

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZÁN DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“INFLUENCIA GEOMORFOLOGICA E HIDRODINAMICA DEL RIO
HUALLAGA EN LA CARACTERIZACION DE TRANSPORTE DE
SEDIMENTOS ENTRE AMBO Y HUANUCO”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

TESISTA:

SHERLY MILAGROS, HUANCA HUARACA

ASESOR:

**Dr. ERASMO FERNÁNDEZ SIXTO
HUÁNUCO – PERÚ**

2019

DEDICATORIA

A Dios, por no abandonarme en los momentos difíciles y guiarme en cada una de mis decisiones. Y a mis padres.

RESUMEN

El transporte de sedimentos es un fenómeno complejo que nos permite comprender cualitativa y cuantitativamente el desplazamiento de estos para tener un control de volumen y sus características texturales. Este fenómeno depende de la geomorfología e hidrodinámica, por ello es necesario establecer su nivel de influencia en la caracterización del transporte de los sedimentos a lo largo del río Huallaga entre Ambo y Huánuco, se efectuó:

Un estudio de campo, laboratorio y gabinete que consta de un mapeo geológico, aforos con ADCP y extracción de sedimentos colocando canastillas metálicas de los cuales se hicieron ensayos de granulometría, identificación de forma, el peso específico de las partículas y su densidad, para ver su estratigrafía con el cual se desarrolló ecuaciones variación de diámetro versus longitud .

Por último en la etapa de gabinete se analizó parámetros morfo métricos y el número de curva con la ayuda del ARC GIS para caracterizar la cuenca y hallar el caudal con el método SCS y el software HEC HMS para un periodo de retorno de 25 años dándonos un caudal final en la intersección rio Huertas y Huallaga de $366.7 \text{ m}^3/\text{s}$ y en el puente San Sebastián de de $373.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Con todos estos datos se hizo una simulación del transporte de sedimentos en el programa HEC RAS.

Las muestras de sedimentos se presentaron en un mayor rango en zonas cóncavas con poca pendiente donde las velocidad es extremadamente baja

por lo que el esfuerzo cortante correspondiente es igualmente bajo y la capacidad de transporte es mayor en las zonas socavadas observándose para todos los casos que las características de estos varían con el tiempo de inducción y la velocidad de transporte.

SUMMARY

Sediment transport is a complex phenomenon that allows us to understand qualitatively and quantitatively the displacement of these to have a volume control and its textural characteristics. This phenomenon depends on geomorphology and hydrodynamics, so it is necessary to establish its level of influence on the characterization of sediment transport along the Huallaga river between Ambo and Huánuco, it was carried out:

A field study, laboratory and cabinet consisting of a geological mapping, gauging with ADCP and sediment extraction by placing metal baskets of which granulometry tests were made, shape identification, the specific weight of the particles and their density, to see its stratigraphy with which equations of variation in diameter versus length were developed.

Finally, in the cabinet stage, metric morpho parameters and the curve number were analyzed with the help of the ARC GIS to characterize the basin and find the flow rate with the SCS method and the HEC HMS software for a return period of 25 years giving us a final flow at the intersection of the Huertas and Huallaga river of 366.7 m³ / s and at the San Sebastián bridge of 373.1 m³ / s. With all these data a simulation of sediment transport was made in the HEC RAS program.

The sediment samples were presented in a greater range in concave areas with little slope where the speed is extremely low so the corresponding shear stress is equally low and the transport capacity is greater in the

undermined areas being observed for all cases that Characteristics of these vary with induction time and transport speed.

ÍNDICE

RESUMEN	III
SUMMARY	V
ÍNDICE.....	VII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	X
ÍNDICE DE TABLAS	XII
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. FUNDAMENTOS DEL PROBLEMA.....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	2
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	2
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	3
2.1. REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS	3
2.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES.....	7
2.2.1.1 Morfología del sistema fluvial	9
2.2.2.1 Velocidad de la corriente y caudal.....	14
2.2.2.2 Parámetros hidrológicos	15
2.2.2.3 Calibración del modelo	18
2.2.2.4 Distribución de velocidades	18
2.2.3.1 Características del sedimento	20
2.2.3.2 Transporte de sedimentos	21
2.3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS.....	22
2.3.1. OBJETIVO GENERAL	22
2.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	22
2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	22
2.5. LIMITACIONES Y ALCANCES	23
2.6. HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECÍFICAS	24
2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL	24
2.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	24
2.7. SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	25

2.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE.....	25
2.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE	25
2.8 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES	27
2.9. UNIVERSO / POBLACIÓN Y MUESTRA.....	28
2.9.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO / POBLACIÓN	28
2.9.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA.....	28
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	30
3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.2.1. ETAPA BIBLIOGRÁFICA:.....	31
3.2.2. ESTUDIO DE CAMPO:	31
3.2.3. LABORATORIO:	32
3.2.4. ETAPA DE GABINETE	32
3.3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO.....	33
3.3.1. ESTUDIO DE CAMPO	33
3.3.1.1. Aforo	34
3.3.1.2 Extracción de sedimentos	35
3.3.2. LABORATORIO:	35
3.3.2.1. Estudio Granulométrico	35
3.3.2.2. Peso Unitario Suelto y compacto seco.....	39
3.3.2.3. Gravedad Específica y Absorción de los Agregados.....	42
3.3.2.4. Determinación de Partículas Chatas y Alargadas	46
3.3.2.5. Angularidad del agregado fino	47
3.3.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO:.....	50
3.3.3.1. Análisis morfo métrico e interpolación de CN.....	51
3.3.3.2. Curvas IDF mediante el Estudio de Hidrología del Perú (IILA SENAMHI-UNI 1993) 55	
3.3.3.3. Hec Hