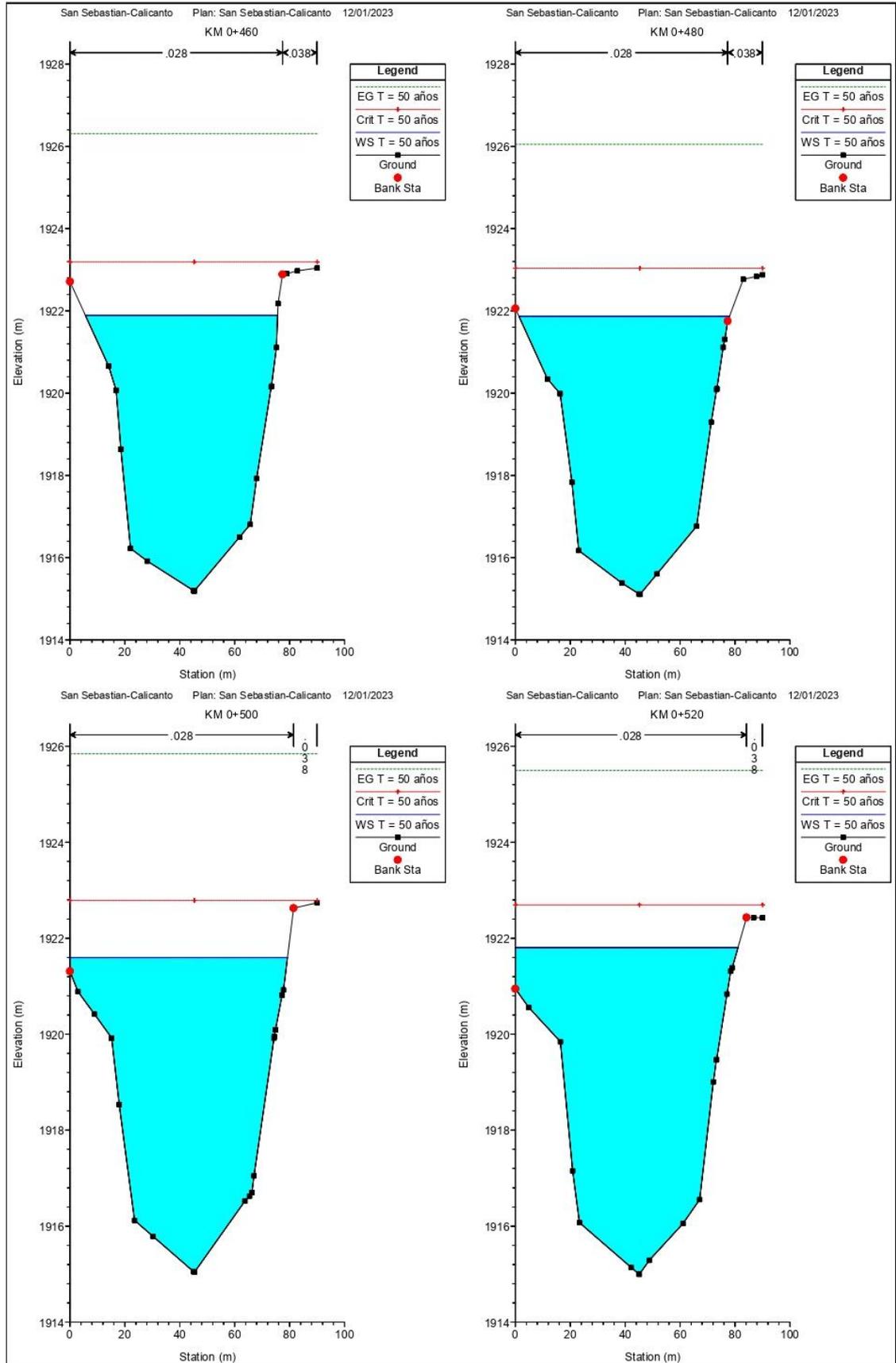


Figura 26. Secciones Transversales KM 0+540 – KM 0+600

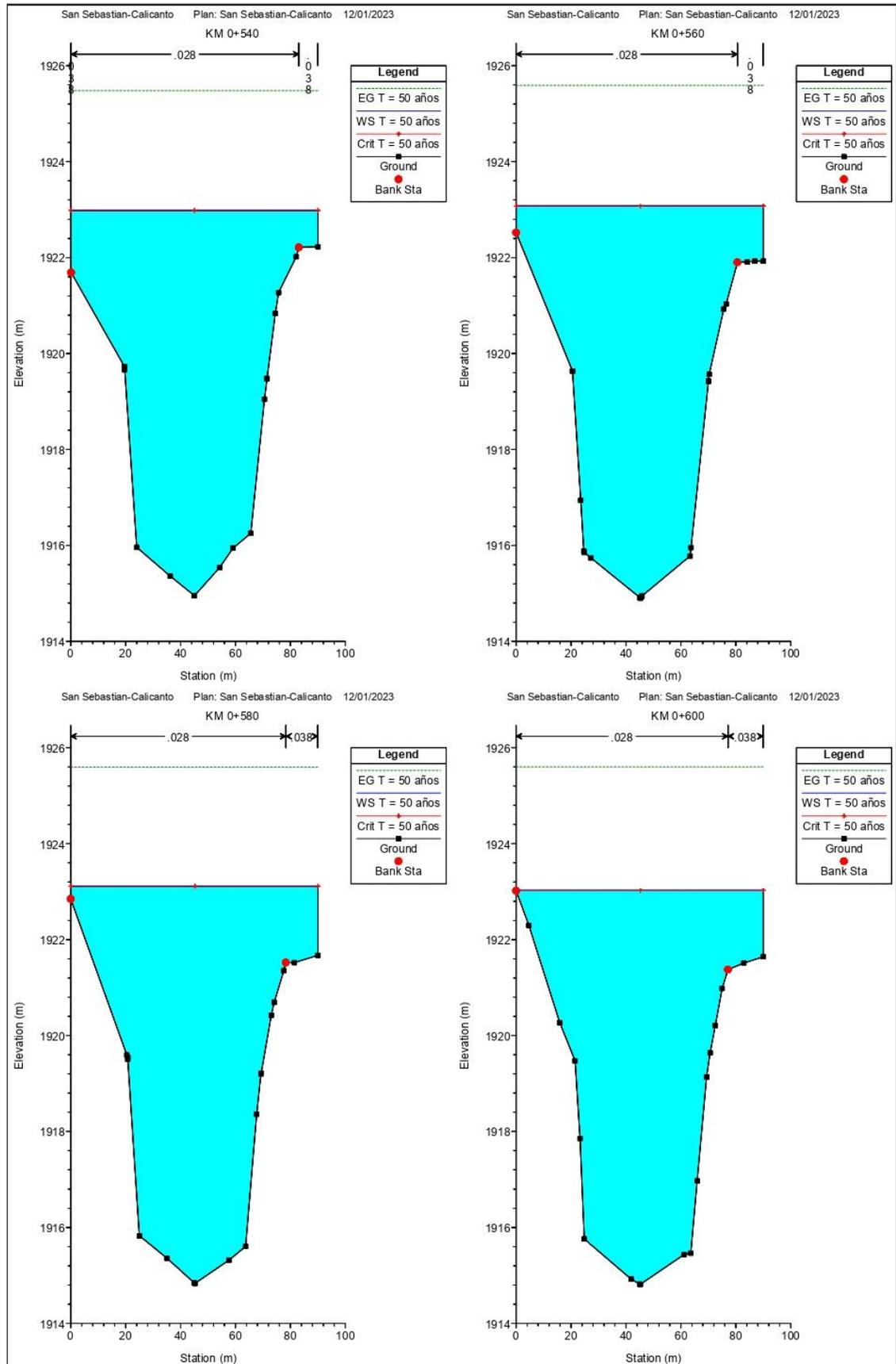


Figura 27. Secciones Transversales KM 0+620 – KM 0+680

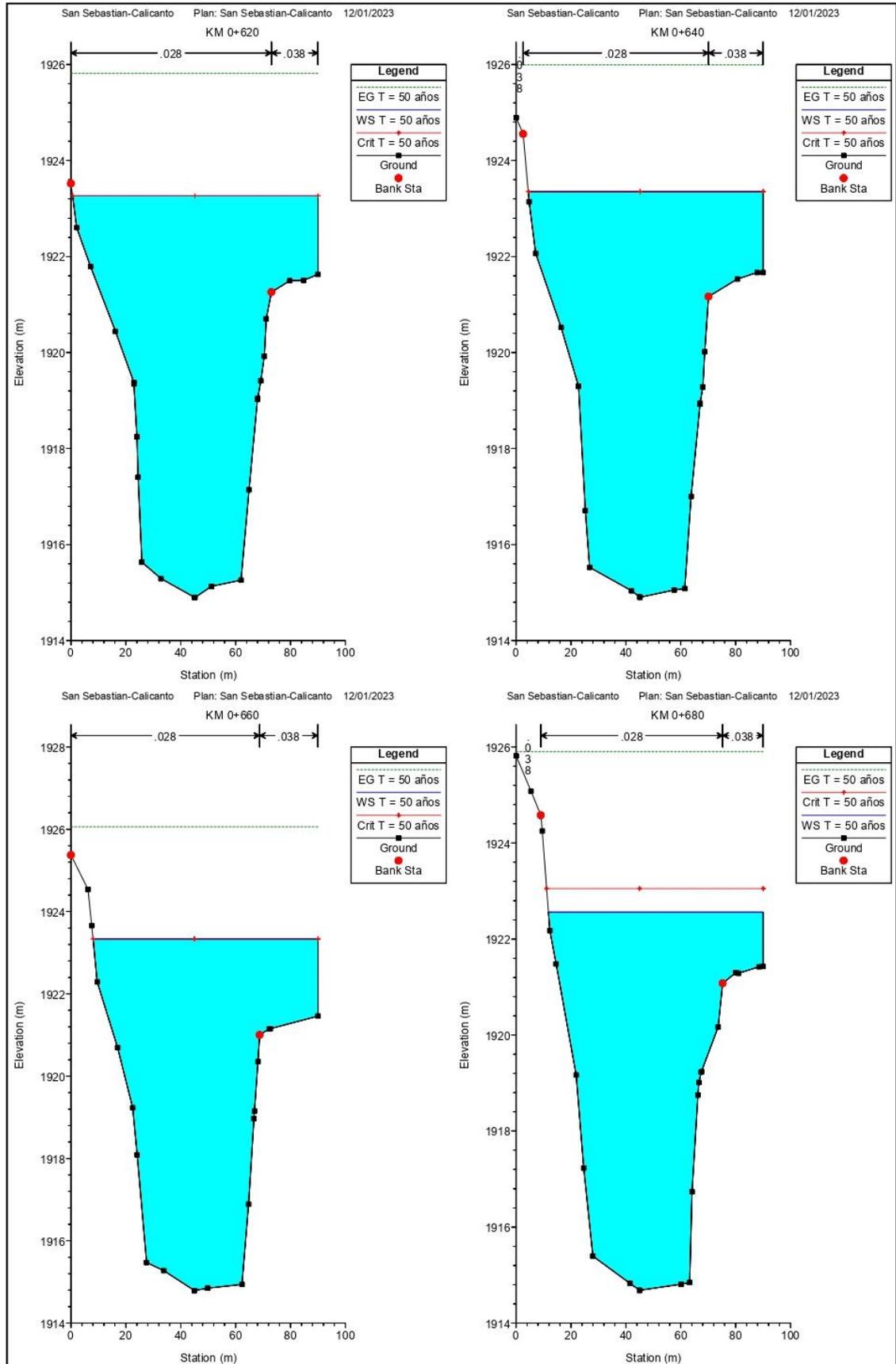


Figura 28. Secciones Transversales KM 0+700 – KM 0+760

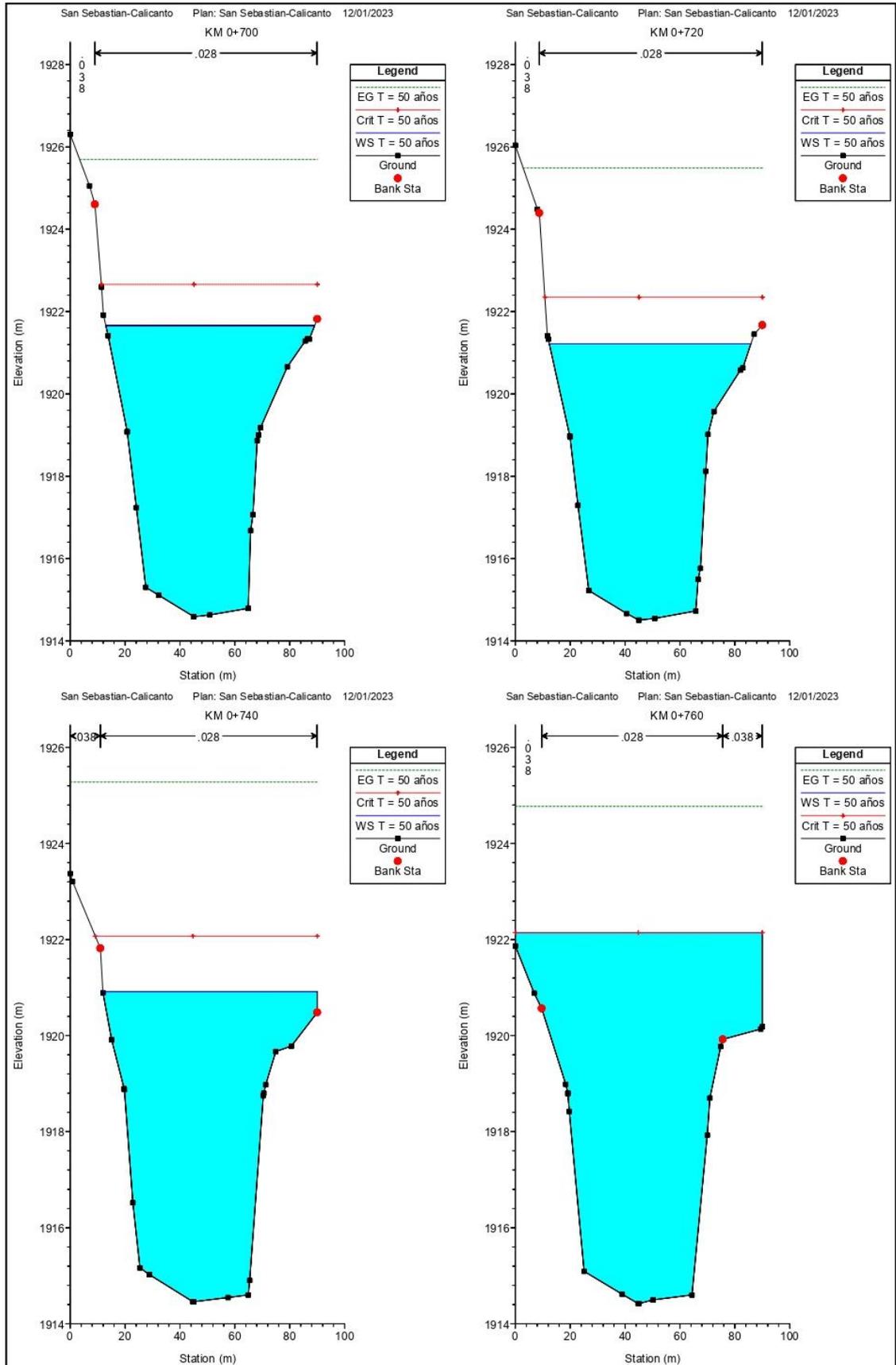


Figura 29. Secciones Transversales KM 0+780 – KM 0+840

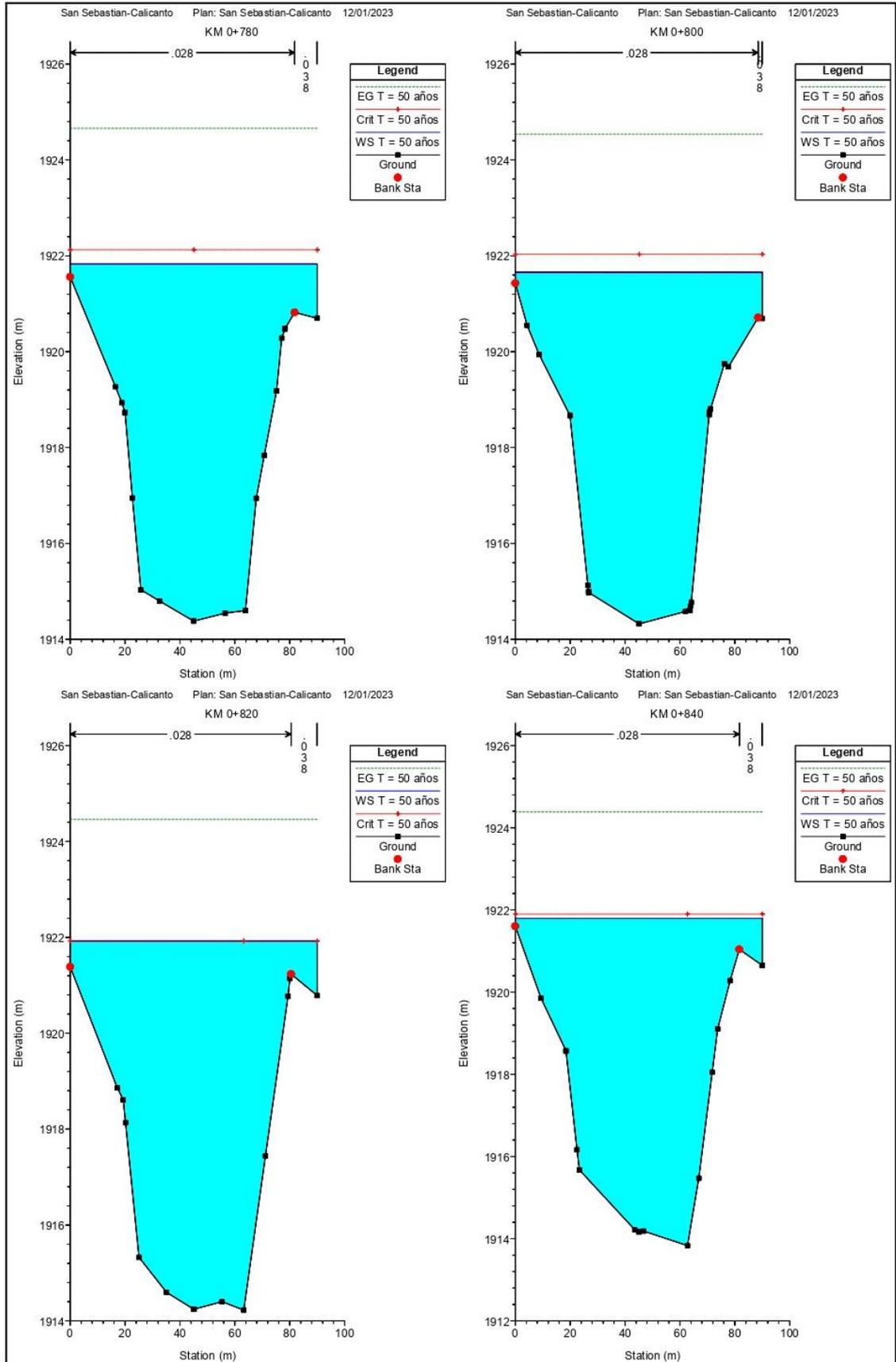


Figura 30. Secciones Transversales KM 0+860 – KM 0+920

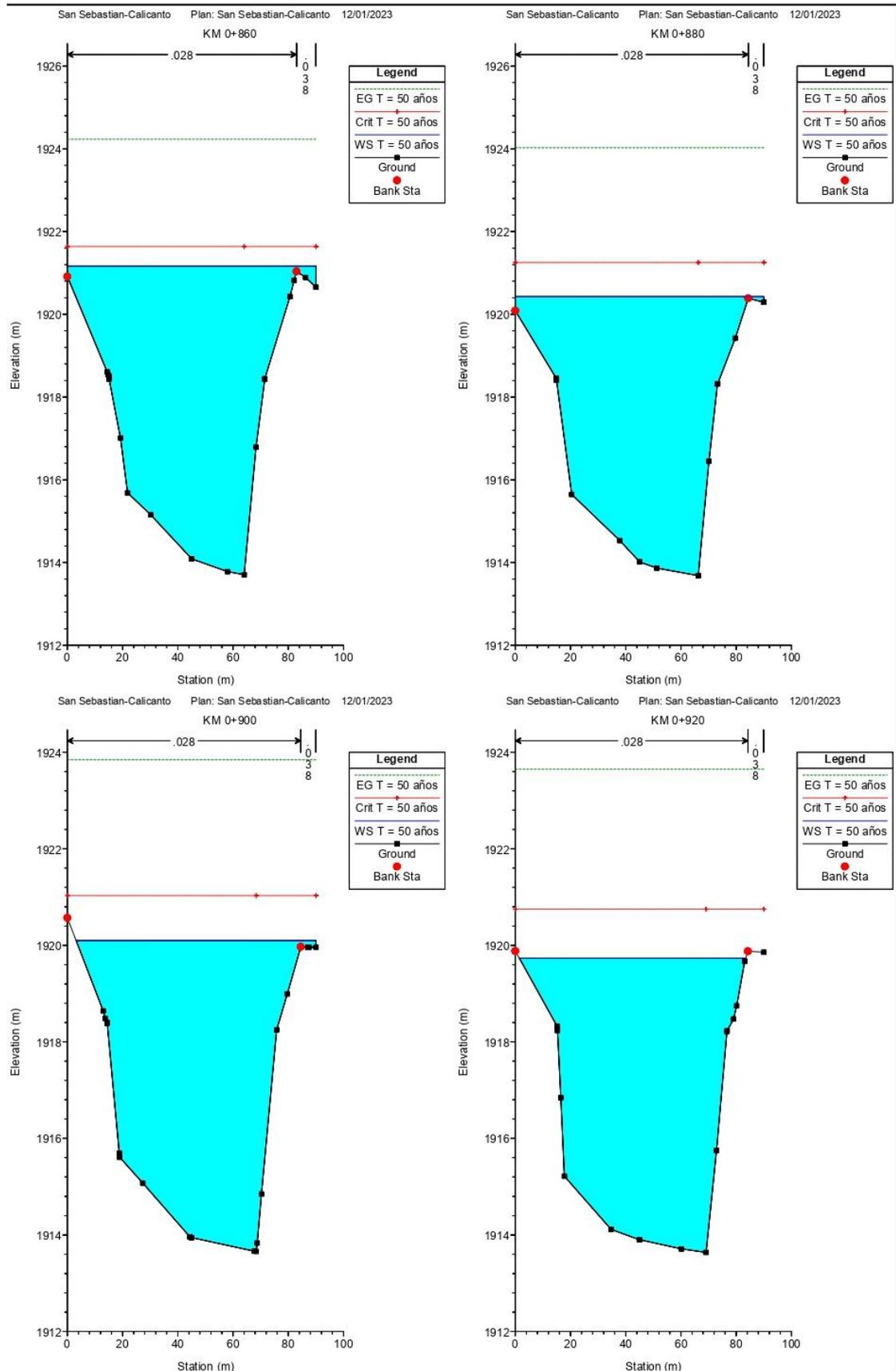


Figura 31. Secciones Transversales KM 0+940 – KM 1+000

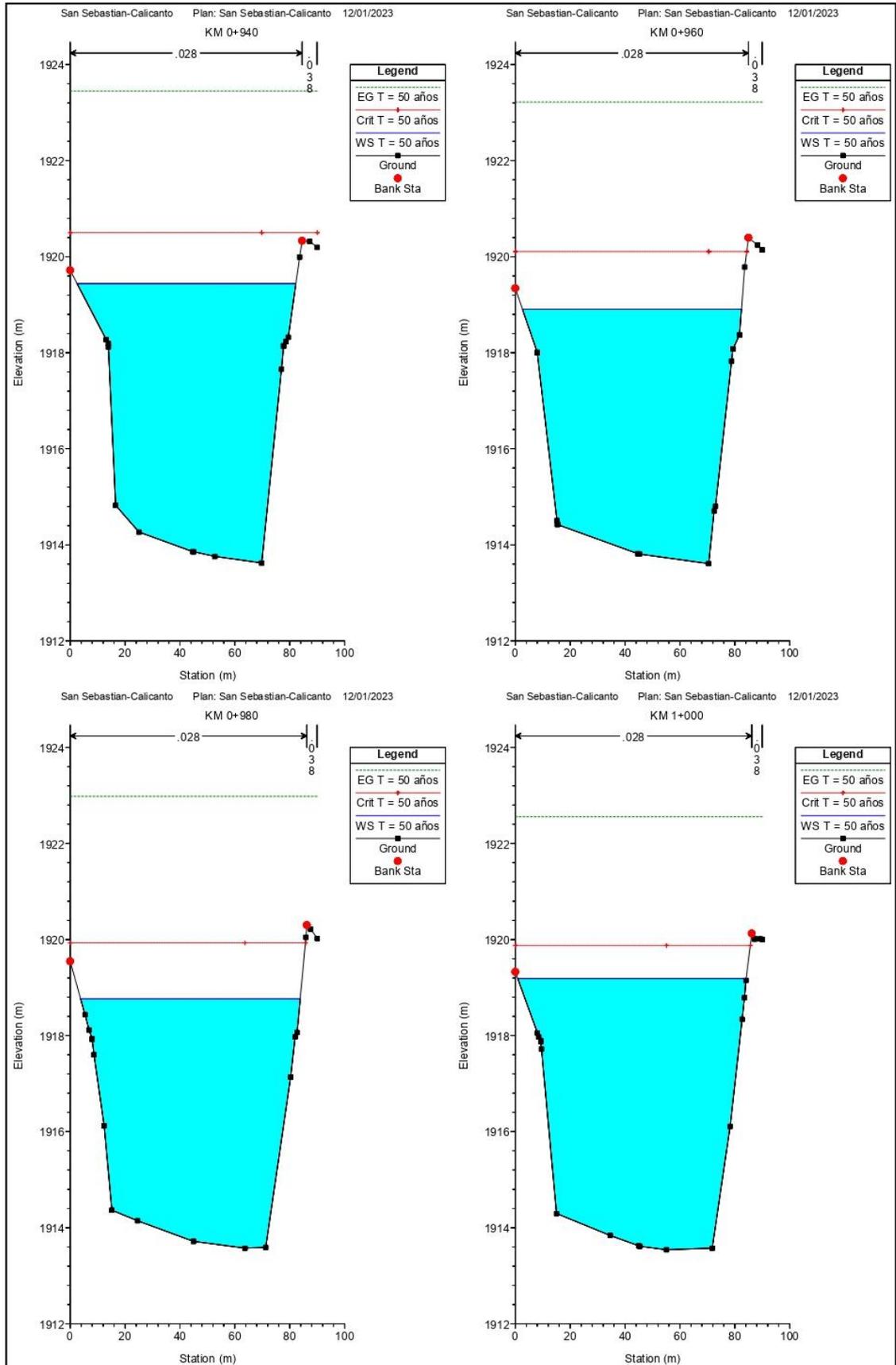


Figura 32. Secciones Transversales KM 1+020 – KM 1+080

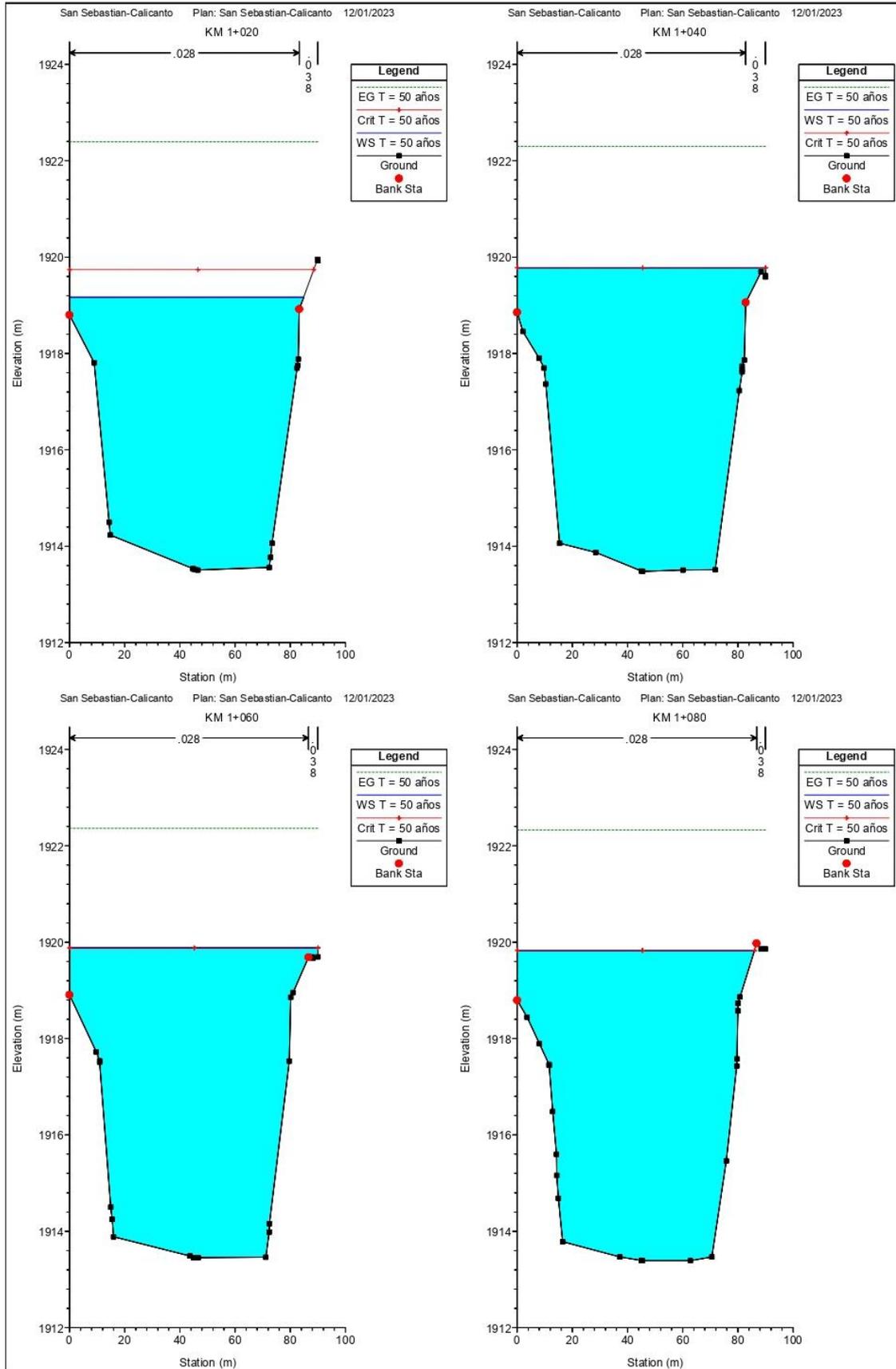


Figura 33. Secciones Transversales KM 1+100 – KM 1+160

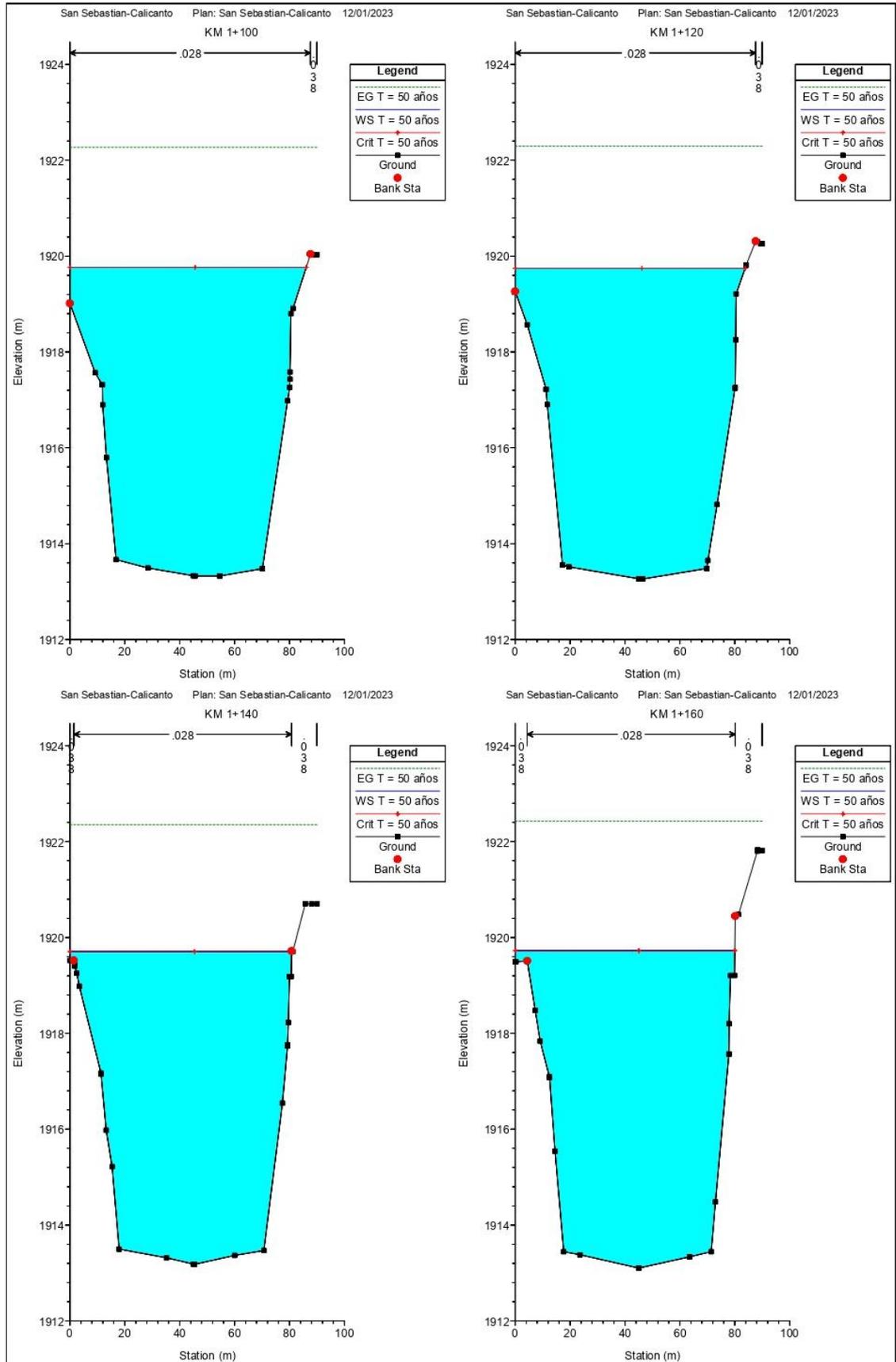
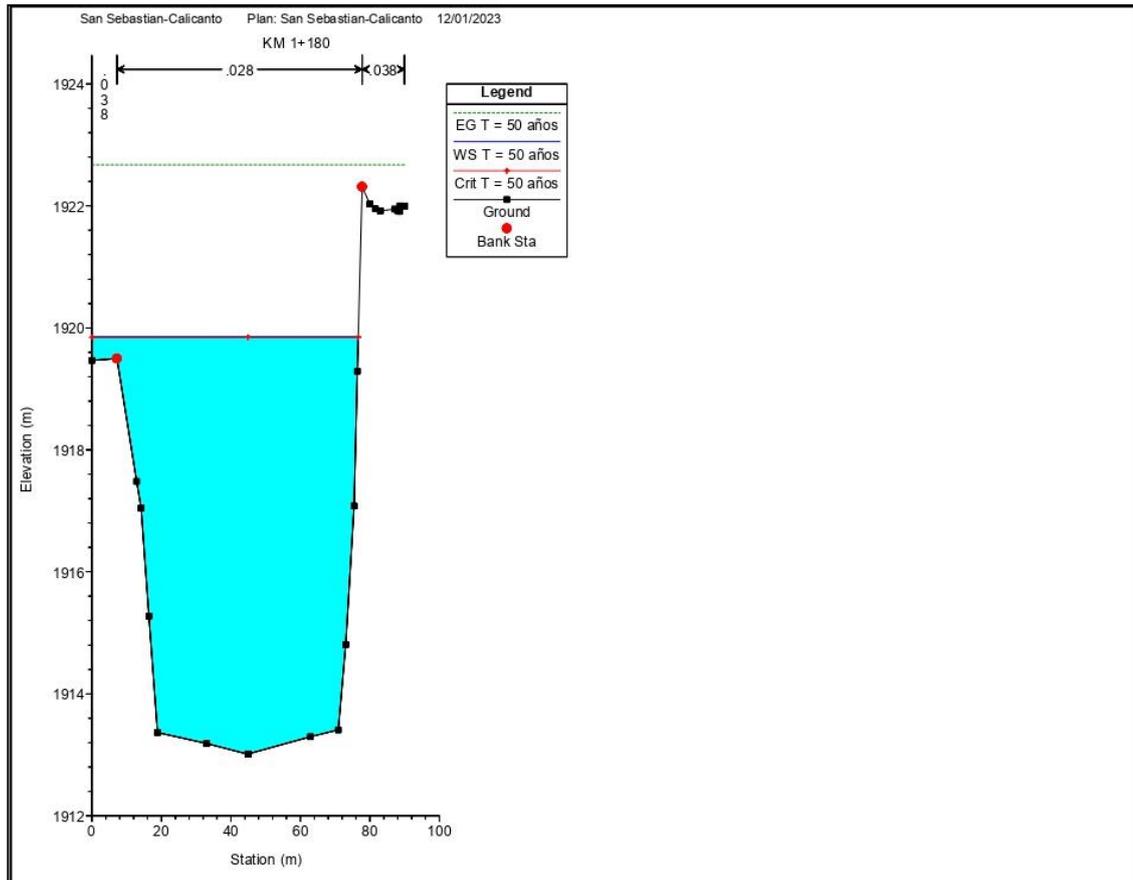


Figura 34. Secciones Transversales KM 1+180



En las figuras correspondientes a la simulación del caudal para un periodo de retorno de 50 años, desde el puente San Sebastián al puente calicanto, existen llanuras de inundación. Esto significa que en el tramo en estudio van ocurrir desbordamientos en ambas margenes, margen derecha e izquierda que a continuación se detalla.

Km 0+000 – Km 0+020: Llanura de inundación en ambas margenes.

Km 0+040 – Km 0+120: Sin llanura de inundación.

Km 0+140 – Km 0+180: Llanura de inundación margen izquierda.

Km 0+200: Sin llanura de inundación.

Km 0+220 – Km 0+240: Llanura de inundación margen izquierda.

Km 0+260 – Km 0+300: Llanura de inundación en ambas margenes.

Km 0+320 – Km 0+360: Llanura de inundación margen izquierda.

Km 0+380 – Km 0+480: Sin llanura de inundación.

Km 0+500 – Km 0+520: Llanura de inundación margen izquierda.

Km 0+540 – Km 0+580: Llanura de inundación en ambas margenes.

Km 0+600 – Km 0+680: Llanura de inundación margen derecha.

Km 0+700 – Km 0+720: Sin llanura de inundación.

Km 0+740: Llanura de inundación margen derecha.

Km 0+760 – Km 0+880: Llanura de inundación en ambas margenes.

Km 0+900: Llanura de inundación margen derecha.

Km 0+920 – Km 1+000: Sin llanura de inundación.

Km 1+020: Llanura de inundación margen izquierda.

Km 1+040 – Km 1+060: Llanura de inundación en ambas margenes.

Km 1+080 – Km 1+180: Llanura de inundación margen izquierda.

Km 1+195: Sin llanura de inundación.

En el cuadro 4.5.267 se muestran los valores del tirante normal (y_n) y el tirante crítico (y_c) el tirante normal varía de 5.19 m a 10.90 m de altura, desde el nivel mínimo del cauce. Y el tirante crítico al igual que el tirante normal varía 6.23 m a 10.90 m de altura, desde el nivel mínimo del cauce.

El perfil del río Huallaga presenta condiciones supercríticas por lo general en el tramo analizado. El número de Froude varía de 0.88 a 1.65.

La gradiente de la línea de energía es menor al 13.3% y las velocidades medias correspondientes varían de sección en sección, fluctuando entre los 7.00 y 10.60 m/s. En los cuadros 4.5.266 se encuentran las características hidráulicas del tramo analizado y en el cuadro 4.5.267 se especifican los tirantes normales que alcanza el río para un caudal de 2995.0 m³/seg, para un periodo de retorno de 50 años.

Tabla N° 191. Características Hidráulicas Río Huallaga Tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto KM 0+000 – KM 1+195

Descripción	Sección del Río	Periodo de Retorno	Q Total	Cota Mínima Fondo de Río	Cota del Tirante Normal	Cota del Tirante Crítico	Cota de la Altura de Energía	Pendiente Línea de Energía	Velocidad	Area	Ancho del Espejo de Agua	Número de Froude
			(m ³ /s)	(msnm)	(msnm)	(msnm)	(msnm)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)	
San Sebastian-Calicanto	KM 1+194.97	T= 50 años	2995	1917.36	1927.60	1927.84	1930.64	0.0040	7.92	421.61	90.00	0.94
San Sebastian-Calicanto	KM 1+180.00	T= 50 años	2995	1917.32	1928.22	1928.22	1930.98	0.0034	7.51	445.52	90.00	0.88
San Sebastian-Calicanto	KM 1+160.00	T= 50 años	2995	1917.28	1925.33	1927.05	1930.61	0.0124	10.17	294.39	69.17	1.57
San Sebastian-Calicanto	KM 1+140.00	T= 50 años	2995	1917.23	1925.21	1926.82	1930.33	0.0109	10.02	298.81	64.72	1.49
San Sebastian-Calicanto	KM 1+120.00	T= 50 años	2995	1917.06	1924.74	1926.31	1930.08	0.0121	10.24	292.53	67.13	1.57
San Sebastian-Calicanto	KM 1+100.00	T= 50 años	2995	1916.75	1924.06	1925.77	1929.79	0.0133	10.60	282.44	65.94	1.64
San Sebastian-Calicanto	KM 1+080.00	T= 50 años	2995	1916.44	1923.99	1925.63	1929.46	0.0117	10.35	289.25	63.27	1.55
San Sebastian-Calicanto	KM 1+060.00	T= 50 años	2995	1916.42	1924.88	1925.73	1928.83	0.0069	8.80	343.44	72.88	1.21
San Sebastian-Calicanto	KM 1+040.00	T= 50 años	2995	1916.40	1925.11	1925.61	1928.57	0.0058	8.25	367.69	73.91	1.12
San Sebastian-Calicanto	KM 1+020.00	T= 50 años	2995	1916.35	1924.55	1925.33	1928.41	0.0069	8.70	346.21	72.30	1.21
San Sebastian-Calicanto	KM 1+000.00	T= 50 años	2995	1916.31	1924.03	1925.01	1928.22	0.0079	9.07	330.11	64.93	1.28
San Sebastian-Calicanto	KM 0+980.00	T= 50 años	2995	1916.29	1924.95	1924.95	1927.84	0.0044	7.54	403.62	75.64	0.98
San Sebastian-Calicanto	KM 0+960.00	T= 50 años	2995	1916.27	1924.50	1924.86	1927.71	0.0055	7.94	379.34	74.31	1.09
San Sebastian-Calicanto	KM 0+940.00	T= 50 años	2995	1916.24	1925.01	1925.01	1927.79	0.0043	7.40	414.22	90.00	0.97
San Sebastian-Calicanto	KM 0+920.00	T= 50 años	2995	1916.21	1925.23	1925.23	1927.93	0.0038	7.33	431.10	90.00	0.93
San Sebastian-Calicanto	KM 0+900.00	T= 50 años	2995	1916.05	1925.34	1925.34	1928.03	0.0036	7.38	440.75	90.00	0.90
San Sebastian-Calicanto	KM 0+880.00	T= 50 años	2995	1915.76	1923.75	1924.86	1927.80	0.0083	8.91	336.56	73.48	1.29
San Sebastian-Calicanto	KM 0+860.00	T= 50 años	2995	1915.59	1923.40	1924.60	1927.61	0.0090	9.08	329.84	70.29	1.34
San Sebastian-Calicanto	KM 0+840.00	T= 50 años	2995	1915.49	1923.04	1924.31	1927.40	0.0098	9.25	323.89	73.30	1.40
San Sebastian-Calicanto	KM 0+820.00	T= 50 años	2995	1915.42	1922.71	1924.04	1927.19	0.0101	9.37	319.63	72.90	1.43
San Sebastian-Calicanto	KM 0+800.00	T= 50 años	2995	1915.37	1922.51	1923.85	1926.99	0.0097	9.37	319.52	70.76	1.41
San Sebastian-Calicanto	KM 0+780.00	T= 50 años	2995	1915.32	1922.63	1923.74	1926.69	0.0084	8.93	335.56	71.59	1.32
San Sebastian-Calicanto	KM 0+760.00	T= 50 años	2995	1915.26	1922.19	1923.43	1926.49	0.0086	9.19	325.89	67.79	1.34
San Sebastian-Calicanto	KM 0+740.00	T= 50 años	2995	1915.19	1921.89	1923.19	1926.30	0.0094	9.30	322.01	70.03	1.39
San Sebastian-Calicanto	KM 0+720.00	T= 50 años	2995	1915.10	1921.87	1923.04	1926.05	0.0094	9.05	330.87	76.69	1.39
San Sebastian-Calicanto	KM 0+700.00	T= 50 años	2995	1915.04	1921.60	1922.79	1925.85	0.0102	9.12	328.26	79.24	1.43
San Sebastian-Calicanto	KM 0+680.00	T= 50 años	2995	1915.00	1921.80	1922.70	1925.50	0.0084	8.51	351.89	81.09	1.30
San Sebastian-Calicanto	KM 0+660.00	T= 50 años	2995	1914.95	1922.98	1922.98	1925.48	0.0045	7.00	432.19	90.00	0.99
San Sebastian-Calicanto	KM 0+640.00	T= 50 años	2995	1914.90	1923.08	1923.08	1925.59	0.0045	7.05	433.14	90.00	0.98
San Sebastian-Calicanto	KM 0+620.00	T= 50 años	2995	1914.83	1923.12	1923.12	1925.60	0.0043	7.01	439.40	90.00	0.97
San Sebastian-Calicanto	KM 0+600.00	T= 50 años	2995	1914.81	1923.03	1923.03	1925.60	0.0045	7.15	432.18	90.00	0.99
San Sebastian-Calicanto	KM 0+580.00	T= 50 años	2995	1914.90	1923.27	1923.27	1925.82	0.0043	7.15	439.19	89.42	0.96
San Sebastian-Calicanto	KM 0+560.00	T= 50 años	2995	1914.90	1923.35	1923.35	1926.00	0.0041	7.30	435.02	85.56	0.95
San Sebastian-Calicanto	KM 0+540.00	T= 50 años	2995	1914.79	1923.34	1923.34	1926.06	0.0040	7.43	431.81	81.95	0.94
San Sebastian-Calicanto	KM 0+520.00	T= 50 años	2995	1914.68	1922.56	1923.05	1925.91	0.0056	8.15	380.83	78.25	1.09
San Sebastian-Calicanto	KM 0+500.00	T= 50 años	2995	1914.59	1921.66	1922.66	1925.70	0.0091	8.90	336.56	76.09	1.35
San Sebastian-Calicanto	KM 0+480.00	T= 50 años	2995	1914.51	1921.21	1922.35	1925.49	0.0095	9.16	327.06	73.47	1.39
San Sebastian-Calicanto	KM 0+460.00	T= 50 años	2995	1914.46	1920.92	1922.07	1925.28	0.0106	9.25	323.85	78.12	1.45
San Sebastian-Calicanto	KM 0+440.00	T= 50 años	2995	1914.42	1922.14	1922.14	1924.77	0.0040	7.28	438.35	90.00	0.95
San Sebastian-Calicanto	KM 0+420.00	T= 50 años	2995	1914.38	1921.83	1922.12	1924.66	0.0056	7.47	407.29	90.00	1.08
San Sebastian-Calicanto	KM 0+400.00	T= 50 años	2995	1914.32	1921.66	1922.03	1924.54	0.0062	7.52	399.32	90.00	1.13
San Sebastian-Calicanto	KM 0+380.00	T= 50 años	2995	1914.22	1921.92	1921.92	1924.46	0.0045	7.07	430.36	90.00	0.99
San Sebastian-Calicanto	KM 0+360.00	T= 50 años	2995	1913.83	1921.80	1921.90	1924.39	0.0047	7.14	425.76	90.00	1.01
San Sebastian-Calicanto	KM 0+340.00	T= 50 años	2995	1913.71	1921.17	1921.64	1924.23	0.0064	7.75	388.07	90.00	1.15
San Sebastian-Calicanto	KM 0+320.00	T= 50 años	2995	1913.68	1920.43	1921.25	1924.03	0.0085	8.41	356.76	90.00	1.31
San Sebastian-Calicanto	KM 0+300.00	T= 50 años	2995	1913.66	1920.10	1921.03	1923.85	0.0086	8.57	350.22	86.84	1.32
San Sebastian-Calicanto	KM 0+280.00	T= 50 años	2995	1913.64	1919.74	1920.75	1923.65	0.0094	8.76	341.9	82.02	1.37
San Sebastian-Calicanto	KM 0+260.00	T= 50 años	2995	1913.62	1919.44	1920.50	1923.45	0.0095	8.87	337.71	79.71	1.38
San Sebastian-Calicanto	KM 0+240.00	T= 50 años	2995	1913.61	1918.91	1920.10	1923.22	0.0106	9.20	325.57	79.80	1.45
San Sebastian-Calicanto	KM 0+220.00	T= 50 años	2995	1913.58	1918.77	1919.93	1922.98	0.0102	9.09	329.37	80.04	1.43
San Sebastian-Calicanto	KM 0+200.00	T= 50 años	2995	1913.54	1919.19	1919.88	1922.56	0.0074	8.12	368.74	83.24	1.23
San Sebastian-Calicanto	KM 0+180.00	T= 50 años	2995	1913.51	1919.17	1919.74	1922.39	0.0070	7.95	376.77	84.86	1.19
San Sebastian-Calicanto	KM 0+160.00	T= 50 años	2995	1913.48	1919.78	1919.78	1922.30	0.0047	7.04	427.64	90.00	0.99
San Sebastian-Calicanto	KM 0+140.00	T= 50 años	2995	1913.45	1919.88	1919.88	1922.36	0.0048	6.97	430.12	90.00	1.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+120.00	T= 50 años	2995	1913.39	1919.83	1919.83	1922.33	0.0048	7.00	427.69	85.99	1.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+100.00	T= 50 años	2995	1913.32	1919.77	1919.77	1922.27	0.0048	7.01	427.39	86.08	1.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+080.00	T= 50 años	2995	1913.26	1919.75	1919.75	1922.30	0.0048	7.07	423.60	83.76	1.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+060.00	T= 50 años	2995	1913.18	1919.71	1919.71	1922.35	0.0047	7.20	416.05	80.76	1.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+040.00	T= 50 años	2995	1913.10	1919.73	1919.73	1922.43	0.0047	7.28	412.42	80.01	1.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+020.00	T= 50 años	2995	1913.01	1919.85	1919.85	1922.67	0.0046	7.45	404.46	76.64	0.99
San Sebastian-Calicanto	KM 0+000.00	T= 50 años	2995	1912.90	1920.28	1920.28	1923.29	0.0046	7.69	393.45	70.11	0.99

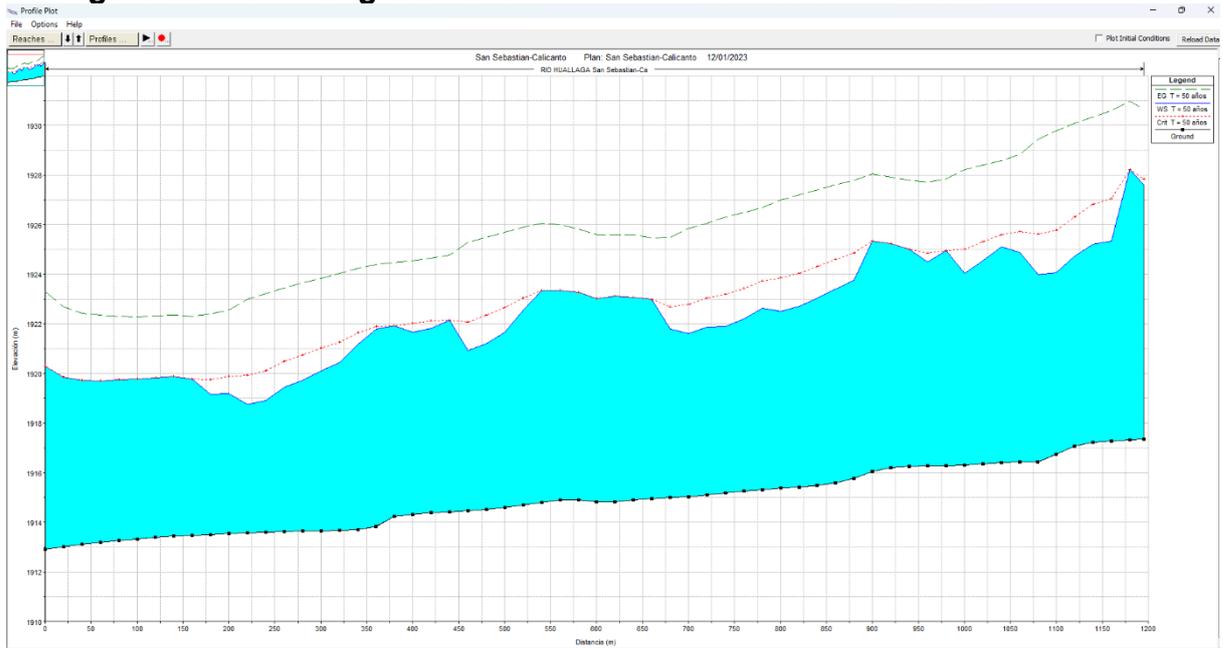
Fuente: HEC RAS

Tabla N° 192. Tirante Normal y Tirante Critico Puente San Sebastián – Puente Calicanto

Descripción	Sección del Río	Periodo de Retorno	Q Total	Tirante Normal	Tirante Critico
			(m3/s)	(m)	(m)
San Sebastian-Calicanto	KM 1+194.97	T = 50 años	2995	10.24	10.48
San Sebastian-Calicanto	KM 1+180.00	T = 50 años	2995	10.90	10.90
San Sebastian-Calicanto	KM 1+160.00	T = 50 años	2995	8.05	9.77
San Sebastian-Calicanto	KM 1+140.00	T = 50 años	2995	7.98	9.59
San Sebastian-Calicanto	KM 1+120.00	T = 50 años	2995	7.68	9.25
San Sebastian-Calicanto	KM 1+100.00	T = 50 años	2995	7.31	9.02
San Sebastian-Calicanto	KM 1+080.00	T = 50 años	2995	7.55	9.19
San Sebastian-Calicanto	KM 1+060.00	T = 50 años	2995	8.46	9.31
San Sebastian-Calicanto	KM 1+040.00	T = 50 años	2995	8.71	9.21
San Sebastian-Calicanto	KM 1+020.00	T = 50 años	2995	8.20	8.98
San Sebastian-Calicanto	KM 1+000.00	T = 50 años	2995	7.72	8.70
San Sebastian-Calicanto	KM 0+980.00	T = 50 años	2995	8.66	8.66
San Sebastian-Calicanto	KM 0+960.00	T = 50 años	2995	8.23	8.59
San Sebastian-Calicanto	KM 0+940.00	T = 50 años	2995	8.77	8.77
San Sebastian-Calicanto	KM 0+920.00	T = 50 años	2995	9.02	9.02
San Sebastian-Calicanto	KM 0+900.00	T = 50 años	2995	9.29	9.29
San Sebastian-Calicanto	KM 0+880.00	T = 50 años	2995	7.99	9.10
San Sebastian-Calicanto	KM 0+860.00	T = 50 años	2995	7.81	9.01
San Sebastian-Calicanto	KM 0+840.00	T = 50 años	2995	7.55	8.82
San Sebastian-Calicanto	KM 0+820.00	T = 50 años	2995	7.29	8.62
San Sebastian-Calicanto	KM 0+800.00	T = 50 años	2995	7.14	8.48
San Sebastian-Calicanto	KM 0+780.00	T = 50 años	2995	7.31	8.42
San Sebastian-Calicanto	KM 0+760.00	T = 50 años	2995	6.93	8.17
San Sebastian-Calicanto	KM 0+740.00	T = 50 años	2995	6.70	8.00
San Sebastian-Calicanto	KM 0+720.00	T = 50 años	2995	6.77	7.94
San Sebastian-Calicanto	KM 0+700.00	T = 50 años	2995	6.56	7.75
San Sebastian-Calicanto	KM 0+680.00	T = 50 años	2995	6.80	7.70
San Sebastian-Calicanto	KM 0+660.00	T = 50 años	2995	8.03	8.03
San Sebastian-Calicanto	KM 0+640.00	T = 50 años	2995	8.18	8.18
San Sebastian-Calicanto	KM 0+620.00	T = 50 años	2995	8.29	8.29
San Sebastian-Calicanto	KM 0+600.00	T = 50 años	2995	8.22	8.22
San Sebastian-Calicanto	KM 0+580.00	T = 50 años	2995	8.37	8.37
San Sebastian-Calicanto	KM 0+560.00	T = 50 años	2995	8.45	8.45
San Sebastian-Calicanto	KM 0+540.00	T = 50 años	2995	8.55	8.55
San Sebastian-Calicanto	KM 0+520.00	T = 50 años	2995	7.88	8.37
San Sebastian-Calicanto	KM 0+500.00	T = 50 años	2995	7.07	8.07
San Sebastian-Calicanto	KM 0+480.00	T = 50 años	2995	6.70	7.84
San Sebastian-Calicanto	KM 0+460.00	T = 50 años	2995	6.46	7.61
San Sebastian-Calicanto	KM 0+440.00	T = 50 años	2995	7.72	7.72
San Sebastian-Calicanto	KM 0+420.00	T = 50 años	2995	7.45	7.74
San Sebastian-Calicanto	KM 0+400.00	T = 50 años	2995	7.34	7.71
San Sebastian-Calicanto	KM 0+380.00	T = 50 años	2995	7.70	7.70
San Sebastian-Calicanto	KM 0+360.00	T = 50 años	2995	7.97	8.07
San Sebastian-Calicanto	KM 0+340.00	T = 50 años	2995	7.46	7.93
San Sebastian-Calicanto	KM 0+320.00	T = 50 años	2995	6.75	7.57
San Sebastian-Calicanto	KM 0+300.00	T = 50 años	2995	6.44	7.37
San Sebastian-Calicanto	KM 0+280.00	T = 50 años	2995	6.10	7.11
San Sebastian-Calicanto	KM 0+260.00	T = 50 años	2995	5.82	6.88
San Sebastian-Calicanto	KM 0+240.00	T = 50 años	2995	5.30	6.49
San Sebastian-Calicanto	KM 0+220.00	T = 50 años	2995	5.19	6.35
San Sebastian-Calicanto	KM 0+200.00	T = 50 años	2995	5.65	6.34
San Sebastian-Calicanto	KM 0+180.00	T = 50 años	2995	5.66	6.23
San Sebastian-Calicanto	KM 0+160.00	T = 50 años	2995	6.30	6.30
San Sebastian-Calicanto	KM 0+140.00	T = 50 años	2995	6.43	6.43
San Sebastian-Calicanto	KM 0+120.00	T = 50 años	2995	6.44	6.44
San Sebastian-Calicanto	KM 0+100.00	T = 50 años	2995	6.45	6.45
San Sebastian-Calicanto	KM 0+080.00	T = 50 años	2995	6.49	6.49
San Sebastian-Calicanto	KM 0+060.00	T = 50 años	2995	6.53	6.53
San Sebastian-Calicanto	KM 0+040.00	T = 50 años	2995	6.63	6.63
San Sebastian-Calicanto	KM 0+020.00	T = 50 años	2995	6.84	6.84
San Sebastian-Calicanto	KM 0+000.00	T = 50 años	2995	7.38	7.38

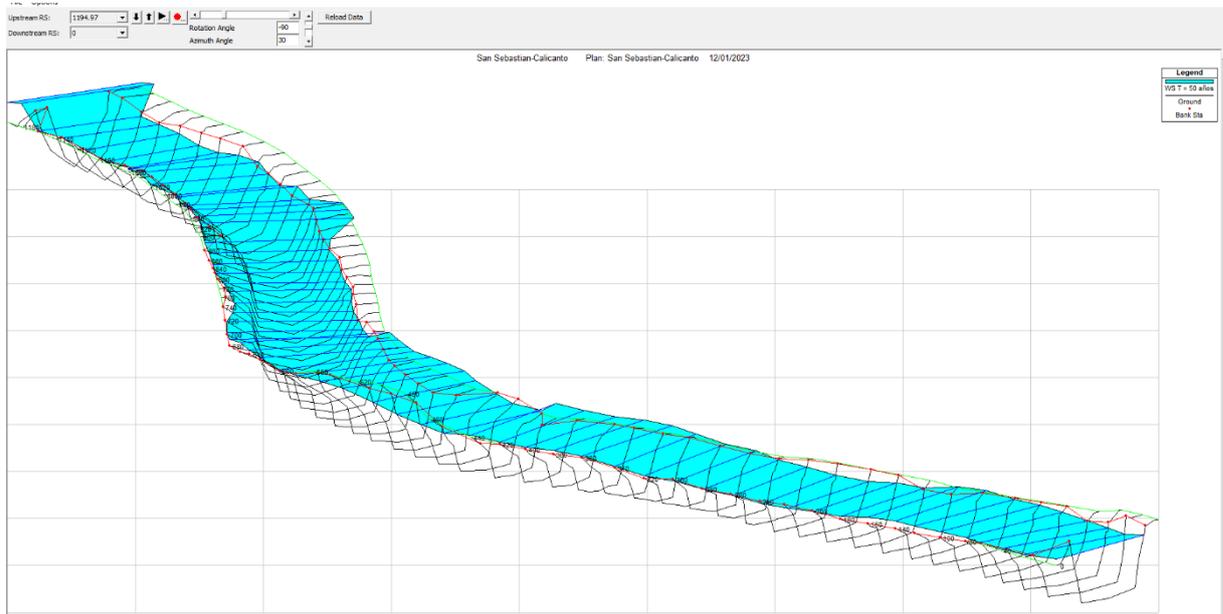
Elaboración Propia

Figura 35. Perfil longitudinal en el tramo analizado KM 0+000 – KM 1+195



Fuente: HEC RAS

Figura 36. Perspectiva de la Simulación Hidráulica en el tramo analizado KM 1+195 – KM 0+000



En la Fig. 35. Se muestra la perspectiva de la simulación hidráulica a flujo libre, donde el caudal en ciertos tramos no es absorbido por las características hidráulicas del cauce del río (tirante crítico es mayor que el tirante normal). El caudal de diseño tiende a causar desbordamientos.

En la Fig. 36. Se muestra la perspectiva de la simulación hidráulica a flujo libre, donde se observa con claridad que el caudal de diseño tiende a causar desbordamientos en las siguientes progresivas del tramo analizado.

- Km 0+000 – Km 0+040 (L = 40.00 m): Desbordamiento en ambas márgenes.
- Km 0+120 – Km 0+200 (L = 80.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+220 – Km 0+260 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+260 – Km 0+320 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas márgenes.
- Km 0+320 – Km 0+360 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+480 – Km 0+520 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+540 – Km 0+600 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas márgenes.
- Km 0+600 – Km 0+700 (L = 100.00 m): Llanura de inundación margen derecha.
- Km 0+720 – Km 0+760 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen derecha.
- Km 0+760 – Km 0+900 (L = 40.00 m): Llanura de inundación en ambas márgenes.
- Km 0+900 – Km 0+920 (L = 20.00 m): Llanura de inundación margen derecha.

- Km 1+000 – Km 1+020 (L = 20.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 1+020 – Km 1+080 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambos márgenes.
- Km 1+080 – Km 1+180 (L = 100.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.

3.8.4. Propuesta de Diseño.

Predimensionamiento de las estructuras hidráulicas.

Del perfil longitudinal del tramo analizado (estudio de topografía), observamos que en la margen izquierda el desnivel máximo entre la cota del terreno y la cota del espejo de agua en máximas avenidas, se produce en la progresiva KM 0+100 y en la margen derecha el desnivel máximo se produce en la progresiva KM 0+030.

Cota del terreno KM 0+100 = 1,923.07 msnm

Cota del espejo de agua KM 0+100 = 1,925.77 msnm

Desnivel = 2.70 m.

Cota del terreno KM 0+030 = 1,923.87 msnm

Cota del espejo de agua KM 0+100 = 1,927.66 msnm

Desnivel = 3.79 m.

Para el cálculo de la altura del muro de protección se ha considerado el nivel de agua de máxima avenida para el periodo de diseño considerado más el borde libre que a continuación de detalla:

Caudal de máxima avenida (Q)=2,995.00 m³/seg

Desnivel del terreno margen izquierda y margen derecha.

Velocidad media de máxima avenida (V)= 10.24 m/seg. (KM 0+100)

Borde libre

$$B_L = \phi \frac{V^2}{2g}$$

Tabla de ϕ en función del caudal máximo

Caudal Máximo m ³ /s	ϕ
3,000.00 - 4,000.00	2
2,000.00 - 3,000.00	1.7
1,000.00 - 2,000.00	1.4
500.00 - 1,000.00	1.2
100.00 - 500.00	1.1

BL = 1.7(10.242/2*9.81) = 9.09 m (valor muy alto debido a la velocidad en el tramo).

Consideración práctica:

RECOMENDACIÓN PRACTICA	
Q (m ³ /s)	BL
> 200	0.6
200 a 500	0.8 - 1.00
500 a 2000	1.00- 0.96

BL = 1.00 m (aceptable).

Altura del muro sin considerar la socavación en la margen izquierda:

$$H = 2.70 + 1.00 = 3.70 \text{ m.}$$

Altura del muro sin considerar la socavación en la margen derecha:

$$H = 3.79 + 1.00 = 4.79 \text{ m.}$$

IV. RESULTADOS

4.1. Objetivo específico 1.

Determinar el estudio hidrológico de la cuenca del río Huallaga en el tramo de estudio, que permitirá establecer el cálculo de las eventualidades de máxima avenida a fin de obtener los diferentes periodos de retorno.

- La cuenca alta del río Huallaga, presenta un superávit de humedad bastante marcada durante los meses de Octubre a Marzo.
- Los caudales aforados de manantiales, quebradas pequeñas y de fuentes mayores que descargan el recurso hídrico al río Huallaga arrojan datos que van de 0.40 m³/seg a 6.0 m³/seg aproximadamente.
- Los caudales máximos en las treintaicinco (35) áreas de drenaje son recurrentes de acuerdo a la información hidrológica analizada.
- En razón a la relación Precipitación vs Altitud, se toman los valores de la estación Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Jacas Chico por ser las más cercanas al área en estudio.

ESTACION	ALTITUD (mnsn)	PRECIPITACION
Huánuco	1947	425.9
Ambo	2070	510.9
San Rafael	2722	715.2
Cerro de Pasco	4260	948.6
Jacas Chico	3724	1133.2
Dos de Mayo	3442	824.4
Yanahuanca	3161	638.0
Elaboración Propia		

- El análisis de los datos de la estación fue realizado mediante las distribuciones Log Normal con dos parámetros, Log Normal con tres parámetros, Pearson III; Gamma, Log Pearson Tipo III y Log Gumbel. Para la estimación de caudales fue utilizada los datos obtenidos por la distribución Log Gumbel.

- Los diseños de las obras de protección en el tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto se calcularán con el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años obtenidos a partir de la estación de Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Yanahuanca y se encuentran resumidos en el cuadro 4.5.265

Caudal de diseño = 2,995.00 m³/seg.

4.2. Objetivo específico 2.

Realizar el estudio hidráulico del río Huallaga en el tramo puente San Sebastián - puente Calicanto para realizar el modelamiento e identificar las zonas con riesgo de inundación.

Para el estudio Hidraulico, se utilizó el Software HEC RAS de uso libre. Obteniendo los resultados siguientes:

Tramos con llanura de inundación

- Km 0+000 – Km 0+040 (L = 40.00 m): Desbordamiento en ambas márgenes.
- Km 0+120 – Km 0+200 (L = 80.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+220 – Km 0+260 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+260 – Km 0+320 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas márgenes.
- Km 0+320 – Km 0+360 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+480 – Km 0+520 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+540 – Km 0+600 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas márgenes.
- Km 0+600 – Km 0+700 (L = 100.00 m): Llanura de inundación margen derecha.
- Km 0+720 – Km 0+760 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen derecha.
- Km 0+760 – Km 0+900 (L = 40.00 m): Llanura de inundación en ambas márgenes.
- Km 0+900 – Km 0+920 (L = 20.00 m): Llanura de inundación margen derecha.

- Km 1+000 – Km 1+020 (L = 20.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 1+020 – Km 1+080 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas margenes.
- Km 1+080 – Km 1+180 (L = 100.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.

4.3. Objetivo específico 3.

Definir la propuesta de estructura de protección en el tramo crítico a identificar.

Para el tramo en estudio se recomendó los muros de concreto ciclópeo cuyo predimensionamiento del muro se obtuvieron los resultados siguientes:

Altura del muro sin considerar la socavación en la margen izquierda:

H = 3.70 m.

Altura del muro sin considerar la socavación en la margen derecha:

H = 4.79 m.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación se han basado en una evaluación hidrológica a través del método racional estadístico transformando la precipitación en escorrentía, gracias a la información recopilada de las cuatro estaciones meteorológicas correlacionándolas con las 35 microcuencas que conforman el área de estudio de la cuenca hidrográfica del alto Huallaga. De los métodos probabilísticos se optó por quedarse con el resultado obtenido de Gumbel para la generación de precipitaciones máximas y el caudal de diseño se obtuvo del promedio de los cuatro métodos racionales analizados (CIA- IDF- MAC MATH - HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR SCS); así mismo se realizaron trabajos topográficos, que permitieron obtener el seccionamiento, perfil longitudinal, cotas de fondo del cauce y la pendiente de la sección del río del tramo en estudio. Datos necesarios para el procesamiento de información para la simulación hidráulica con el programa Hec-Ras, obteniéndose puntos de desborde del cauce encontrándose los tirantes hidráulicos máximos y a su vez las alturas recomendadas para el diseño de las estructuras de protección en ambos márgenes del río.

El recojo de información, la sistematización y el procesamiento de datos con la ayuda de software Hec-Ras, son una herramienta imprescindible en la evaluación ingenieril de este tipo de estudios que confiere resultados de manera más rápida y confiable.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1.** El área de estudio de la presente investigación: “Determinación hidrológica y modelamiento hidráulico del río Huallaga tramo puente San Sebastián - puente Calicanto – Huánuco, con fines de protección”, se encuentra ubicado en la cuenca hidrográfica del río Huallaga, donde se han identificado 35 microcuencas o áreas de drenaje.
- 6.2.** La pluviometría en la zona de estudio, donde se presentan fuertes precipitaciones son los meses de diciembre hasta marzo, alcanzándose caudales significativos en dichos meses.
- 6.3.** En el área de estudio se han utilizado cuatro estaciones meteorológicas más cercanas al área de estudio y que a continuación se indican en el siguiente cuadro:

Estación	Provincia	Tipo	Coordenadas			Periodo de Registro
			Latitud	Longitud	Altitud	
Cerro de Pasco	Pasco	Pluviométrica	10°41'36.14"	76°15'51.11"	4357.00 msnm	1988/2019 (32 años)
Yanahuanca	Daniel Alcides Carrión	Pluviométrica	10°29'22.4"	76°30'46.5"	3161 msnm	1989/2016 (28 años)
Jacas Chico	Yarowilca	Pluviométrica	09°53' 5.05"	76°30'3.37"	3724 msnm	1990/2018 (29 años)
San Rafael	Ambo	Pluviométrica	10°19'45.27"	76°10'35.47"	2722 msnm	1993/2019 (27 años)

- 6.4.** El análisis de los datos de la estación fue realizado mediante las distribuciones probabilísticas: Log Normal con dos parámetros, Log Normal con tres parámetros, Pearson III; Gamma, Log Pearson Tipo III y Log Gumbel. Para la estimación de caudales fue utilizada los datos obtenidos por la distribución Log Gumbel.

6.5. Los diseños de las obras de protección en el tramo: Puente San Sebastián – Puente Calicanto se calcularán con el caudal máximo para un periodo de retorno de 50 años obtenidos a partir de la estación de Cerro de Pasco, Yanahuanca, San Rafael y Yanahuanca, de las 35 áreas de drenaje identificadas, obteniéndose un caudal de diseño = 2,995.00 m³/s.

6.6. Para el diseño hidráulico se utilizó el Software HEC RAS de uso libre. Obteniendo los resultados siguientes:

Tramos con llanura de inundación

- Km 0+000 – Km 0+040 (L = 40.00 m): Desbordamiento en ambas margenes.
- Km 0+120 – Km 0+200 (L = 80.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+220 – Km 0+260 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+260 – Km 0+320 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas margenes.
- Km 0+320 – Km 0+360 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+480 – Km 0+520 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 0+540 – Km 0+600 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambas margenes.
- Km 0+600 – Km 0+700 (L = 100.00 m): Llanura de inundación margen derecha.
- Km 0+720 – Km 0+760 (L = 40.00 m): Llanura de inundación margen derecha.
- Km 0+760 – Km 0+900 (L = 40.00 m): Llanura de inundación en ambas margenes.
- Km 0+900 – Km 0+920 (L = 20.00 m): Llanura de inundación margen derecha.

- Km 1+000 – Km 1+020 (L = 20.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.
- Km 1+020 – Km 1+080 (L = 60.00 m): Llanura de inundación en ambos márgenes.
- Km 1+080 – Km 1+180 (L = 100.00 m): Llanura de inundación margen izquierda.

6.7. Altura del muro de protección, utilizando el criterio práctico para el borde libre:

- Altura del muro sin considerar la socavación en la margen izquierda:
H = 3.70 m.

- Altura del muro sin considerar la socavación en la margen derecha:
H = 4.79 m.

6.8. Acorde al estudio topográfico, las características geomorfológicas del tramo del río Huallaga puente San Sebastián – puente calicanto y modelamiento hidráulico con el caudal de diseño para un periodo de retorno de 50 años, se evidencia un desborde del río, poniendo en riesgo la zona urbanística por lo que es necesario una estructura que impida cualquier inundación.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1.** En el tramo puente San Sebastián – puente calicanto, es necesario realizar trabajos de descolmatación y limpieza general del cauce, afín de mejorar el desplazamiento del flujo de la masa de agua en épocas de crecida, en ambas márgenes del cauce.

- 7.2.** Se recomienda construir una defensa ribereña con gaviones en el tramo crítico en concordancia con las alturas encontradas en modelamiento hidráulico.

- 7.3.** La estructura tipo gaviones debe ser cubierta con geotextil o geomanta a fin de propiciar una cubierta de vegetación que minimice el impacto urbanístico en la zona.

REFERENCIAS

- BATEMAN Allen.** Hidrología básica y aplicada. Cataluña. Universidad Politécnica de Cataluña. 2007. 70 p. Disponible en: <https://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>.
- BREÑA P. A.F., VILLA M.A.J.** Principios y fundamentos de la hidrología Superficial. Ciudad de México. Universidad Autónoma Metropolitana. 2006, 289 p.
- CAHUANA Andia, Austin y YUGAR Flores, Weimar.** Material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de hidrología civ-233., Cochabamba, Bolivia. Universidad de San Simón, 2009. 414 p.
- COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU.** Código de ética del Colegio de Ingenieros del Perú, Título I, Capítulo III principios fundamentales, Artículo 15, Lima – Perú, 36 p.
- CHEREQUE MORAN, Wendor.** HIDROLOGIA, para estudiantes de ingeniería civil. Segunda edición. Lima, Perú. Editorial: Pontificia Universidad Católica del Perú. 1,989, 236 pág.
- GUTIÉRREZ Caiza, Carlos.** Hidrología Básica y aplicada. Quito, Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. 2014. 374 p.
- HERNANDEZ SAMPIERI, ROBERTO.** Metodología de la Investigación. En su: 2014, Selección de la muestra. México, Interamericana editores, 2014. Pp 170 – 194.
- LINSLEY RAY, KOHLER MAX y PAULUS JOSEPH.** HIDROLOGÍA, para ingenieros. Segunda edición. Bogotá, Colombia. Editorial McGraw – Hill Latinoamericana, S.A. 1977, 412 pág.
- LÓPEZ C. J.E.** Simulación Hidráulica en la zona baja del río Higuera – Huánuco 2014. Tesis (Ingeniero Civil), Huánuco. Universidad particular de Huánuco. Facultad de ingeniería Civil, 265 p.
- LÓPEZ R. L.** Procedimiento para la simulación hidráulica a partir de los softwares ArcGIS y HEC RAS para eventos extremos máximos. Trabajo de Diploma,

Santa Clara, Cuba, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Facultad de Construcciones, 2017, 66 p.

LÓPEZ M. R. Y OROPEZA M. J.L. Manual de Presas de Gaviones. Ciudad de México. SAGARPA, 2009, 14p.

Disponible en:

https://0201.nccdn.net/4_2/000/000/008/486/Presa-de-gaviones.pdf

MAYHUIRE UQUICHI, Adrián. Calculo hidráulico de defensas rivereñas en el sector chejava del rio Ilabaya, Distrito de Ilabaya, Provincia de Jorge Basadre, Departamento de Tacna, Tesis (Ingeniero Mecánico de Fluidos), Lima, Universidad Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, 2018, 72p.

QUISPE Q. D., ROJAS F. J. Modelamiento hidráulico del cauce en río Huaycoloro mediante el programa Hec-Ras para mitigar las inundaciones en Huachipa, 2018, Tesis (Ingeniero Civil), Lima, UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO, Facultad de Ingeniería, 2018, 173 p.

ROCHA F.A., Los modelos, herramienta valiosa para el diseño Hidráulico. Edición 9. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 2007, 130 p.

ROCHA F.A. Introducción a la hidráulica fluvial. Lima, Perú. Universidad Nacional de Ingeniería. 1998, 286 p.

SÁNCHEZ V. A., GARCÍA N. M., PALMA T. A. La cuenca Hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Ciudad de México. Secretaria del medio ambiente y recursos naturales. 2003. 49 p. Disponible en:

http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/cuenca_hidrografica.pdf

SERRANO, S., A. REISANCHO, R. LIZANO, M. J. BORBOR Córdova y A. M. STEWART. 2016. Análisis de inundaciones costeras por precipitaciones intensas, cambio climático y fenómeno de El Niño. Caso de estudio: Machala. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. Vol. 24(2):53-68. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/journal/4760/476051632004/html/>

VARGAS C. E., BOIS P. Hidrología Probabilística. Santiago, Chile. Universidad Católica de Chile. 1998, 155 p.

VARGAS, C. Eduardo y PHILIPPE Boris. HIDROLOGIA PROBABILÍSTICA. Santiago, Chile. Ediciones Universidad Católica de Chile, 1998. 155 p.

VILLON BEJAR, Máximo. HIDROLOGIA. San José, Costa Rica, Taller de Publicaciones del Instituto tecnológico de Costa Rica, 2002, 433 p.

VILLON BEJAR, Máximo. HIDROLOGIA ESTADÍSTICA. Lima, Perú. Editorial Villon. Quinta edición, 2016, 433 p.

ZELA G.I.F. Determinación de caudales máximos, aplicando metodologías probabilísticas e hidrometeorológicas, en el río Salcca, Canchis, Cusco – 2021. Tesis (Ingeniero Civil), Lima. Universidad César Vallejo. Facultad de ingeniería Civil, 171 p.

Fuertes inundaciones en Alemania, FRANCE 24, Europa, 15 de Julio del 2021.
Disponible en:

<https://www.france24.com/es/europa/20210715-fuertes-inundaciones-enalemania-dejan-decenas-de-muertos-y-desaparecidos>.

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático.
Bogotá:08/03/2022. Disponible en: <https://www.idiger.gov.co/rinundacion>.

Municipalidad Provincial de Leoncio Prado, Estudio hidrológico provincia de Leoncio Prado, Estudio hidrológico río Huallaga, Huánuco, 2012, 121 p.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de hidrología, hidráulica y drenaje. Resolución directoral N° 20-2011-MTC/14 en Lima, 12 de setiembre del 2011. 222 pp. Disponible en:

<https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>

Organización Panamericana de la salud (OPS). Emergencia por impacto del Fenómeno “El Niño Costero” – Perú, 2017. Disponible en: <https://www.paho.org/es/peru/emergencia-por-impacto-fenomeno-nino-costero-peru-2017>.

Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

DESASTRES Y SOCIEDAD. Desbordes, Inundaciones y Diluvios, 3: 5-7, América Latina 1994.

Disponible en:

<https://www.desenredando.org/public/revistas/dys/rdys03/dys3-1.0-oct-24-2001-DlyD.pdf>.

TV-Perú Noticias. Huánuco: desborde del río Huallaga deja un desaparecido.

Disponible en:

<https://tvperu.gob.pe/noticias/regionales/huanuco-desborde-del-rio-huallaga-deja-un-desaparecido>.

Tu Diario. 20/12/2019. Lluvias empiezan a causar estragos en distintas zonas.

Disponible en:

<https://tudiariohuanuco.pe/actualidad/lluvias-empiezan-a-causar-estragos-en-distintas-zonas/>

ANEXOS

- Anexo 1.
- Anexo 2.

- Anexo 1.

Matriz de operacionalización.

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad	Escalas de medición
Variable Independiente: Determinación Hidrológica	Es la descripción, evaluación y cuantificación de los parámetros morfométricos en las que intervienen los componentes Hidrometeorológicas, que permitirán analizar los sucesos principales e importantes en una determinada cuenca. (Rojo, 2016, p.2).	En el estudio se utiliza datos metrológicos de las estaciones del SENAMHI y la cartografía de la cuenca.	Estudio Hidrológico.	Área de Cuenca	(ha)	Intervalo
				Pendiente de la cuenca	(%)	Razón
				Precipitación	(mm)	Intervalo
				Coefficiente de escorrentía	(%)	Razón
				caudal de máx. avenida	(m3/s)	Intervalo
V. D. Modelamiento Hidráulico	El modelamiento hidráulico con Hec-Ras, "es una aplicación que permite la modelación Hidráulica en régimen permanente y no permanente, transporte de sedimentos y análisis de calidad de agua en cauces abiertos, ríos y canales artificiales". Por otro lado, con HEC-RAS se facilita el cálculo de los perfiles del agua y de los parámetros Hidráulicos	Para la aplicación de la modelación mediante el programa Hec-Ras se trabajará en entorno GIS a partir de un modelo digital que representará el	Estudio de Suelos	Contenido de Humedad	(%)	Razón
				Granulometría	(%)	Razón
				Peso específico de solidos	(gr/cm3)	Razón
			Estudio Topográfico	cotas	msnm	Razón
				pendiente	(%)	Razón
				ángulos de inclinación del terreno	(°, ', ")	Intervalo
				perfil longitudinal	(m)	Razón

	del cauce. El programa además permite desarrollar el cálculo, de los niveles de la superficie del agua de un flujo gradualmente variado. El sistema que se modela puede ser un solo río o una red de ríos. el componente del estudio del flujo, puede hacer el estudio de régimen subcrítico, supercrítico o la mezcla de los dos. (Villon, M, 2016)	comportamiento del flujo en el terreno. Se sistematizará la información recopilada de los estudios de suelos, topográfico e hidráulico (cauce, caudal, secciones, etc.).		secciones transversales	(m)	Razón
			Estudio Hidráulico	Área hidráulica del río	(m ²)	Intervalo
				Velocidad hídrica	(m/s)	Intervalo
				Tirante máximo	(m ²)	Intervalo
				Numero de Froude	(-)	Intervalo
				Socavación del cauce	(m ²)	Intervalo
V.D. Fines de Protección.	Son muros que pueden ser contruidos de concreto armado, ciclópeo, enrocado o gaviones con la finalidad de prevenir o controlar la erosión hídrica o el desborde del cauce de ríos. (Mahiure, 2018, p. 11)	Se necesita los estudios hidrológicos, hidráulicos, topográficos, análisis de suelos y materiales de cantera.	Tipo de defensa ribereña estructural	Área crítica de desborde	(m ²)	Intervalo
				Profundidad de cimentación	(m ²)	Intervalo

Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 2.**

Procesamiento de datos

Materiales	Equipos	Software o programas de cómputo
Cuaderno de campo.	Equipo fotográfico.	Microsoft Word (procesamiento de datos)
Recipientes para muestras de suelos	Laptop.	Microsoft Excel (procesamiento de datos numéricos)
	estación total.	AutoCAD 2020 (procesamiento de planos)
	Gps.	AutoCAD civil3D (procesamiento topográfico)
		HEC RAS (modelamiento hidráulico)

Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 3. Presupuesto**

El presupuesto necesario para la realización del presente estudio asciende a la suma de S/ 21, 370.00 soles, tal como se indica en el siguiente cuadro:

Presupuesto.

RUBRO	UNIDAD	CANTIDAD	UNITARIO	COSTO
RECURSOS HUMANOS				
ASESOR	MES	2	2,000.00	4,000.00
INVESTIGADORES	MES	3	1,000.00	3,000.00
EQUIPOS Y BIENES DURADEROS				
LAPTOP	UNIDAD	1	4,000.00	4,000.00
IMPRESORA	UNIDAD	1	1,000.00	1,000.00
EQUIPO FOTOGRAFICO	UNIDAD	1	500.00	500.00
GPS	UNIDAD	1	1,000.00	1,000.00
FLEXOMETRO	UNIDAD	1	50.00	50.00
MATERIALES E INSUMOS				
LIBROS Y SEPARATAS	GLOBAL	1	200.00	200.00
DATA SENAMHI	GLOBAL	1	3,000.00	3,000.00
SOFTWARE HECRAS, AUTOCAD, MICROSOFT	GLOBAL	1	300.00	300.00
ASESORIAS ESPECIALIZADAS Y SERVICIOS				
ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	GLOBAL	1	1,500.00	1,500.00
ESTUDIO TOPOGRAFICO	GLOBAL	1	2,000.00	2,000.00
GASTOS OPERATIVOS				
LIBRETA DE CAMPO	UNIDAD	2	10.00	20.00
MATERIAL DE ESCRITORIO	GLOBAL	1	200.00	200.00
PASAJES LOCALES	GLOBAL	1	600.00	600.00
TOTAL				21,370.00

Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 4. Financiamiento**

El presente estudio de investigación será financiado con recursos propios de los investigadores, según el detalle indicado en el siguiente cuadro.

Financiamiento

ENTIDAD FINANCIADORA	MONTO	PORCENTAJE
INVESTIGADOR 1	10,685.00	50%
INVESTIGADOR 2	10,685.00	50%
TOTAL	21,370.00	100%

Fuente: Elaboración propia.

- Anexo 5. Diagrama Gantt. de actividades a Desarrollar**

El presente proyecto de investigación tendrá una duración de 3 meses, de acuerdo a las actividades a desarrollar las que se detallan en el siguiente cronograma:

Tabla 1. Diagrama Gantt de actividades a desarrollar.

CRONOGRAMA DE EJECUCION													
N°	Actividades	MES 1				MES 2				MES 3			
		SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
TRABAJO DE CAMPO													
1	Identificación de Cuenca y estaciones meteorológicas.												
2	Busqueda y recojo de Información meteorológica												
3	Levantamiento topográfico												
4	Toma de muestras - suelos												
N°	Actividades	MES 1				MES 2				MES 3			
		SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4	SEM 1	SEM 2	SEM 3	SEM 4
GABINETE													
5	Procesamiento de datos y determinación Hidrológica												
6	Elaboración de planos topográficos												
7	Ensayos de laboratorio - suelos												
8	Modelamiento Hidráulico												
9	Determinación de zonas críticas												
10	Diseño de propuesta de defensa												

Fuente: Elaboración propia.

- **Anexo 5. Panel Fotográfico.**

ESTADO SITUACIONAL DEL TRAMO EN ESTUDIO



Foto N° 01: Se aprecia el tirante de agua en época de estiaje.



Foto N° 02: Se aprecia la crecida del rio en épocas de lluvia.



Foto N° 03: Se aprecia puntos críticos producto de la socavación.



Foto N° 04: Se observa la identificación de zonas vulnerables a inundaciones.

Extracción de muestras de suelo In Situ tramo en el estudio.



Foto N° 05: Extracción de muestras de calicata en el tramo de estudio.



Foto N° 06: Extracción de muestras de suelo In situ en el tramo de interés.

Ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos.



Foto N° 07: Se observa los trabajos en laboratorio, realizando el ensayo de granulometría.



Foto N° 08: Realizando el ensayo Limite Liquido – Copa Casagrande.



Foto N° 09: Se aprecia el pesado de muestras en su estado natural.



Foto N° 10: Se observa el ingreso de muestras a la estufa.

Trabajo topográfico en el tramo de estudio (puente San Sebastián – Puente Calicanto)



Foto N° 11: Se observa el equipo de precisión estación total y prismas, en el tramo de estudio.



Foto N° 12: Se observa la topografía, ubicándose en la margen derecha del río.



Foto N° 13: Se observa trabajo la recolección de puntos altimétricos en la margen izquierda del río.



Foto N° 14: Se observa el levantamiento topográfico en el último punto a la altura del puente calicanto.

- **Anexo 6. Estudio de Mecánica de Suelos.**

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS



PROYECTO:

“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”

UBICACIÓN:

HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO

PROPIETARIO:

Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN
Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO

SOLICITA:

Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN
Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO

FECHA:

JULIO DEL 2022

CONTENIDO

1. GENERALIDADES

- 1.1 ANTECEDENTES
- 1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO
- 1.3 NORMATIVIDAD
- 1.4 UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO
- 1.5 ACCESO AL AREA EN ESTUDIO
- 1.6 ALTITUD, TOPOGRAFIA Y CONDICION CLIMATICA DE LA ZONA

2. GEOLOGIA Y SISMICIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

- 2.1 GEOLOGIA
 - 2.1.1 GEOLOGIA LOCAL
 - 2.1.2 GEOMORFOLOGIA
 - 2.1.3 GEODINAMICA EXTERNA
- 2.2 SISMISIDAD

3. INVESTIGACION DE CAMPO

4. CIMENTACIONES DE LAS ESTRUCTURAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

6. NIVEL DE LA NAPA FREATICA

7. PERFIL DEL SUELO

- 7.1 DESCRIPCION DE LA CONFORMACION DEL SUBSUELO DEL AREA EN ESTUDIO

8. ANALISIS DE CIMENTACION

- 8.1 TIPO DE CIMENTACION
- 8.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACION
- 8.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE
- 8.4 CALCULO DE ASENTAMIENTOS
- 8.5 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION
- 8.6 PARAMETROS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 9.1 CONCLUSIONES
- 9.2 RECOMENDACIONES

10. ANEXOS

- 10.1 ENSAYOS DE LABORATORIO (CERTIFICADOS)

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

El estudio de mecánica de suelos abarca a partir del nivel de terreno natural hasta el suelo de fundación correspondiente al proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”**.

Los trabajos de campo lo realizaron los autores del proyecto de investigación, quienes determinaron el terreno para el desarrollo del proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”**.

En el área en estudio se han realizado los trabajos necesarios para verificar las propiedades físicas mecánicas del terreno a nivel de SUELO DE FUNDACION.

1.2 OBJETIVO DEL ESTUDIO

Los objetivos del presente estudio son: la caracterización geotécnica del terreno donde se plantea el proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”**.

Se definirán los tipos de suelos, la profundidad del nivel freático, el nivel de cimentación de las estructuras planteadas en el proyecto, la capacidad admisible del terreno de cimentación. Estos factores servirán para el diseño estructural del proyecto.

Asimismo, se evaluarán las características de deformación de los suelos ante las cargas de las estructuras, para obtener los asentamientos y compararlos con los máximos permisibles.

Para todos los estudios señalados, se realizan las exploraciones de campo necesarios, tomándose las muestras representativas de las profundidades adecuadas que son protegidas y embaladas convenientemente. Luego se elaboran los perfiles estratigráficos y se ensayan en laboratorio las muestras tomadas.

Con los resultados de los ensayos se realizan los cálculos de la capacidad admisible, el asentamiento y se plantean las profundidades de cimentación con fines de protección.

El estudio comprende trabajos de campo mediante sondeos por medio de 02 calicatas y ensayos de laboratorio, que sirven para establecer el perfil estratigráfico y la capacidad admisible del terreno.

El informe concluye con el análisis de las condiciones de CIMENTACION consistente en Capacidad Admisible del Suelo, Profundidad de cimentación, Tipo de cimentación, asentamientos y otras consideraciones complementarias como la designación de la calidad de roca si es que existe dentro del área en estudio.

1.3 NORMATIVIDAD

El estudio de suelos se realiza de acuerdo con la normativa vigente E-050 Suelos y Cimentaciones (aprobada por RM N° 406-2018-VIVIENDA), E-030 Diseño Sismorresistente (aprobada por DS N°003-2016-VIVIENDA) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), que es de aplicación obligatoria para todo tipo de estructuras.

Los ensayos de laboratorio se realizan de acuerdo a los procedimientos estándar de la American Society For Testing and Materials (ASTM), mientras que la clasificación de los suelos se realizan según el SUCS y el AASHTO. Los sondeos y el muestreo se realizan con el personal capacitado, usándose herramientas manuales.

1.4 UBICACIÓN Y DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO

EL PROYECTO SE LOCALIZA EN:

UBICACION : Rio Huallaga, Tramo Puente San Sebastián – Puente Calicanto
 DISTRITO : Huánuco
 PROVINCIA : Huánuco
 DEPARTAMENTO : Huánuco

DESCRIPCION DEL AREA EN ESTUDIO

En la actualidad el área en estudio se encuentra ubicada en el Rio Huallaga, Tramo Puente San Sebastián – Puente Calicanto el cual se encuentra dentro de la zona urbana del Distrito de Huánuco.

- A continuación se da las altitudes y coordenadas UTM de localización del área de influencia del proyecto.

Cuadro N°01
Ubicación del Área en Estudio

Área de Influencia Directa	Altitud (m.s.n.m)	Coordenadas UTM	
		Este	Norte
Plaza de Armas Huánuco	1901	364092	8902134
Inicio del tramo en estudio	1899	363524	8901208
Fin del tramo en estudio	1894	364454	8901816



Foto N° 01 Vista satelital de la ubicación del área en estudio.



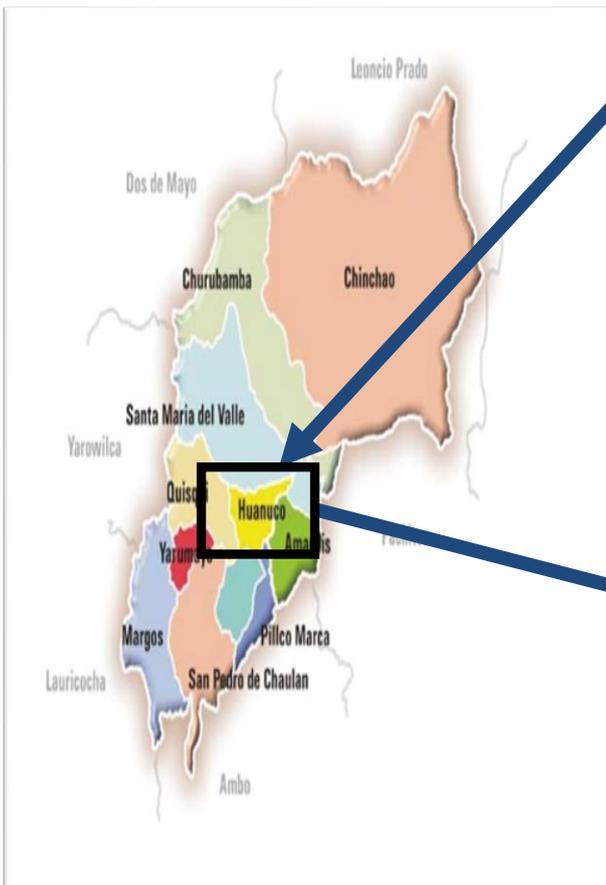
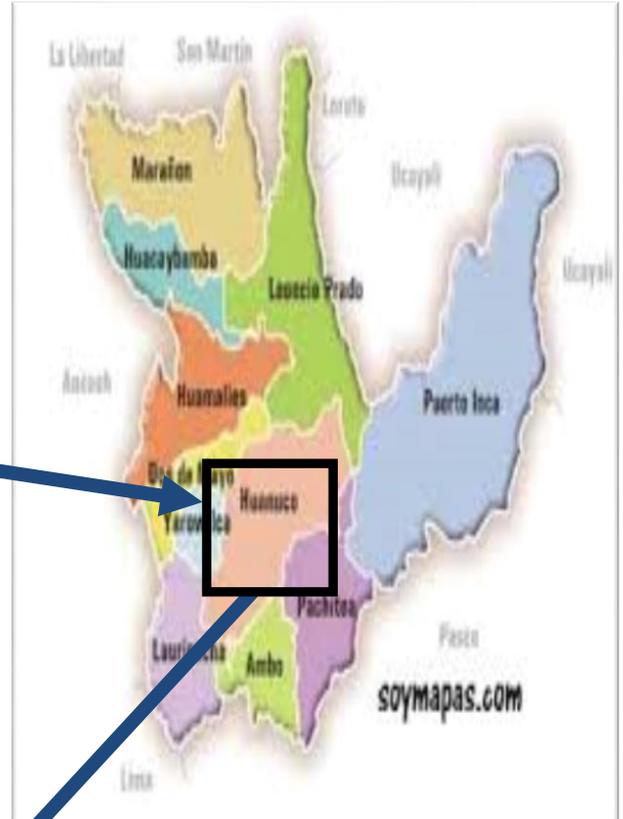
Foto N° 02 Vista panorámica del área en estudio.



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

UBICACIÓN DEL AREA EN ESTUDIO



1.5 ACCESO AL AREA EN ESTUDIO

En la actualidad el área en estudio se encuentra ubicada en el Rio Huallaga, Tramo Puente San Sebastián – Puente Calicanto el cual se encuentra dentro de la zona urbana del Distrito de Huánuco.

1.6 ALTITUD, TOPOGRAFIA Y CONDICION CLIMATICA DE LA ZONA

ALTITUD

El área en estudio se encuentra a una altitud aproximada de 1899 - 1894 msnm.

TOPOGRAFIA

El área en estudio presenta una topografía semi plana con inclinación leve en dirección S-N.

CLIMA

En el Distrito de Huánuco los veranos son cortos, cómodos y nublados y los inviernos son cortos, frescos, secos y parcialmente nublados. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 11 °C a 24 °C y rara vez baja a menos de 9 °C o sube a más de 26 °C.

La temporada templada dura 2,2 meses, del 30 de agosto al 5 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 24 °C. El día más caluroso del año es el 26 de septiembre, con una temperatura máxima promedio de 24 °C y una temperatura mínima promedio de 13 °C.

La temporada fresca dura 2,1 meses, del 18 de mayo al 21 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 22 °C. El día más frío del año es el 14 de julio, con una temperatura mínima promedio de 11 °C y máxima promedio de 22 °C.

PRECIPITACIONES

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Huánuco varía considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura 5,9 meses, de 20 de octubre a 17 de abril, con una probabilidad de más del 22 % de que cierto día será un día mojado. La probabilidad máxima de un día mojado es del 39 % el 7 de marzo.

La temporada más seca dura 6,1 meses, del 17 de abril al 20 de octubre. La probabilidad mínima de un día mojado es del 5 % el 2 de agosto.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 39 % el 7 de marzo.

2. GEOLOGIA Y SISMISIDAD DEL AREA EN ESTUDIO

2.1 GEOLOGIA

La cartografía geológica elaborada por el INGEMMET y publicada en el Boletín N° 75 Serie A: “Geología del Cuadrángulo de Huánuco (20-k)” – 1996, a escala 1:100,000, describe las formaciones geológicas que a nivel regional se emplazan en el área circundante al área en estudio.

Las Rocas de esta formación Geológica, muestran importante emplazamiento dentro del área en estudio

INTRODUCCION

Será de interés para la ejecución del proyecto en estudio, que el conocimiento geológico regional se transforme en información directa y práctica para la elaboración del proyecto, así como que sirva de información importante al momento de ejecutar la obra.

En otras palabras, hacer de la geología una verdadera ingeniería geológica.

El cuadrángulo de Huánuco se encuentra en el sector Este del departamento homónimo, cubriendo un área de 3030.48 km², con altitudes que van de 1200 a 4944 msnm.

Geográficamente la zona de estudio está comprendida en la Cordillera Oriental y en sus márgenes orientales próximas a la zona subandina.

Los rasgos morfológicos delimitados corresponden a las siguientes cuatro unidades: áreas glaciadas, altas cumbres, flancos y pie de la Cordillera Oriental y valles.

2.1.1 GEOLOGIA LOCAL

Las unidades de rocas aflorantes dentro del área en estudio pertenecen al: **CENOZOICO**, a continuación se muestra la columna estratigráfica del área en estudio:

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	COLUMNA	DESCRIPCION
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLO CENO	Depósitos Aluviales (Q-al)		matriz areno-limosa, clastos subangulosos subredondeados seconsolidados

A continuación se describe la Unidad Estratigráfica que aflora dentro del área en estudio:

DEPOSITOS ALUVIALES (Q-al)

Es predominante dentro del área en estudio, margen derecha del rio Huallaga, se observan terrazas con acumulación de varias decenas de metros constituidos por guijarros incluidos en matriz areno-limosa, clastos subangulosos a subredondeados seconsolidados, a veces cortadas por barrancos con flancos verticales y frentes escarpados. El afloramiento tiene continuidad hacia el valle del Huallaga (alrededores de Huánuco).

Puede creerse y es lo más verosímil, que se trate de un depósito fluvio-glaciario, no morrenico, pero hecho de materiales arrastrados en buena parte de morrenas y transportados por gravedad, flujo de lodo y deslizamiento lento.

MATERIAL DE COBERTURA

Según el Diccionario Geológico de Jorge Dávila B, (2006), se define como material de cobertura a la “cobertura superficial de la corteza terrestre producto de la alteración de los minerales de las rocas pre-existentes. La formación del suelo implica la meteorización química de los minerales primarios dando lugar a nuevos minerales. El suelo normalmente debe ser útil para la agricultura.

Para el caso que nos ocupa, se ha visto por conveniente usar un término más amplio que suelo, al querer involucrar a éstos y a los materiales transportados, como son los que rellenan los cauces actuales y antiguos de los ríos y quebradas importantes, así como a los materiales que en forma “laminar” han sido depositados por los glaciares durante su retroceso.

Dentro de este raciocinio, para el área que se estudia se han considerado un solo tipo de material de cobertura.

MATERIAL DE COBERTURA (Pt)

Referido a depósitos constituidos mayormente por suelos arcillosos de alta plasticidad, de color marrón y por conglomerados fluviales.

Desde el punto de vista físico-mecánico, los suelos arcillosos son de resistencia baja, mayormente cuando están humedecidas, pudiendo removerse manualmente, mejor aún con maquinaria; y los conglomerados, constituidos por gravas de areniscas y algunos volcánicos, son de mediana resistencia como elementos aislados y de baja resistencia al estado de conjunto.

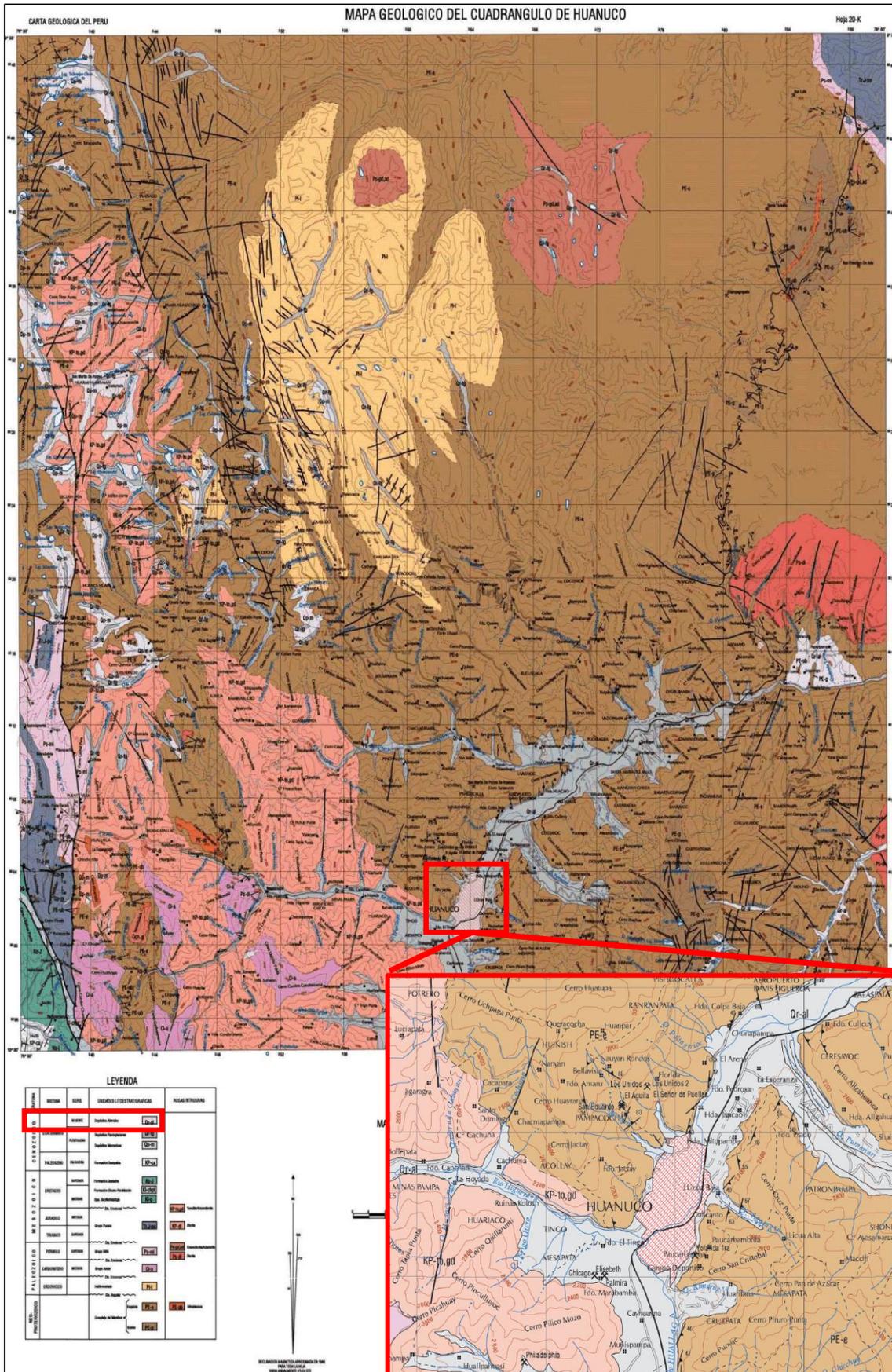
Por lo tanto se debe de eliminar todo material de cobertura hasta encontrar el material de suelo de fundación para proyectar las obras estructurales.



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

MAPA GEOLOGICO LOCAL



Fuente: INDECI, INEI, INGEMMET, MINAM.

2.1.2 GEOMORFOLOGIA

El cuadrángulo de Huánuco presenta una diversidad de relieves, que son el resultado de una acción geodinámica en la Cordillera Oriental y en sus márgenes orientales.

En base a criterios morfológicos, litológicos y estructurales se han diferenciado cuatro unidades:

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

Las principales unidades Geomorfológicas que se han diferenciado a nivel regional son:

- Áreas Glaciadas
- Altas Cumbres
- Estribaciones Orientales de la Cordillera oriental
- Valles

A continuación se describe la Unidades Geomorfológica en la que se encuentra el área en estudio:

VALLES

La unidad valles son depresiones en forma longitudinal sobre cuyos fondos discurren los ríos. Según su forma, se puede subdividir en tres unidades: valles de fondo amplio, valles cañón y valles fluvioglaciares.

Valle de Fondo Amplio

Esta unidad se encuentra al SE del área del cuadrángulo de Huánuco, comprendiendo al río Huallaga, el mismo que tiene una dirección general SO-NE.

Morfológicamente esta unidad presenta un fondo de valle con amplias terrazas fluvio-aluviales, donde se desarrollan las labores agrícolas de la zona. Estas terrazas están limitadas a ambos flancos por suaves pendientes, las que son disectadas por numerosos ríos y quebradas que vierten sus aguas al río Huallaga.

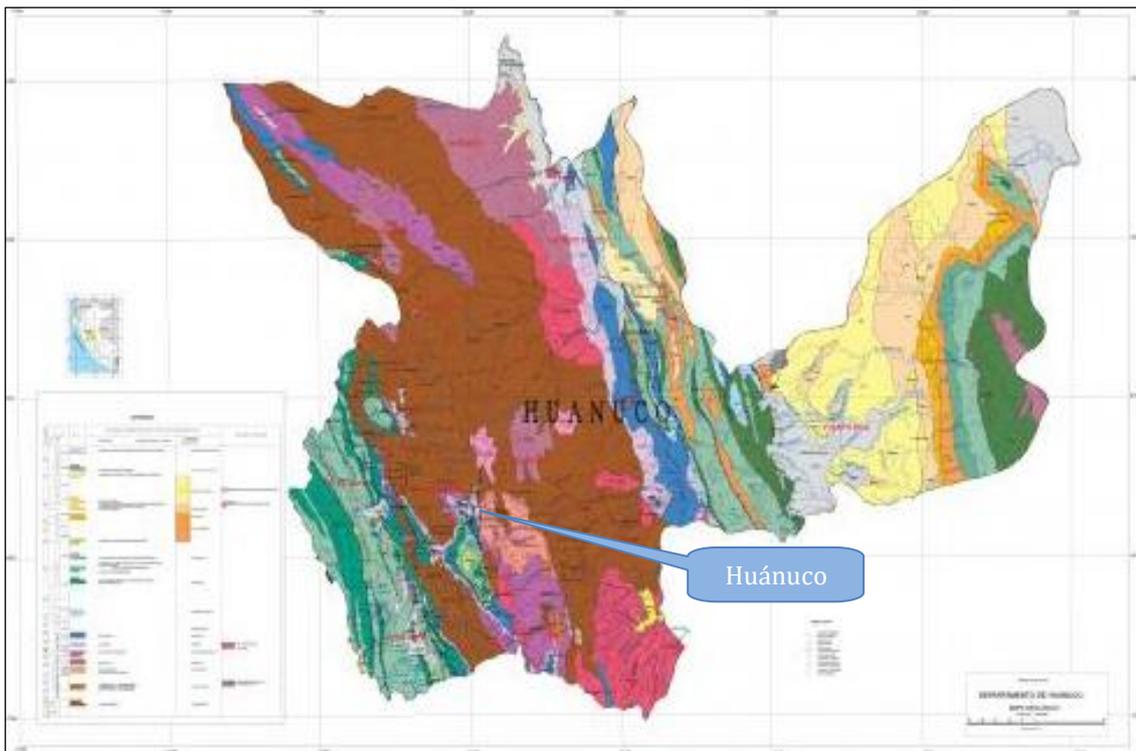
Litológicamente, este valle comprende en gran parte a la secuencia metamórfica, y parte a un intrusivo de edad Cretáceo-Paleogeno.

La erosión fluvial-pluvial es el agente principal en su modelado, trayendo consecuentemente una removilización y socavamiento permanente del material a lo largo del río Huallaga.



Foto N°03 Vista de la geomorfología del área en estudio el cual presenta una geomorfología de **VALLE DE FONDO AMPLIO**

MAPA GEOLOGICO REGIONAL



Fuente: INDECI, INEI, INGEMMET, MINAM.

2.1.3 GEODINAMICA EXTERNA

La geodinámica externa del área en estudio no presenta riesgo de inundaciones, erosión, deslizamiento ni huaycos, Etc. En cuanto a la geodinámica interna se deberá considerar la actividad sísmica ya que el área en estudio se encuentra dentro de una zona sísmicamente **MEDIA**.

2.2 SISMICIDAD

La ubicación geográfica del Perú, dentro del contexto geotectónico mundial “Cinturón de Fuego Circunpacifico” y la existencia de la plaza tectónica de Nazca, que se introduce dentro de la placa Sudamericana, hacen de nuestro país un territorio con alto índice de sismicidad. Ello se advierte por los continuos movimientos telúricos producidos a lo largo de nuestra historia; así como los eventos catastróficos registrados instrumentalmente.

El territorio nacional se considera dividido en cuatro zonas, la zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de estos con la distancia epicentral, así como en la información neo tectónica.

Por lo expuesto y de acuerdo al Reglamento Nacional de Edificaciones, los diseños estructurales deben ser a sísmicos. Dentro del territorio peruano se han establecido diversas zonas, las cuales presentan diversas características de acuerdo a la menor o mayor presencia de sismos. Según los mapas de zonificación sísmica y mapas de máximas intensidades sísmicas del Perú y de acuerdo a las normas sismo-resistentes del Reglamento Nacional de Edificaciones, el Distrito de Huánuco, Provincia de Huánuco y Departamento de Huánuco se encuentra comprendida en la Zona 2 con un factor de zona $Z=0.25$ correspondiéndole una sismicidad **MEDIA**, en la escala Mercalli Modificada con un suelo tipo S_2 = suelos intermedios, con un factor de suelo $S=1.2$, correspondientes a un periodo predominante de $T_p(s)=0.6$ y $T_l(s)=2.0$ segundos, ver Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.

MAPA DE ZONIFICACION SISMICA DEL PERU



Fuente: INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU.

3. INVESTIGACION DE CAMPO

Los trabajos de campo tienen como objetivos principales: primero, tomar un conocimiento in situ de las características y variedades de suelos que conforman el área en estudio; segundo, tomar las muestras representativas para su experimentación en laboratorio. Durante la inspección in situ se realizan las clasificaciones visuales de los suelos de los diferentes estratos, que luego son verificados con los resultados de laboratorio. Del mismo modo en esta etapa se determinan las profundidades de la napa freática, si existieran.

Para la investigación de campo se estableció el programa de investigación mínimo, de acuerdo a lo exigido en el artículo 14 técnicas de exploración de campo de la norma E. 050 - Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

NUMERO N DE PUNTOS A INVESTIGAR

Para la investigación de campo se estableció el programa de investigación mínimo, de acuerdo a lo exigido en la tabla 6 del artículo 15 inciso 15.3.2 sub ítem b) (Numero “n” de puntos de exploración), de la norma E. 050 - Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Para zonas donde se plantean las obras estructurales se fijó en función al tipo de edificación y del área de la superficie:

Tipo de Estructura : Otras estructuras.
Distancia mayor entre apoyos : cualquiera.
Tipo de edificación : III

Para el tipo III y por la dimensión del terreno, se realizó 02 calicatas, en todo caso N no debe ser menor que 02.

Profundidad P mínima a alcanzar en cada calicata:

Para cimentación superficial la norma E-050 establece:

Donde:

$$P = D_f + z$$

$$P = 3.00 \text{ metros}$$

D_f = En edificaciones sin sótano, es la distancia vertical desde la superficie del terreno o desde el nivel del piso terminado, hasta el fondo de la cimentación, la que resulte menor.

$Z = 1.5 B$ siendo B ancho de cimentación previa de mayor área.

$P = 3.00 \geq 3$ que es el mínimo requerido para calicatas a nivel de cimentación
Para edificaciones sin sótano, Considerándose que en estas profundidades se ubican las fuerzas que desarrollan las zonas de falla (activa, transición y pasiva) establecido por Terzaghy y otros autores.

NOTA 1: En ningún caso P será menor de 3, excepto si se encontrase roca, bloques de gran magnitud o nivel de napa freática antes de alcanzar la profundidad mínima.

Distribución de los puntos.

Las calicatas fueron ubicadas dentro del área en estudio, considerando que no existan fallas de los estratos durante y después de las excavaciones de las calicatas, a continuación se muestra la ubicación de las calicatas realizadas dentro del área en estudio.

Variabilidad del Suelo.

Es importante tener siempre en cuenta la variabilidad de la composición y el estado de consolidación de los depósitos de suelos naturales; por lo tanto se requiere aplicar un juicio basado en el sentido común y la experiencia al establecer los resultados de las pruebas y saber cuánto se debe confiar en estos o descartarse.

Número y tipo de muestras a extraer.

De las excavaciones realizadas se han tomado las muestras de tipo Mab (muestra alterada en bolsa de plástico), las mismas que fueron conducidas al laboratorio para los ensayos respectivos.

Ensayos in situ

Los ensayos realizados in situ, se ejecutaron con la finalidad de obtener los parámetros físico-mecánicos naturales del suelo. Los ensayos realizados son:

- NTP 339.150 Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual – manual.

Asimismo, durante los sondeos de campo se realizan las primeras aproximaciones para definir los tipos de cimientos y las profundidades de desplante.

NOTA 2: Los trabajos de campo así como excavación de calicatas, extracción de muestras, traslado de muestras y toma de datos de campo fueron realizados por personal designado por solicitante quien es el responsable de la veracidad de los resultados obtenidos en laboratorio.

A continuación se describen las primeras aproximaciones de la exploración realizada:

Calicata C-1 (Foto N°04)

- Profundidad de excavación 3.00 m
- Estratos encontrados 02
- Tipo de suelo E-1 Material de cobertura
- Tipo de suelo E-2 Grava mal graduada con limo
- Nivel freático No presenta

Calicata C-2 (Foto N°05)

- Profundidad de excavación 3.00 m
- Estratos encontrados 02
- Tipo de suelo E-1 Material de cobertura
- Tipo de suelo E-2 Grava mal graduada
- Nivel freático No presenta

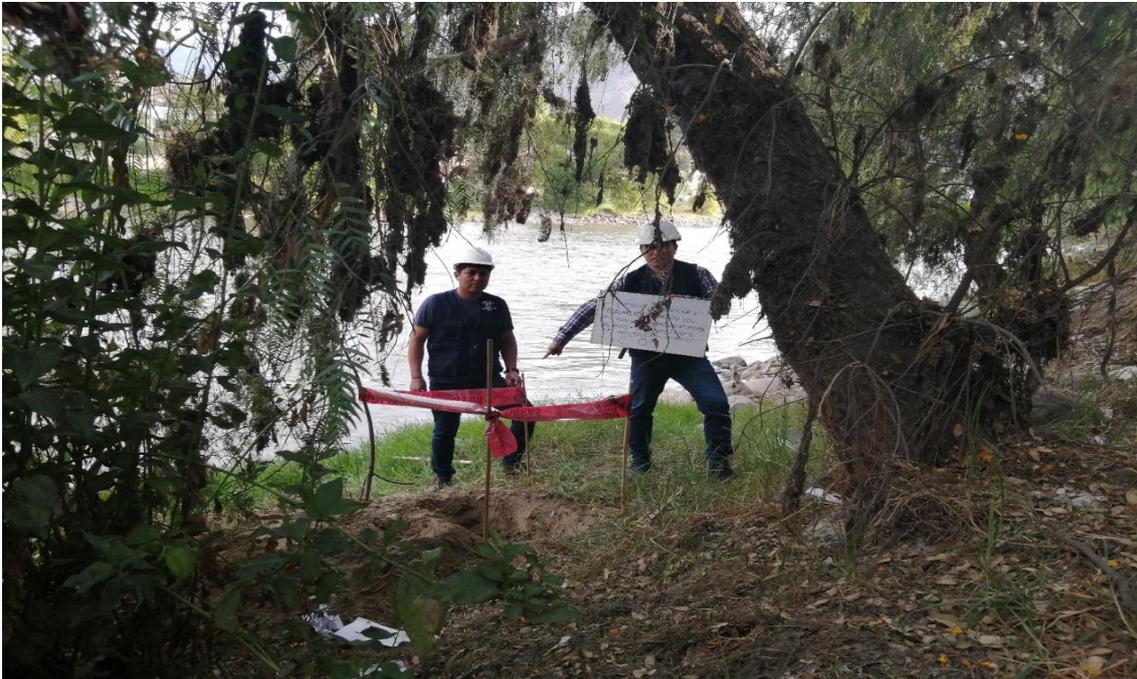


Foto N°04 donde se puede apreciar la vista panorámica y la composición del suelo en la calicata C-1 realizada.



Foto N°05 donde se puede apreciar la panorámica y la composición del suelo en la calicata C-2 realizada.

4. CIMENTACIONES DE LAS ESTRUCTURAS A TOMAR EN CUENTA PARA EL CÁLCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA

Dentro del proyecto de investigación se considerara obras de protección, el cual consistirá en muros de contención construidos con material noble.

En conformidad con las características de las estructuras a construir, se calculará la capacidad admisible de las cimentaciones de las estructuras para las siguientes condiciones.

El tipo de cimentación se ha de realizar según el suelo encontrado en cada estructura a construir.

MURO DE CONTENCIÓN

- Clase de estructura : Pórticos y/o muros de concreto.
- Tipo de cimiento : Zapatas continua.
- Ancho mínimo de zapata (B) : 1.20 m.
- Largo mínimo de zapata (L) : 1.40 m.
- Profundidad mínima (Df) : 1.80 m.

La profundidad de cimentación se define en base a los siguientes criterios. Se deberá descartar las capas no consolidadas para luego cimentar en suelo consolidado en todas las zonas.

5. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos de laboratorio estándar, especiales y químico, se ejecutaron con la finalidad de obtener los parámetros físico-mecánicos y químicos señalados en los Términos de Referencia del Estudio. Los ensayos se practicaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos – Asfalto – Concreto y ensayo de materiales de construcción INVERSIONES EHEC S.C.R.L. de Huánuco. Los ensayos realizados son:

Se realizaron los ensayos con las muestras extraídas.

- ASTM D 422 Análisis granulométrico
- ASTM D 4318 Limite líquido y plástico
- MTC E 115 – 2000 Proctor modificado
- ASTM D – 3080 AASHTO T – 236
- ASTM D 2487 Clasificación SUCS y AASHTO
- BS 1378 Peso volumétrico
- ASTM D 3080 Ensayo de corte directo

Los parámetros de resistencia de los suelos donde se construirán los elementos estructurales, se han obtenido con el ensayo de corte directo.

6. NIVEL DE LA NAPA FREÁTICA

Distribución de la napa freática por calicata:

Cuadro N°02
Identificación de la Napa Freática

Tipo	Nombre	Profundidad	Nivel Freático
CALICATA :	C - 1	3.00 m	2.00 m
CALICATA :	C - 1	3.00 m	1.20 m

Dentro del área en estudio se halló la presencia de napa freática a profundidades superficiales de 1.20 metros.

7. PERFIL DEL SUELO

Los perfiles estratigráficos se confeccionan en base a la información obtenida en el campo y los resultados de los ensayos de laboratorio. Estos perfiles servirán para verificar los tipos y las profundidades de cimentación propuestos y también para obtener la capacidad admisible del terreno de cimentación como también el asentamiento respectivo.

Se sigue las secuencias de arriba hacia abajo en cada calicata para la descripción estratigráfica en cada punto de exploración.

C - 1 (CALICATA PARA CIMENTACION)

COMPOSICION:

ESTRATO	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
E- 1	-	-	-
E- 2	52.74%	42.07%	5.19%

DESCRIPCION:

ESPEJOR	ESTRATO	SUCS	AASHTO	DESCRIPCION
1.00 m	E- 1	Pt	A-8	Material de cobertura (relleno)
2.00 m	E- 2	GP GM	A-1-a (1)	Grava mal graduada con limo

PROFUNDIDAD : 3.00 m.

NIVEL FREATICO: 2.00 m.

ESTRATO	E-2
SUCS	GP GM
AASHTO	A-1-a (1)
Peso unitario	1.885 Ton/m ³
Humedad	7.17%
L. líquido	NP
L. plástico	NP
I. plástico	NP
Pasa malla 04	47.26%
Pasa malla 200	5.19%
Profundidad de cimentación (por debajo del NPT del sótano)	1.80 m
Capacidad admisible Qa=	1.99 Kg/Cm ²

C - 2 (CALICATA PARA CIMENTACION)

COMPOSICION:

ESTRATO	% GRAVA	% ARENA	% FINOS
E- 1	-	-	-
E- 2	51.12%	45.76%	3.12%

DESCRIPCION:

ESPESOR	ESTRATO	SUCS	AASHTO	DESCRIPCION
1.00 m	E- 1	Pt	A-8	Material de cobertura (relleno)
2.00 m	E- 2	GP	A-1-a (1)	Grava mal graduada

PROFUNDIDAD : 3.00 m.

NIVEL FREATICO: 1.20 m.

ESTRATO	E-2
SUCS	GP
AASHTO	A-1-a (1)
Peso unitario	1.847 Ton/m ³
Humedad	11.02%
L. líquido	NP
L. plástico	NP
I. plástico	NP
Pasa malla 04	48.88%
Pasa malla 200	3.12%
Profundidad de cimentación (por debajo del NPT del sótano)	1.80 m
Capacidad admisible Qa=	1.90 Kg/Cm ²

7.1 DESCRIPCION DE LA CONFORMACION DEL SUBSUELO DEL AREA EN ESTUDIO

De acuerdo a los perfiles estratigráficos inferidos, y a la inspección realizada se concluye que el subsuelo está conformado de la siguiente manera:

Desde la superficie hasta la profundidad promedio de 0.00m a 1.00 m. Está formado por una capa de material de cobertura considerado relleno suelo coluvial y deluvial, esta capa está condicionada a la topografía del terreno; luego se tiene la presencia de un suelo conformado por grava mal graduada con limo, el cual se considera como suelo de fundación dentro del área en estudio, el suelo que conforma el área en estudio presenta una clasificación SUCS= (GP GM).

La estratigrafía dentro del área en estudio se considera homogénea.

8. ANALISIS DE CIMENTACION

8.1 TIPO DE CIMENTACION

En la zona de exploración no se encontró ningún tipo de suelo problemático que pueda exigir la necesidad de realizar una cimentación profunda y debido a las características estratigráficas del terreno, es preferible utilizar un tipo de cimentación superficial ya que estas repartirán adecuadamente las cargas de servicio a los estratos de los suelos investigados.

Por lo tanto se recomienda emplear una cimentación superficial, que el especialista estructural debe adecuar según diseño ya sea con zapatas aisladas, conectadas y combinadas; las cimentaciones continuas (cimientos corridos) y las plateas de cimentación según corresponda y a la profundidad mínima indicada para cada estructura.

Se recomienda el uso de zapatas continuas con el fin de evitar los asentamientos diferenciales que puedan ocurrir durante un movimiento sísmico ya que el área en estudio se encuentra en una zona sísmica media dicha cimentación deberá ser definida por el especialista en estructuras, para todas las estructuras planteadas dentro del proyecto.

El concepto de esta estructura consiste en que, si tomamos el centro de la zapata, como punto de giro, los momentos hacia la derecha son iguales a los de la izquierda, de esta manera se consigue que las presiones hacia el terreno sean constantes y las cargas actuantes se distribuyan uniformemente en el terreno.

Este tipo de cimentación será continua por tramos sobre un suelo firme, estable y a la horizontalidad de cimentación general por tramos, se tendrá que mejorar el suelo por medios mecánicos con concreto ciclópeo (solados).

8.2 PROFUNDIDAD DE CIMENTACIÓN

Basado en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio, perfiles y registros estratigráficos y las condiciones de presencia de nivel freático y las características de las estructuras se debe descartar el suelo de baja densificación, en todo caso se debe cimentar por debajo de:

- Para todos los casos la profundidad mínima de cimentación deberá ser de 1.80 metros.

Antes de la cimentación se recomienda mejorar el suelo por medios mecánicos como la compactación y falsas zapatas (solados).

8.3 CALCULO DE LA CAPACIDAD ADMISIBLE (Qa)

Para verificar las dimensiones de las cimentaciones, se tomará en cuenta las recomendaciones establecidas en los Términos de Referencia y el tipo de cimiento a usar.

También se tomarán en cuenta las Normas E-050 del RNE – Suelos y Cimentaciones, en lo que concierne a la profundidad de desplante y los parámetros geotécnicos a usar.

De las estratigrafías descritas, se escoge la profundidad de desplante que garantiza la estabilidad de las estructuras, de tal manera que el esfuerzo transmitido sea menor o igual que la capacidad admisible y que los asentamientos a ocurrir sean menores o iguales que los máximos permisibles.

La capacidad admisible del suelo y los asentamientos a ocurrir en los cimientos, son calculados usando las teorías clásicas del tramo elástico de la curva esfuerzo – deformación.

CONSIDERACIONES INICIALES

Las propiedades geotécnicas del terreno de cimentación, se toman en función de los resultados de laboratorio practicado a una muestra tomada en el último estrato de las calicatas realizadas; que son representativos para toda el área del proyecto.

Los cálculos se realizan usando la teoría clásica de Karl Terzaghi, obteniéndose las capacidades últimas (Qult) y las capacidades admisibles (Qadm) en Kg/cm² considerando un factor de seguridad (FS) de 3.00 conforme lo recomiendan los Términos de Referencia y el RNE.

TEORÍA DE LA CAPACIDAD DE TERZAGHI - ZAPATAS CUADRADAS - CIMENTACIÓN CORRIDA

$$qh = 1.3 * C * Nc + \gamma * Df * Nq + 0.4 * \gamma * B * N\gamma$$

$$qh = C * Nc + \gamma * Df * Nq + 0.5 * \gamma * B * N\gamma$$

TEORÍA DE LA CAPACIDAD DE TERZAGHI - CIMENTACIÓN CUADRADA

$$qh = 1.3 * C * Nc + \gamma * Df * Nq + 0.4 * \gamma * BN * y$$

Dónde:

- Qu : Capacidades ultimas.
Nc, Nq, Ny : Factores de seguridad de carga (dependen únicamente del Angulo de fricción)
Df : profundidad de desplante
C : Cohesión.
 γ : Peso unitario.
B : ancho estimado de zapata.

CAPACIDAD PORTANTE CIMENTACION SUPERFICIAL CIMENTACION CUADRADA $L \leq 10B$

CALICATA : C - 1

Angulo de fricción del suelo	(\emptyset)	= 29.62°
Cohesión del suelo	(C)	= 0.00 kg/cm ²
Profundidad de cimentación	(D _f)	= 1.80 m
Ancho de cimentación	(B)	= 1.20 m
Largo de cimentación	(L)	= 1.40 m
Peso específico	(γ_1)	= 0.965 t/m ³
Peso específico	(γ_2)	= 1.885 t/m ³
Capacidad admisible	(qadm)	= 1.99 kg/cm ²



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

Cimentación sugerida Cimiento Rectangular							
COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _a (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.80	1.80	1.2	1.00	1.00	5.98	1.99	Cimiento Rectangular
-1.80	1.80	1.4	1.00	1.00	6.12	2.04	
-1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	6.26	2.09	
-2.00	2.00	1.2	1.00	1.00	6.56	2.19	
-2.00	2.00	1.4	1.00	1.00	6.70	2.23	
-2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	6.84	2.28	
-2.20	2.20	1.2	1.00	1.00	7.13	2.38	
-2.20	2.20	1.4	1.00	1.00	7.27	2.42	
-2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	7.41	2.47	
-2.40	2.40	1.2	1.00	1.00	7.70	2.57	
-2.40	2.40	1.4	1.00	1.00	7.84	2.61	
-2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	7.98	2.66	
-2.60	2.60	1.2	1.00	1.00	8.27	2.76	
-2.60	2.60	1.4	1.00	1.00	8.41	2.80	
-2.60	2.60	1.6	1.00	1.00	8.55	2.85	

CALICATA : C - 2

Angulo de fricción del suelo	(Ø)	= 29.21°
Cohesión del suelo	(C)	= 0.00 kg/cm ²
Profundidad de cimentación	(D _f)	= 1.80 m
Ancho de cimentación	(B)	= 1.20 m
Largo de cimentación	(L)	= 1.40 m
Peso específico	(γ ₁)	= 0.974 t/m ³
Peso específico	(γ ₂)	= 1.847 t/m ³
Capacidad admisible	(q _{adm})	= 1.90 kg/cm ²

Cimentación sugerida Cimiento Rectangular							
COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F.		q _a (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
			W	W'			
-1.80	1.80	1.2	1.00	1.00	5.70	1.90	Cimiento Rectangular
-1.80	1.80	1.4	1.00	1.00	5.82	1.94	
-1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	5.95	1.98	
-2.00	2.00	1.2	1.00	1.00	6.24	2.08	
-2.00	2.00	1.4	1.00	1.00	6.37	2.12	
-2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	6.50	2.17	
-2.20	2.20	1.2	1.00	1.00	6.79	2.26	
-2.20	2.20	1.4	1.00	1.00	6.92	2.31	
-2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	7.05	2.35	
-2.40	2.40	1.2	1.00	1.00	7.34	2.45	
-2.40	2.40	1.4	1.00	1.00	7.47	2.49	
-2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	7.60	2.53	
-2.60	2.60	1.2	1.00	1.00	7.89	2.63	
-2.60	2.60	1.4	1.00	1.00	8.02	2.67	
-2.60	2.60	1.6	1.00	1.00	8.14	2.71	

8.4 CALCULO DE ASENTAMIENTOS

Al tratarse de construcciones de peso considerable, importancia y seguridad de la obra con el criterio de diseño que predomina es el de Asentamiento Tolerable para las zapatas que no fallara en los momentos de un sismo de importancia durante y después de los movimientos sísmicos.

DISTORSIÓN ANGULAR TOLERABLE

Según la tabla N° 8 del capítulo 3.00 de las Normas E-050 del R. N. E., la distorsión angular (θ) permisible para el tipo de edificación donde no se permiten grietas es 1/500.

ASENTAMIENTO DIFERENCIAL TOLERABLE

Para luces de pórticos de hasta 10.00m., con la distorsión angular anterior, se obtiene un asentamiento diferencial tolerable de 0.002m.

ASENTAMIENTO TOTAL TOLERABLE

Según los criterios de diseño de la Norma, el asentamiento total se puede estimar como el 133% del asentamiento diferencial para suelos granulares. Por lo tanto en este caso resulta un asentamiento total tolerable de 0.0266m. Es decir (1.05”).

ASENTAMIENTO PROBABLE

Por la magnitud de la carga y por las características del suelo de cimentación (Suelos de partículas gruesas con finos), el asentamiento posible debe ser menor que el máximo tolerable (1”).

CALCULO DE ASENTAMIENTO

Asentamiento a ocurrir

En los suelos de partículas gruesas con finos no saturados, como en este caso, predomina el asentamiento del tipo elástico, que se produce inmediatamente después de colocada la carga y dura poco tiempo. Este asentamiento (s) se calcula con la fórmula:

$$s = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$$

Donde:

q = Esfuerzo actuante (Qt), que se puede tomar igual a la capacidad admisible en Ton/m², asumiendo que se cargará hasta una carga similar.

B = Ancho de la cimentación (m)

μ = Relación de Poisson (adimensional)

Es = Módulo de elasticidad del suelo de cimentación (kg/cm²)

If = Factor de forma (que depende de la forma de la cimentación)

CALICATA : C - 1 E-2

Tipo de suelo: Grava mal graduada con limo

q (ton/m²) = 19.9

B (m) = 1.2

μ = 0.35

Es (kg/cm²) = 500

If cm/m = 1.01

SI= 0.42 cm - VALOR ACEPTABLE

CALICATA : C - 2 E-2

Tipo de suelo: Grava bien graduada

q (ton/m²) = 19.0

B (m) = 1.2

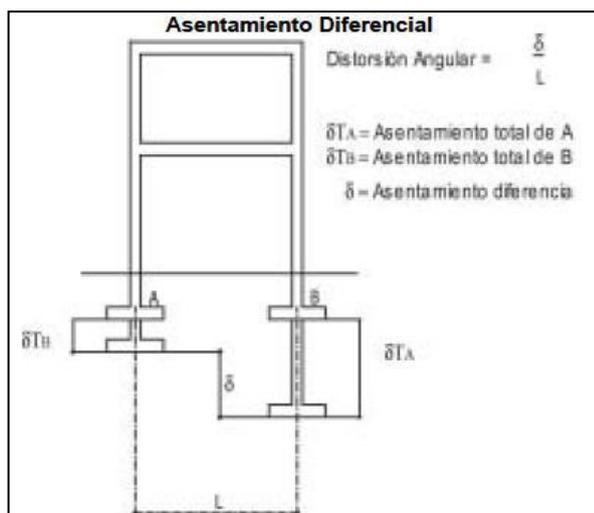
μ = 0.35

Es (kg/cm²) = 500

If cm/m = 1.01

SI= 0.40 cm - VALOR ACEPTABLE

En resumen, el asentamiento total a ocurrir es menor que el máximo tolerable, a pesar de estar considerando que la carga de trabajo será la misma que la carga admisible más alta; siendo correctas las dimensiones planteadas.



***Definición de asentamientos (Norma E-050 del RNE)**

En nuestro caso para suelos granulares el asentamiento diferencial se puede estimar como el 75% del asentamiento total.

8.5 RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACION

ANEXO I

FORMATO OBLIGATORIO DE LA HOJA DE RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN
Nombre del solicitante: Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN / Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO

ESTUDIO DE MECÁNICA SUELOS PARA DISEÑO DE LA CIMENTACIÓN
Nombre del proyecto de investigación: “DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”

HUANUCO – HUANUCO – HUANUCO

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE CIMENTACIÓN - MURO DE CONTENCIÓN	
Profesional Responsable (PR): Ing. Leónidas Villanueva Abal	Ing. Civil CIP: 78839
Tipo de Cimentación:	Superficial – Zapata continua
Estrato de apoyo de la cimentación:	Estrato 2 (suelo con clasificación GP GM Grava mal graduada con limo)
Profundidad de la Napa Freática: C-1 2.00 m / C-2 1.20 m	Fecha: Julio del 2022
Parámetros de Diseño de la Cimentación	
Profundidad de Cimentación:	1.80 m
Presión Admisible:	C-1 = 1.99 km/cm ² C-2 = 1.90 km/cm ²
Factor de Seguridad	3.00
Asentamiento Máximo Aceptable:	0.42 cm
Parámetros Sísmicos del suelo (De acuerdo a la Norma E.030)	
Zona Sísmica:	Z2
Tipo de perfil del suelo:	S2

Factor del suelo (S):	1.2
Periodo TP (s):	0.6
Periodo TL (s):	2.0
Agresividad del Suelo a la Cimentación: -	
Problemas Especiales de cimentación	
Licucación:	-
Colapso:	-
expansión:	-
Indicaciones Adicionales:	
<ul style="list-style-type: none"> - Se recomienda usar cemento tipo IP, a/c (máximo) = según diseño, $f'c$(mínimo)=210 kg/cm², recubrimiento mínimo=4cm), con aditivo impermeabilizante. - No debe cimentarse sobre turba, suelo orgánico, tierra vegetal, desmonte relleno sanitario o relleno artificial y estos materiales inadecuados deberán ser removidos en su totalidad antes de construir la estructura y ser remplazados con materiales adecuados debidamente compactados. proteger adecuadamente los sistemas de conducción de agua a fin de evitar fallas que generen la saturación de suelo. 	

8.6 PARAMETROS PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

La evaluación de la estabilidad del talud se deberá referir a la zona de relleno en cuya parte alta se procederá al corte, dejando paredes expuestas de material deleznable. En caso sean las necesidades del proyecto y al requerimiento de ganar terreno a desnivel, se tendrá que emplear un muro de contención, diseñado adecuadamente según el proyecto integral.

Nombre	Símbolo	C-1	C-2
		Valor	Valor
Peso unitario	γ	1.89 Tn/m ³	1.85 Tn/m ³
Cohesión	c	0.00 Kg/cm ²	0.00 Kg/cm ²
Angulo de fricción	ϕ	29.62°	29.21°
Coefficiente Activo Estático Ranking	K_a	0.338	0.344
Coefficiente Activo Estático Coulomb	K_a	0.313	0.318
Coefficiente en Reposo Estático	K_o	0.506	0.512
Coefficiente Pasivo Estático Ranking	K_p	2.954	2.906
Coefficiente Pasivo Estático Coulomb	K_p	2.216	2.193
Factor de Reducción del Empuje Pasivo para $\delta/\infty = 0$	R	0.470	0.470
Coefficiente Activo Dinámico	K_{as}	0.737	0.741
Coefficiente en Reposo Dinámico	K_{os}	0.700	0.700
Coefficiente Pasivo Dinámico	K_{ps}	2.511	2.470
Coefficiente de fricción bajo la cimentación	$\tan \delta$	0.449	0.449

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El contenido del presente Estudio sirve en la especialidad de Geotecnia y Mecánica de Suelos para el proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”**.

- El Estudio se realiza de acuerdo a la normativa vigente E-050 Suelos y Cimentaciones (aprobada por RM N° 406-2018-VIVIENDA), E-030 Diseño sismorresistente (aprobada por DS N°003-2016-VIVIENDA) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).
- Los objetivos del estudio son:
 - Obtener las características físico-mecánicas de los suelos que conforman el área en estudio.
 - Obtener las dimensiones de las cimentaciones en conformidad con las características físicas y mecánicas de los suelos de apoyo en las diferentes zonas del terreno.
 - Calcular los asentamientos de las cimentaciones.
- Los ensayos realizados siguen los procedimientos del ASTM, del SUCS y el ASSHTO, realizándose en el laboratorio de mecánica de suelos – asfalto – concreto y ensayo de materiales de construcción INVERSIONES EHEC S.C.R.L.

9.1 CONCLUSIONES

Considerando los estudios realizados y los resultados obtenidos en laboratorio, se tienen las siguientes conclusiones:

- En el área en estudio se realizó 02 calicatas con fines de cimentación.
- Los trabajos de campo así como excavación de calicatas, extracción de muestras, traslado de muestras y toma de datos de campo fueron realizados por personal designado por solicitante quien es el responsable de la veracidad de los resultados obtenidos en laboratorio.
- El suelo en su mayoría está formado por dos estratos, el suelo de mayor consolidación se encuentra por debajo de los 1.00 metros de profundidad.
- Los suelos están formados por la acción del intemperismo y eventos geológicos.
- Las unidades de rocas aflorantes dentro del área en estudio pertenecen al: **CENOZOICO**, a continuación se muestra la columna estratigráfica del área en estudio:

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIG-	COLUMNA	DESCRIPCION
---------	---------	-------	----------------------	---------	-------------

RAFICA					
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLO CENO	Depósitos Aluviales (Q-al)		matriz areno-limosa, clastos subangulosos a subredondeados seconsolidados

- El Subsuelo del terreno en estudio está conformado de la siguiente manera:

De acuerdo a los perfiles estratigráficos inferidos, y a la inspección realizada se concluye que el subsuelo está conformado de la siguiente manera:

Desde la superficie hasta la profundidad promedio de 0.00m a 1.00 m. Está formado por una capa de material de cobertura considerado relleno suelo coluvial y deluvial, esta capa está condicionada a la topografía del terreno; luego se tiene la presencia de un suelo conformado por grava mal graduada con limo, el cual se considera como suelo de fundación dentro del área en estudio, el suelo que conforma el área en estudio presenta una clasificación SUCS= (GP GM).

La estratigrafía dentro del área en estudio se considera homogénea.

- Dentro del área en estudio se halló la presencia de napa freática a profundidades superficiales de 1.20 metros.
- Los parámetros geotécnicos para los fines del cálculo de la cimentación se dan en el siguiente cuadro:

CALICATA	TIPO DE SUELO	COHESION KG/CM2	ANGULO DE FRICCION ϕ	PESO UNITARIO VOLUMETRICO TN/M3	PROFUNDIDAD DE CIMENTACION	CAPACIDAD ADMISIBLE $Q_a=KG/CM2$
C-1 E-2	GP GM	0.00	29.62	1.885	1.80 m	1.99
C-2 E-2	GP	0.00	29.21	1.847	1.80 m	1.90

- Se deberá cimentar en todo los casos sobre un suelo firme estable mejorando los suelos sensibles, siendo la profundidad mínima de cimentación:
 - Para todos los casos la profundidad mínima de cimentación deberá ser de 1.80 metros.
- La cimentación, será superficial, apoyados a la profundidad mínima de cimentación de acuerdo a la estructura:
 - Para nuestro caso la cimentación será con zapatas combinadas el cual deberá ser definido por el especialista en estructuras, para todas las estructuras planteadas dentro del proyecto.
- Dentro del informe se muestran los parámetros para el diseño de obras de sostenimiento ver capítulo 8.6.

- El área en estudio se encuentra comprendida en la Zona 2 con un factor de zona $Z=0.25$ correspondiéndole una sismicidad **MEDIA**, en la escala Mercalli Modificada con un suelo tipo S_2 = suelos intermedios, con un factor de suelo $S=1.2$, correspondientes a un periodo predominante de $T_p(s)=0.6$ y $T_l(s)=2.0$ segundos.

9.2 RECOMENDACIONES

Considerando los estudios realizados y las conclusiones señaladas en el ítem anterior, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- De la geodinámica externa del área en estudio no presenta riesgo de inundaciones, erosión, deslizamiento ni huaycos, Etc. En cuanto a la geodinámica interna se deberá considerar la actividad sísmica ya que el área en estudio se encuentra dentro de una zona sísmicamente **MEDIA**.
- Antes de la cimentación se recomienda mejorar el suelo de fundación por medios mecánicos como la compactación y falsas zapatas (solados).
- En el caso, que al nivel de cimentación se encuentra un lente o bolsón de suelos finos (arena, arcilla y/o limo) o de grava sin matriz arenosa, deberá profundizarse la excavación hasta sobrepasarlo en por lo menos 0.20 m y vaciar en la sobre excavación efectuada un falso cimiento de concreto pobre ciclópeo ($f'c = 100 \text{ Kg/cm}^2$).
- Se deberá prever que al momento de diseñar el proyecto se debe tener la uniformidad de la distribución de las cargas sobre el terreno a construir para no tener deformaciones laterales y deformaciones diferenciales.
- Se recomienda al proyectista que la cimentación se diseñara para evitar los asentamientos diferenciales mayores a los indicados; estas estructuras deben ser construidos para resistir sismos de magnitud **MEDIA**.
- Debido a la naturaleza del suelo puede usarse cualquier método de excavación, ya sea manual o mecánico, tener en cuenta que para profundidades mayores a 2m se debe realizar con sostenimiento para evitar deslizamientos o accidentes personales.

El presente informe solo es válido para el proyecto en estudio:

**“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO
HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO -
HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”**

JULIO DEL 2022



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

10. ANEXOS



INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

10.1 ENSAYOS DE LABORATORIO (CERTIFICADOS)

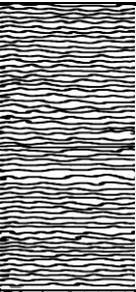


INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN"				
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO				
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO				
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO				
CALICATA:	C-1	ESTRATOS:	E-1 E-2	NIV. FREÁTICO :	2.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION				
PROFUNDIDAD:	3.00 m			UBICACION:	VER PLANO
FECHA:	JULIO DEL 2022				

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION		SIMBOLO	DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO
		SUCS	AASHTO			
1.00 m	E-1	Pt	A-8		Material de cobertura	
2.00 m	E-2	GP GM	A-1-a (1)		Grava mal graduada con limo	

* MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN"						
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO						
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO						
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO						
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-2	UBICACION:	VER PLANO	ESPESOR DEL ESTRATO:	2.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION						
FECHA:	JULIO DEL 2022						

PESO INICIAL:	5965.3 Gr.	% DE HUMEDAD:	7.17%	MUESTRA HUMEDA INICIAL:	2988.8 Gr.
FRACCION:	5965.3 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	2788.8 Gr.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION																																	
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: <h2 style="margin: 0;">94.81%</h2> Observaciones : <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">Modulo de fineza (MF)</td> <td style="width: 20%; text-align: right;">6.28</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Límite líquido LL</td> <td style="text-align: right;">NP</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Límite plástico LP</td> <td style="text-align: right;">NP</td> <td></td> </tr> <tr> <td>índice plasticidad IP</td> <td style="text-align: right;">NP</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Pasa tamiz Nº 4 (5mm):</td> <td style="text-align: right;">47.26</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> <tr> <td>Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):</td> <td style="text-align: right;">5.19</td> <td style="text-align: right;">%</td> </tr> <tr> <td>D60:</td> <td style="text-align: right;">9.55</td> <td style="text-align: right;">mm</td> </tr> <tr> <td>D30:</td> <td style="text-align: right;">1.67</td> <td style="text-align: right;">mm</td> </tr> <tr> <td>D10 (diámetro efectivo):</td> <td style="text-align: right;">0.32</td> <td style="text-align: right;">mm</td> </tr> <tr> <td>Coefficiente de uniformidad (Cu):</td> <td style="text-align: right;">29.67</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grado de curvatura (Cc):</td> <td style="text-align: right;">0.91</td> <td></td> </tr> </table>	Modulo de fineza (MF)	6.28		Límite líquido LL	NP		Límite plástico LP	NP		índice plasticidad IP	NP		Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	47.26	%	Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	5.19	%	D60:	9.55	mm	D30:	1.67	mm	D10 (diámetro efectivo):	0.32	mm	Coefficiente de uniformidad (Cu):	29.67		Grado de curvatura (Cc):	0.91	
Modulo de fineza (MF)	6.28																																						
Límite líquido LL	NP																																						
Límite plástico LP	NP																																						
índice plasticidad IP	NP																																						
Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	47.26	%																																					
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	5.19	%																																					
D60:	9.55	mm																																					
D30:	1.67	mm																																					
D10 (diámetro efectivo):	0.32	mm																																					
Coefficiente de uniformidad (Cu):	29.67																																						
Grado de curvatura (Cc):	0.91																																						
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00																																		
2"	50.8	262.30	4.40	4.40	95.60																																		
1 1/2"	38.1	554.10	9.29	13.69	86.31																																		
1"	25.4	381.50	6.40	20.08	79.92																																		
3/4"	19.05	400.80	6.72	26.80	73.20																																		
1/2"	12.7	465.20	7.80	34.60	65.40																																		
3/8"	9.525	324.90	5.45	40.04	59.96																																		
1/4"	6.35	355.20	5.95	46.00	54.00																																		
No 4	4.76	401.90	6.74	52.74	47.26																																		
No 8	2.6	654.30	10.97	63.71	36.29																																		
No 10	2	169.50	2.84	66.55	33.45																																		
No 16	1.18	513.80	8.61	75.16	24.84																																		
No 20	0.85	312.50	5.24	80.40	19.60																																		
No 30	0.6	269.40	4.52	84.91	15.09																																		
No 40	0.425	191.90	3.22	88.13	11.87																																		
No 50	0.3	135.10	2.26	90.40	9.60																																		
No 60	0.25	53.20	0.89	91.29	8.71																																		
No 80	0.18	50.60	0.85	92.14	7.86																																		
No 100	0.15	61.90	1.04	93.17	6.83																																		
No 200	0.074	97.80	1.64	94.81	5.19																																		
CAZOLETA	0.000	309.4	5.19	100.00	0.00																																		
TOTAL		5965.3	100.00																																				

Clasificación AAHSTO

Material granular

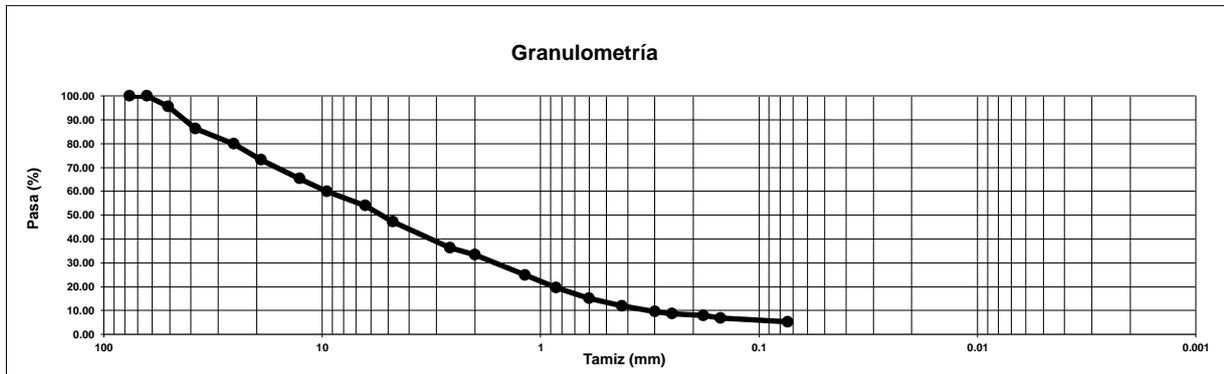
Excelente a bueno como subgrado

A-1-a (1) Fragmentos de roca, grava y arena

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas.(Nomenclatura con símbolo doble).

Grava mal graduada con limo GP GM





INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN"		
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO		
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO		
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO		
CALICATA:	C-1	UBICACION:	VER PLANO
ESTRATO:	E-2	ESPESOR DEL ESTRATO:	2.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION		
FECHA:	JULIO DEL 2022		
LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129			
N° DE GOLPES			
Suelo Húmedo + Tarro		NP	
Suelo seco + Tarro			
Peso de Tarro			
Peso del Agua			
Peso de Suelo Seco			
HUMEDAD %			
LIMITE PLASTICO NTP 339.129			
MUESTRA			
Suelo Húmedo + Tarro		NP	
Suelo seco + Tarro			
Peso de Tarro			
Peso del Agua			
Peso de Suelo Seco			
HUMEDAD %			
DETALLE	RESULTADOS		
Límite líquido LL	NP	%	
Límite plástico LP	NP	%	
Índice plasticidad IP	NP	%	
CURVA DE FLUIDEZ			

PROYECTO:	“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO
CALICATA:	C-1
ESTRATO:	E-2
DETALLE:	CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA
FECHA:	JULIO DEL 2022

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Superficial

Cota de Superficie (m) : 0.00
Fecha : 20/6/2022

A.- DATOS GENERALES

Angulo de Fricción Interna (Φ)	29.62	grados
Cohesión (c)	0.00	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Angulo de Fricción Interna corregido (Ψ_c)	29.62	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.00	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ_1)	0.965	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_2)	1.885	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.20	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.20	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.80	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	0.00	

Cimiento Rectangular

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = 29.246 \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = 17.627 \quad N_q = \gamma g^2 \left(4.5 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_y = 14.180 \quad N_y = 2(N_q + 1) \gamma g \phi$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.723 \quad S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1.682 \quad S_q = 1 + 0.4 \frac{B}{L}$$

$$S_y = 0.520$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 \quad i_c = i_q = \left(1 - \frac{\beta}{90} \right)^2$$

$$i_q = 1.000$$

$$i_v = 1.000 \quad i_v = \left(1 + \frac{\beta^2}{\phi} \right)^2$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$K_a = 0.338$$

$$K_p = 2.954$$

$$K_o = 0.506$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Cimiento Rectangular**

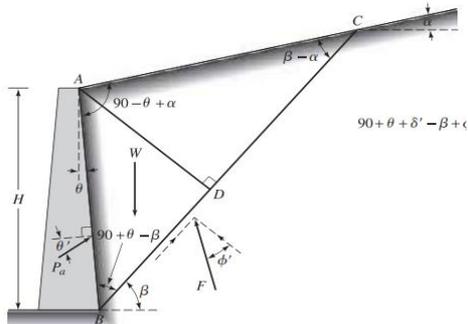
COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	q _a (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
-1.80	1.80	1.2	1.00	1.00	5.98	1.99	Cimiento Rectangular
-1.80	1.80	1.4	1.00	1.00	6.12	2.04	
-1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	6.26	2.09	
-2.00	2.00	1.2	1.00	1.00	6.56	2.19	
-2.00	2.00	1.4	1.00	1.00	6.70	2.23	
-2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	6.84	2.28	
-2.20	2.20	1.2	1.00	1.00	7.13	2.38	
-2.20	2.20	1.4	1.00	1.00	7.27	2.42	
-2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	7.41	2.47	
-2.40	2.40	1.2	1.00	1.00	7.70	2.57	
-2.40	2.40	1.4	1.00	1.00	7.84	2.61	
-2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	7.98	2.66	
-2.60	2.60	1.2	1.00	1.00	8.27	2.76	
-2.60	2.60	1.4	1.00	1.00	8.41	2.80	
-2.60	2.60	1.6	1.00	1.00	8.55	2.85	

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.99	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E_s	=	500	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	$S_{i(max)}$	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.20	m	
Factor de forma	I_f	=	1.01	m/m	$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$
Asentamiento	S_i	=	0.005	m	
Asentamiento	S_i	=	0.53	cm	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\beta_s}$
Presión por carga	q_{adm}	=	1.99	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.42	cm	OK !
	S_i	=	0.53	cm	OK !

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE SOSTENIMIENTO

Nombre	Símbolo	Valor
Peso unitario	γ	1.89 Tn/m3
Cohesión	c	0.00 Kg/cm2
Angulo de fricción	ϕ	29.62°
Coefficiente Activo Estático Ranking	K_a	0.338
Coefficiente Activo Estático Coulomb	K_a	0.313
Coefficiente en Reposo Estático	K_o	0.506
Coefficiente Pasivo Estático Ranking	K_p	2.954
Coefficiente Pasivo Estático Coulomb	K_p	2.216
Factor de Reducción del Empuje Pasivo para $\delta/\infty = 0$	R	0.470
Coefficiente Activo Dinámico	K_{as}	0.737
Coefficiente en Reposo Dinámico	K_{os}	0.700
Coefficiente Pasivo Dinámico	K_{ps}	2.511
Coefficiente de fricción bajo la cimentación	$\tan \delta$	0.449

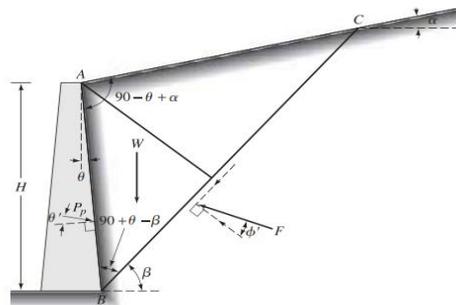


a. Presión activa de Coulomb

Otros Parámetros	
OCR	1.0
θ	0
d_a (delta activo)	10
α	0
d_p (*)	9.873

(*) CTE indica que d_p ha de ser $1/3 E'$

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi' - \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\delta' + \theta) \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\delta' + \phi') \sin(\phi' - \alpha)}{\cos(\delta' + \theta) \cos(\theta - \alpha)}} \right]^2}$$



b. Presión pasiva de Coulomb

$$K_p = \frac{\cos^2(\phi' + \theta)}{\cos^2 \theta \cos(\delta' - \theta) \left[1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi' - \delta') \sin(\phi' + \alpha)}{\cos(\delta' - \theta) \cos(\alpha - \theta)}} \right]^2}$$

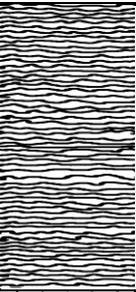
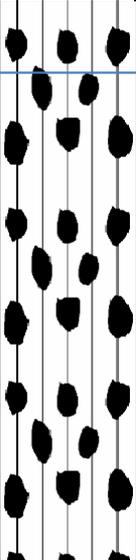
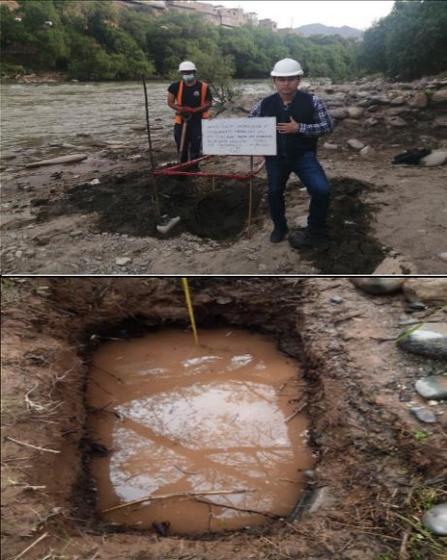


INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN"				
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO				
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO				
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO				
CALICATA:	C-2	ESTRATOS:	E-1 E-2	NIV. FREÁTICO :	1.20 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION				
PROFUNDIDAD:	3.00 m			UBICACION:	VER PLANO
FECHA:	JULIO DEL 2022				

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION		SIMBOLO	DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO
		SUCS	AASHTO			
1.00 m	E-1	Pt	A-8		Material de cobertura	
	NF 1.20 m ▼					
2.00 m	E-2	GP	A-1-a (1)		Grava mal graduada con bloques	

* MUESTRA PROPORCIONADA POR EL SOLICITANTE



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN"						
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO						
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO						
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO						
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2	UBICACION:	VER PLANO	ESPESOR DEL ESTRATO:	2.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION						
FECHA:	JULIO DEL 2022						

PESO INICIAL:	6211.7 Gr.	% DE HUMEDAD:	11.02%	MUESTRA HUMEDA INICIAL:	3463.5 Gr.
FRACCION:	6211.7 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	3119.7 Gr.

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO NTP 339.128

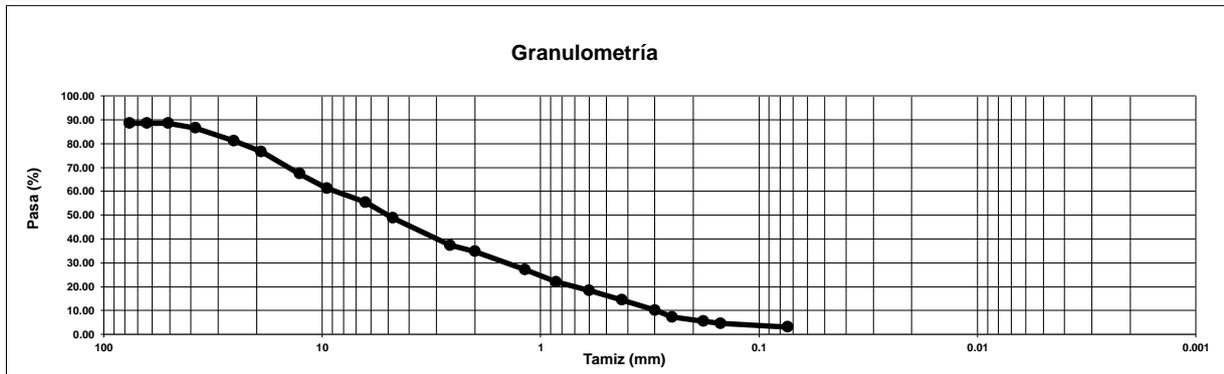
TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION
3"	76.2	705.60	11.36	11.36	88.64	Material granular equivalente a: <div style="font-size: 24px; font-weight: bold;">96.88%</div> Observaciones :
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	11.36	88.64	
2"	50.8	0.00	0.00	11.36	88.64	
1 1/2"	38.1	125.60	2.02	13.38	86.62	
1"	25.4	337.40	5.43	18.81	81.19	
3/4"	19.05	283.50	4.56	23.38	76.62	
1/2"	12.7	572.10	9.21	32.59	67.41	
3/8"	9.525	380.20	6.12	38.71	61.29	
1/4"	6.35	365.90	5.89	44.60	55.40	
No 4	4.76	405.10	6.52	51.12	48.88	
No 8	2.6	716.20	11.53	62.65	37.35	
No 10	2	155.40	2.50	65.15	34.85	
No 16	1.18	480.20	7.73	72.88	27.12	
No 20	0.85	317.60	5.11	77.99	22.01	
No 30	0.6	225.90	3.64	81.63	18.37	
No 40	0.425	239.40	3.85	85.49	14.51	
No 50	0.3	273.10	4.40	89.88	10.12	
No 60	0.25	178.20	2.87	92.75	7.25	
No 80	0.18	107.20	1.73	94.48	5.52	
No 100	0.15	60.80	0.98	95.46	4.54	
No 200	0.074	88.20	1.42	96.88	3.12	
CAZOLETA	0.000	194.1	3.12	100.00	0.00	Modulo de fineza (MF) 6.20 Límite líquido LL NP Límite plástico LP NP Índice plasticidad IP NP Pasa tamiz Nº 4 (5mm): 48.88 % Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm): 3.12 % D60: 8.83 mm D30: 1.49 mm D10 (diámetro efectivo): 0.30 mm Coefficiente de uniformidad (Cu): 29.63 Grado de curvatura (Cc): 0.84
TOTAL		6211.7	100.00	100.00	0.00	

Clasificación AAHSTO

Material granular
Excelente a bueno como subgrado
A-1-a (1) Fragmentos de roca, grava y arena

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio.
Grava mal graduada con bloques GP





INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN"		
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO		
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO		
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO		
CALICATA:	C-2	UBICACION:	VER PLANO
ESTRATO:	E-2	ESPESOR DEL ESTRATO:	2.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION		
FECHA:	JULIO DEL 2022		

LIMITES DE CONSISTENCIA NTP 339.129

N° DE GOLPES					
Suelo Húmedo + Tarro			NP		
Suelo seco + Tarro					
Peso de Tarro					
Peso del Agua					
Peso de Suelo Seco					
HUMEDAD %					

LIMITE PLASTICO NTP 339.129

MUESTRA					
Suelo Húmedo + Tarro			NP		
Suelo seco + Tarro					
Peso de Tarro					
Peso del Agua					
Peso de Suelo Seco					
HUMEDAD %					

DETALLE	RESULTADOS		
Límite líquido LL	NP	%	
Límite plástico LP	NP	%	
Índice plasticidad IP	NP	%	

CURVA DE FLUIDEZ

PROYECTO:	“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO
CALICATA:	C-2
ESTRATO:	E-2
DETALLE:	CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA
FECHA:	JULIO DEL 2022

CAPACIDAD DE CARGA - Cimentación Superficial

Cota de Superficie (m) : 0.00
Fecha : 20/6/2022

A.- DATOS GENERALES

Angulo de Fricción Interna (Φ)	29.21	grados
Cohesión (c)	0.00	kg/cm ²
Tipo de falla por corte	General	
Angulo de Fricción Interna corregido (Ψ_c)	29.21	grados
Cohesión corregida (c) _c	0.00	kg/cm ²
Peso Unitario de Sobre Carga (γ_1)	0.974	gr/cm ³
Peso Unitario del Suelo de Cimentación (γ_2)	1.847	gr/cm ³
Relación Ancho / Largo (B/L)	1.20	(1.0 si es circular o cuadrada)
Ancho (diámetro) Inicial de la Cimentación	1.20	m
Incremento de base (Δb)	0.20	m
Cota de Terreno bajo piso terminado	0.00	m
Profundidad de Desplante (Df)	1.80	m (0.0 si es indeterminado)
Incremento de profundidad (ΔDf)	0.20	m
Posición del Nivel Freático (N.F.)	50.0	m (50m si no presenta)
Inclinación de la carga	0.0	grados
Factor de Seguridad (F.S.assume 3.0)	3.00	
Clasificación SUCS del suelo de cimentación	0.00	

Cimiento Rectangular

B.- FACTORES DE CAPACIDAD DE CARGA

$$N_c = 28.320 \quad N_c = (N_q - 1) \cot \phi$$

$$N_q = 16.834 \quad N_q = \gamma g^2 \left(4.5 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$$

$$N_y = 13.279 \quad N_y = 2(N_q + 1) \gamma g \phi$$

C.- FACTORES DE FORMA

$$S_c = 1.713 \quad S_c = 1 + \frac{B N_q}{L N_c}$$

$$S_q = 1.671 \quad S_q = 1 + 0.4 \frac{B}{L}$$

$$S_y = 0.520$$

D.- FACTORES DE INCLINACIÓN

$$i_c = 1.000 \quad i_c = i_q = \left(1 - \frac{\beta}{90} \right)^2$$

$$i_q = 1.000$$

$$i_v = 1.000 \quad i_v = \left(1 + \frac{\beta^2}{\phi} \right)^2$$

E.- COEFICIENTES DE PRESION LATERAL

$$K_a = 0.344$$

$$K_p = 2.906$$

$$K_o = 0.512$$

NOTA: Coeficientes de empuje encontrados según Rankine.

F.- CAPACIDAD ADMISIBLE

Cimentación sugerida **Cimiento Rectangular**

COTA RELATIVA	DESPLANTE Df (m)	ANCHO B (m)	FACTORES POR N.F. W	W'	q _a (kg/cm ²)	q _{adm} (kg/cm ²)	Detalle
-1.80	1.80	1.2	1.00	1.00	5.70	1.90	Cimiento Rectangular
-1.80	1.80	1.4	1.00	1.00	5.82	1.94	
-1.80	1.80	1.6	1.00	1.00	5.95	1.98	
-2.00	2.00	1.2	1.00	1.00	6.24	2.08	
-2.00	2.00	1.4	1.00	1.00	6.37	2.12	
-2.00	2.00	1.6	1.00	1.00	6.50	2.17	
-2.20	2.20	1.2	1.00	1.00	6.79	2.26	
-2.20	2.20	1.4	1.00	1.00	6.92	2.31	
-2.20	2.20	1.6	1.00	1.00	7.05	2.35	
-2.40	2.40	1.2	1.00	1.00	7.34	2.45	
-2.40	2.40	1.4	1.00	1.00	7.47	2.49	
-2.40	2.40	1.6	1.00	1.00	7.60	2.53	
-2.60	2.60	1.2	1.00	1.00	7.89	2.63	
-2.60	2.60	1.4	1.00	1.00	8.02	2.67	
-2.60	2.60	1.6	1.00	1.00	8.14	2.71	

G.- ASENTAMIENTO (S_i)

Presión por carga admisible	q_{adm}	=	1.90	Kg/cm ²	
Relación de Poisson	μ	=	0.35		
Módulo de Elasticidad	E_s	=	500	Kg/cm ²	
Asentamiento permisible	$S_{i(max)}$	=	2.54	cm	
Ancho de la cimentación	B	=	1.20	m	
Factor de forma	I_f	=	1.01	m/m	$S_i = \frac{q B (1 - \mu^2)}{E_s} I_f$
Asentamiento	S_i	=	0.005	m	
Asentamiento	S_i	=	0.53	cm	$I_f = \frac{\sqrt{L}}{\beta_s}$
Presión por carga	q_{adm}	=	1.90	Kg/cm ²	
Presión de carga asumida por asentamiento	q_{adm}	=	2.50	Kg/cm ²	
	S_i	=	0.40	cm	OK !
	S_i	=	0.53	cm	OK !



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF-036-2021

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 2105
Solicitante INVERSIONES EHEC SOCIEDAD COMERCIAL DE RI
Dirección BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS (FTE A LA UNHEVAL ENTRADA A LAS FLORES)
HUANUCO - HUANUCO - PILLCO MARCA

Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado MAQUINA DE CORTE DIRECTO DIRECTO RESIDUAL

Alcance de Indicación NO INDIC. 0

Marca (o Fabricante) KAIZACORP

Modelo STZYJ-6

Número de Serie 190524

Identificación NO INDICA

Procedencia CHINA

Indicador de Lectura DIGITAL

A: Marca (o Fabricante) NO INDICA

Modelo YBD10

Número de Serie NO INDICA

Alcance 10,0 mm

Div.Min 0,01 mm

B: Marca INS

Modelo 2307-1 0

Serie 664

Alcance 1"

Div.Min 0.001"

Fecha de Calibración 2021-09-14

Lugar de Calibración LABORATORIO DE FUERZA DE CALIBRACIONES PERU SAC

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración

2021-09-14



ROBERTO QUINTO C
APROBADO

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LMF-036-2021

Laboratorio de Fuerza

Pág. 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376, Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizó patrón calibrado con trazabilidad al SI, calibrado por la Pontificia Universidad Católica del Perú Con Certificado N° INF - LE 238-19

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	ERROR MEDIO		INCERTIDUMBRE
		Primera	Segunda	Tercera		N	b(%)	
%	KGF	F1(N)	F2(N)	F3(N)	N	N	b(%)	
10	10	99.0	99.0	99.0	99.0	0.62	0.20	
20	20	197.0	197.0	197.0	197.0	0.54	0.20	
30	30	296.0	296.0	296.0	296.0	0.80	0.20	
40	40	396.0	396.0	396.0	396.0	3.40	0.20	
50	50	491.0	491.0	491.0	491.0	0.00	0.20	
60	60	589.0	589.0	589.0	589.0	0.93	0.20	
70	70	687.0	687.0	687.0	687.0	0.20	0.20	
80	80	784.0	784.0	784.0	784.0	0.07	0.20	
90	90	883.0	883.0	883.0	883.0	0.07	0.20	
100	100	981.0	981.0	981.0	981.0	0.01	0.20	
Lectura máquina en cero		0	0	0	----	0	0	

Temperatura promedio durante los ensayos 18.0 °C; Varación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 100% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Fin del documento





INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”		
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO		
UBICACIÓN:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO		
CALICATA:	C-1	PROFUNDIDAD	3.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION		
FECHA:	JULIO DEL 2022		

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	Kg/cm ²		0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	cm		2.1	1.58	2.1	1.15	2.1	1.06
Diametro	cm		4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Humedad	%		7.85	5.32	7.85	3.32	7.85	1.52
Densidad Seca	g/cm ³		2.213	2.950	2.213	4.043	2.213	4.384
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05	0.13	0.06
0.10	0.04	0.07	0.10	0.08	0.07	0.10	0.19	0.09
0.20	0.05	0.09	0.20	0.10	0.09	0.20	0.35	0.16
0.35	0.07	0.12	0.35	0.15	0.13	0.35	0.52	0.23
0.50	0.10	0.18	0.50	0.22	0.19	0.50	0.65	0.29
0.75	0.16	0.28	0.75	0.32	0.29	0.75	0.82	0.37
1.00	0.18	0.33	1.00	0.39	0.35	1.00	0.97	0.43
1.25	0.21	0.38	1.25	0.46	0.41	1.25	1.09	0.49
1.50	0.24	0.43	1.50	0.53	0.47	1.50	1.22	0.55
1.75	0.27	0.49	1.75	0.58	0.52	1.75	1.32	0.60
2.00	0.30	0.54	2.00	0.63	0.56	2.00	1.42	0.64
2.50	0.34	0.62	2.50	0.70	0.63	2.50	1.59	0.71
3.00	0.37	0.67	3.00	0.78	0.70	3.00	1.71	0.77
3.50	0.40	0.72	3.50	0.83	0.75	3.50	1.79	0.81
4.00	0.42	0.76	4.00	0.89	0.80	4.00	1.87	0.84
4.50	0.44	0.79	4.50	0.92	0.83	4.50	1.93	0.87
5.00	0.45	0.82	5.00	0.95	0.85	5.00	1.97	0.89
6.00	0.47	0.84	6.00	0.98	0.88	6.00	2.02	0.91
7.00	0.48	0.87	7.00	0.99	0.89	7.00	2.02	0.91
8.00	0.48	0.87	8.00	1.00	0.90	8.00	2.03	0.91
9.00	0.48	0.87	9.00	0.99	0.89	9.00	2.04	0.92
10.00	0.48	0.87	10.00	0.98	0.88	10.00	2.02	0.91

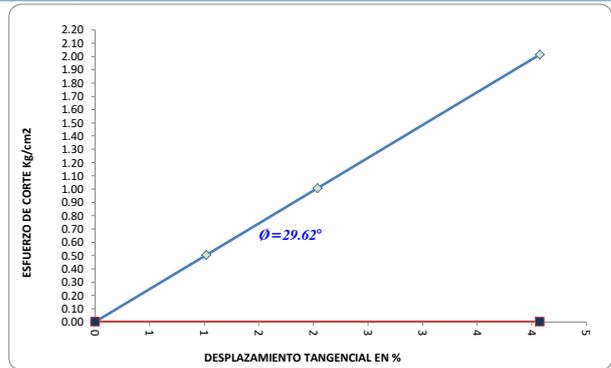
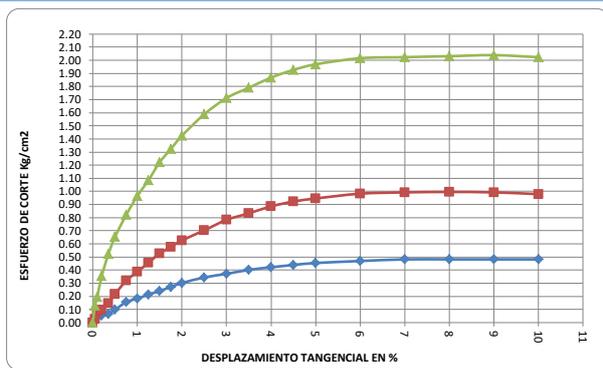


INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”			
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO			
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO			
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO			
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-2	PROFUNDIDAD DE ENSAYO: = +RES ULTADOS:H6
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION			
FECHA:	JULIO DEL 2022			

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



RESULTADOS :	ϕ	=	29.62 °
	C	=	0.00 Kg/cm2

SUCS	GP GM
ASHTO	A-1-a (1)

PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO	1.885Gr/Cm3
---------------------------------------	-------------



INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO - HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”		
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO		
UBICACIÓN:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO		
CALICATA:	C-2	PROFUNDIDAD	3.00 m
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION		
FECHA:	JULIO DEL 2022		

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236

DATOS DEL ESPECIMEN			ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
Esfuerzo Normal	Kg/cm ²		0.56		1.11		2.22	
Etapa			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	cm		2.1	1.58	2.1	1.15	2.1	1.06
Diametro	cm		4.80	4.80	4.80	4.80	4.80	4.80
Humedad	%		6.32	5.23	6.32	4.21	6.32	2.41
Densidad Seca	g/cm ³		2.174	2.898	2.174	3.972	2.174	4.307
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²	Deformacion Tangencial %	Esfuerzo de Corte Kg/cm ²	Esfuerzo Normalizado Kg/cm ²
0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0.00	0.00	0.00
0.05	0.01	0.02	0.05	0.03	0.02	0.05	0.13	0.06
0.10	0.04	0.07	0.10	0.08	0.07	0.10	0.19	0.09
0.20	0.05	0.09	0.20	0.09	0.08	0.20	0.35	0.16
0.35	0.07	0.12	0.35	0.14	0.13	0.35	0.51	0.23
0.50	0.10	0.18	0.50	0.21	0.19	0.50	0.64	0.29
0.75	0.16	0.28	0.75	0.31	0.28	0.75	0.80	0.36
1.00	0.18	0.33	1.00	0.38	0.34	1.00	0.94	0.42
1.25	0.21	0.38	1.25	0.45	0.40	1.25	1.06	0.48
1.50	0.24	0.43	1.50	0.51	0.46	1.50	1.19	0.54
1.75	0.27	0.49	1.75	0.56	0.51	1.75	1.29	0.58
2.00	0.30	0.54	2.00	0.61	0.55	2.00	1.39	0.63
2.50	0.34	0.62	2.50	0.69	0.62	2.50	1.55	0.70
3.00	0.37	0.67	3.00	0.76	0.69	3.00	1.67	0.75
3.50	0.40	0.72	3.50	0.81	0.73	3.50	1.75	0.79
4.00	0.42	0.76	4.00	0.87	0.78	4.00	1.82	0.82
4.50	0.44	0.79	4.50	0.90	0.81	4.50	1.88	0.85
5.00	0.45	0.82	5.00	0.92	0.83	5.00	1.92	0.86
6.00	0.47	0.84	6.00	0.96	0.86	6.00	1.97	0.89
7.00	0.48	0.87	7.00	0.97	0.87	7.00	1.98	0.89
8.00	0.48	0.87	8.00	0.97	0.88	8.00	1.98	0.89
9.00	0.48	0.87	9.00	0.97	0.87	9.00	1.99	0.90
10.00	0.48	0.87	10.00	0.96	0.86	10.00	1.98	0.89

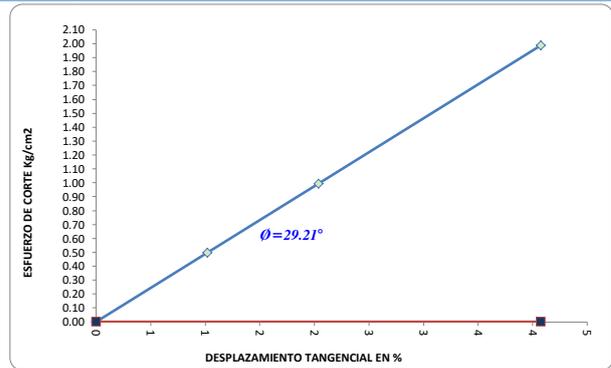
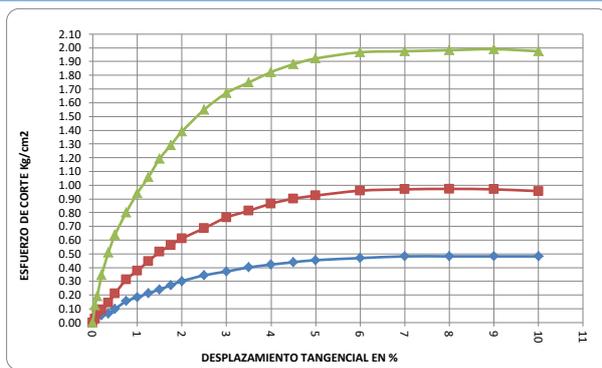


INVERSIONES EHEC S.C.R.L. PERÚ

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS – ASFALTO – CONCRETO Y
ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	“DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA, TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN”			
UBICACION:	HUANUCO - HUANUCO - HUANUCO			
PROPIETARIO:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO			
SOLICITA:	Bach. CUBAS VILLEGAS, RONAL IVÁN Bach. OCAÑA VÁSQUEZ, JOSÉ FLORENTINO			
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2	PROFUNDIDAD DE ENSAYO: = +RES ULTADOS:H6
DETALLE:	CALICATA PARA CIMENTACION			
FECHA:	JULIO DEL 2022			

CORTE DIRECTO ASTM D - 3080, AASHTO T - 236



RESULTADOS :

ϕ	=	29.21 °
C	=	0.00 Kg/cm ²

SUCS	GP
ASHTO	A-1-a (1)

PESO UNITARIO VOLUMETRICO SECO	1.847Gr/Cm ³
--------------------------------	-------------------------



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-205-2022

Página: 1 de 3

Expediente : 053-2022
Fecha de Emisión : 2022-03-30

1. Solicitante : INVERSIONES EHEC S.R.L.

Dirección : BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de Serie : 8336460644

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 10 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-03-28

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de INVERSIONES EHEC S.R.L.
URB. SAN ANDRÉS MZ. C LOTE 6 - PILLCO MARCA - HUÁNUCO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-205-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Minima	Máxima
Temperatura	21,3	21,6
Humedad Relativa	70,0	70,9

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 992 g para una carga de 30 000 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRAZA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 21,3			Final 21,4		
	Carga L1= 15 000,0 g			Carga L2= 30 000,0 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,5	0,0
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,9	-0,4
3	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,6	-0,1
4	15 000	0,6	-0,1	30 001	0,8	0,7
5	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,9	-0,4
7	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,6	-0,1
8	15 000	0,9	-0,4	30 001	0,7	0,8
9	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,5	0,0
10	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,9	-0,4
Diferencia Máxima	0,4			1,2		
Error máximo permitido ±	20 g			± 30 g		



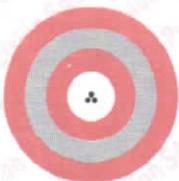
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	F (g)	E _c (g)
1	10,0	10	0,8	-0,3	10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,3
2		10	0,5	0,0		10 000	0,9	0,4	-0,4
3		10	0,9	-0,4		10 001	0,6	0,9	1,3
4		10	0,6	-0,1		10 001	0,7	0,8	0,9
5		10	0,7	-0,2		10 000	0,8	-0,3	-0,1

Temp. (°C) Inicial: 21,4 Final: 21,5

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	F (g)	E _c (g)	
10,0	10	0,8	-0,3						
20,0	20	0,6	-0,1	0,2	20	0,5	0,0	0,3	10
500,0	500	0,9	-0,4	-0,1	500	0,9	-0,4	-0,1	10
2 000,0	2 000	0,5	0,0	0,3	2 000	0,6	-0,1	0,2	10
5 000,0	5 000	0,9	-0,4	-0,1	5 000	0,8	-0,3	0,0	10
7 000,0	7 000	0,6	-0,1	0,2	7 000	0,5	0,0	0,3	20
10 000,0	10 000	0,5	0,0	0,3	10 000	0,9	-0,4	-0,1	20
15 000,0	15 000	0,7	-0,2	0,1	15 000	0,6	-0,1	0,2	20
20 000,0	20 001	0,8	0,7	1,0	20 000	0,5	0,0	0,3	20
25 000,0	25 000	0,6	-0,1	0,2	25 001	0,7	0,8	1,1	30
30 000,0	30 000	0,9	-0,4	-0,1	30 000	0,9	-0,4	-0,1	30

Temp. (°C) Inicial: 21,5 Final: 21,6

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 1,78 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

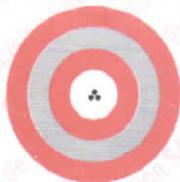
$$U_R = 2 \sqrt{4,15 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 1,32 \times 10^{-5} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 148 - 2022

Página : 1 de 4

Expediente : 053-2022
Fecha de emisión : 2022-03-29

1. Solicitante : INVERSIONES EHEC S.R.L.

Dirección : BL. SAN ANDRES MZA. B LOTE. 08 URB. CORAZON DE JESUS - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : PYS EQUIPOS
Modelo del Equipo : STHX-1A
Serie del Equipo : 17838
Capacidad del Equipo : 71 L

Marca de indicador : AUTCOMP
Modelo de indicador : TGD
Serie de indicador : NO INDICA
Temperatura calibrada : 110 °C

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración

URB. SAN ANDRÉS MZ. C LOTE 8 - PILLCO MARCA - HUÁNUCO
28 - MARZO - 2022

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	APPLENT	0093-TPES-C-2021	INACAL - DM

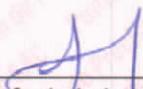
6. Condiciones Ambientales

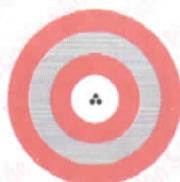
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,7	22,0
Humedad %	66	65

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 148 - 2022

Página : 2 de 4

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔTMax. - TMin. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	112,5	121,4	119,3	112,5	112,8	119,5	114,3	113,5	115,9	113,9	114,2	116,7	8,9
2	111,2	121,2	119,2	111,6	111,4	118,0	113,4	112,0	115,4	112,7	113,0	114,8	9,8
4	110,2	121,0	118,7	111,4	111,1	117,5	113,2	111,3	115,2	112,5	112,8	114,5	9,9
6	110,0	121,0	118,6	110,8	110,4	116,8	112,5	111,0	114,5	112,2	112,0	114,0	10,6
8	110,0	120,9	116,0	110,0	110,3	116,0	112,1	110,8	114,2	112,1	111,5	113,4	10,9
10	109,8	119,2	115,2	109,7	109,4	115,8	111,3	110,4	113,8	111,0	111,0	112,7	9,8
12	109,0	118,6	114,3	108,2	109,0	115,0	110,0	109,8	112,0	110,5	110,0	111,7	10,4
14	112,5	121,4	119,3	112,5	112,8	119,5	114,3	113,5	115,9	113,9	114,2	115,7	8,9
16	111,2	121,2	119,2	111,6	111,4	118,0	113,4	112,0	115,4	112,7	113,0	114,8	9,8
18	110,2	121,0	118,7	111,4	111,1	117,5	113,2	111,3	115,2	112,5	112,8	114,5	9,9
20	110,0	121,0	118,6	110,8	110,4	116,8	112,5	111,0	114,5	112,2	112,0	114,0	10,6
22	110,0	120,9	116,0	110,0	110,3	116,0	112,1	110,8	114,2	112,1	111,5	113,4	10,9
24	109,8	119,2	115,2	109,7	109,4	115,8	111,3	110,4	113,8	111,0	111,0	112,7	9,8
26	109,0	118,6	114,3	108,2	109,0	115,0	110,0	109,8	112,0	110,5	110,0	111,7	10,4
28	112,5	121,4	119,3	112,5	112,8	119,5	114,3	113,5	115,9	113,9	114,2	115,7	8,9
30	111,2	121,2	119,2	111,6	111,4	118,0	113,4	112,0	115,4	112,7	113,0	114,8	9,8
32	110,2	121,0	118,7	111,4	111,1	117,5	113,2	111,3	115,2	112,5	112,8	114,5	9,9
34	110,0	121,0	118,6	110,8	110,4	116,8	112,5	111,0	114,5	112,2	112,0	114,0	10,6
36	110,0	120,9	116,0	110,0	110,3	116,0	112,1	110,8	114,2	112,1	111,5	113,4	10,9
38	109,8	119,2	115,2	109,7	109,4	115,8	111,3	110,4	113,8	111,0	111,0	112,7	9,8
40	109,0	118,6	114,3	108,2	109,0	115,0	110,0	109,8	112,0	110,5	110,0	111,7	10,4
42	112,5	121,4	119,3	112,5	112,8	119,5	114,3	113,5	115,9	113,9	114,2	115,7	8,9
44	111,2	121,2	119,2	111,6	111,4	118,0	113,4	112,0	115,4	112,7	113,0	114,8	9,8
46	110,2	121,0	118,7	111,4	111,1	117,5	113,2	111,3	115,2	112,5	112,8	114,5	9,9
48	110,0	121,0	118,6	110,8	110,4	116,8	112,5	111,0	114,5	112,2	112,0	114,0	10,6
50	110,0	120,9	116,0	110,0	110,3	116,0	112,1	110,8	114,2	112,1	111,5	113,4	10,9
52	109,8	119,2	115,2	109,7	109,4	115,8	111,3	110,4	113,8	111,0	111,0	112,7	9,8
54	109,0	118,6	114,3	108,2	109,0	115,0	110,0	109,8	112,0	110,5	110,0	111,7	10,4
56	112,5	121,4	119,3	112,5	112,8	119,5	114,3	113,5	115,9	113,9	114,2	115,7	8,9
58	111,2	121,2	119,2	111,6	111,4	118,0	113,4	112,0	115,4	112,7	113,0	114,8	9,8
60	110,2	121,0	118,7	111,4	111,1	117,5	113,2	111,3	115,2	112,5	112,8	114,5	9,9
T. PROM	110,5	120,5	117,5	110,7	110,7	117,1	112,5	111,4	114,5	112,2	112,2	113,9	
T. MAX	112,5	121,4	119,3	112,5	112,8	119,5	114,3	113,5	115,9	113,9	114,2		
T. MIN	109,0	118,6	114,3	108,2	109,0	115,0	110,0	109,8	112,0	110,5	110,0		
DTT	3,5	2,8	5,0	4,3	3,8	4,5	4,3	3,7	3,9	3,4	4,2		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	121,4	0,4
Mínima Temperatura Medida	108,2	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	5,0	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	9,9	0,3
Estabilidad Media (±)	2,5	0,02
Uniformidad Media	10,9	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

Este documento es propiedad de PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. y no puede ser reproducido sin autorización de PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



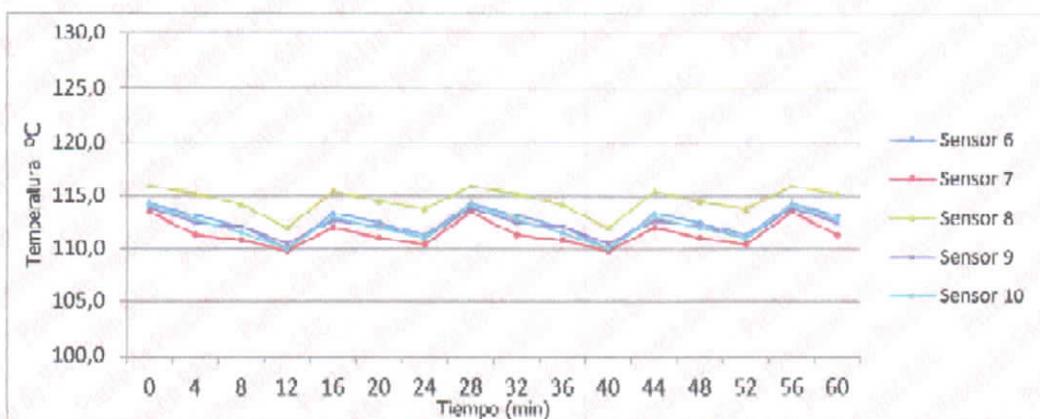
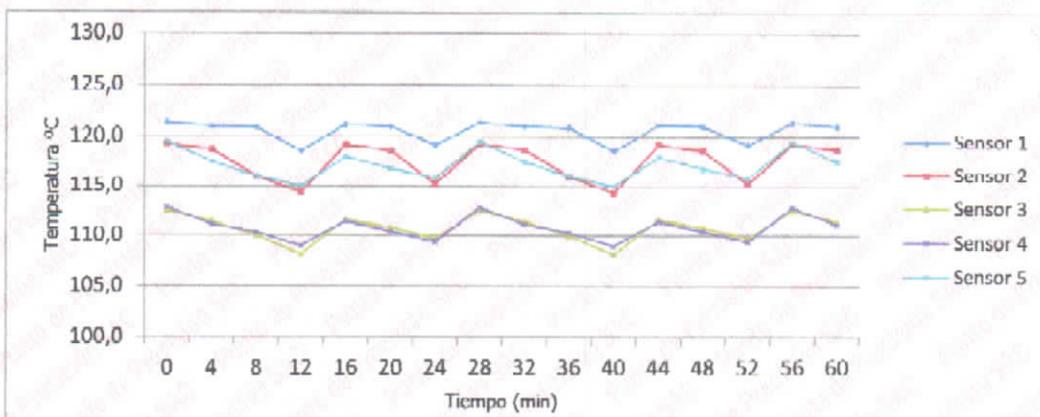
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 148 - 2022

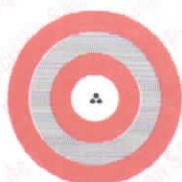
Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Luayza Capulha
Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

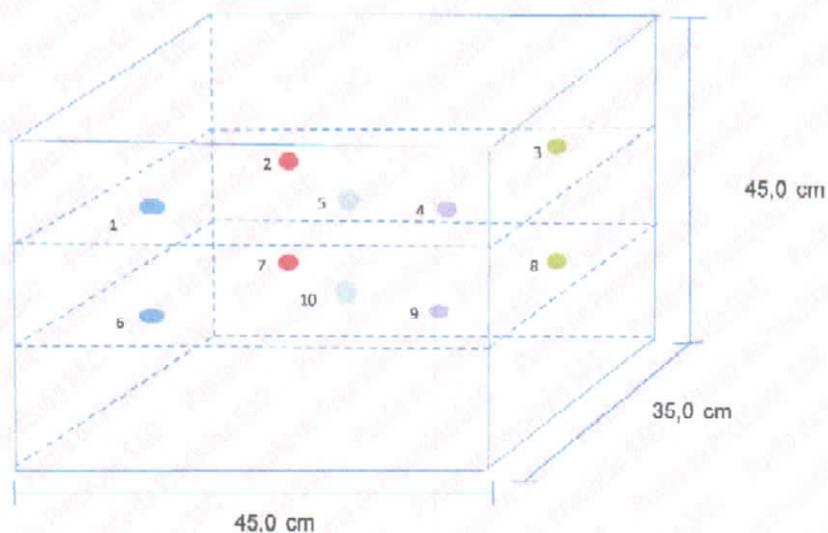
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 148 - 2022

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, JORGE LUIS MEZA RIVAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - HUARAZ, asesor de Tesis titulada: "DETERMINACIÓN HIDROLÓGICA Y MODELAMIENTO HIDRÁULICO DEL RÍO HUALLAGA TRAMO PUENTE SAN SEBASTIÁN - PUENTE CALICANTO – HUÁNUCO, CON FINES DE PROTECCIÓN", cuyos autores son CUBAS VILLEGAS RONAL IVÁN, OCAÑA VASQUEZ JOSE FLORENTINO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 28.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

HUARAZ, 23 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JORGE LUIS MEZA RIVAS DNI: 17902304 ORCID: 0000-0002-4258-4097	Firmado electrónicamente por: JLMEZAR el 23-03- 2023 14:54:06

Código documento Trilce: TRI - 0538170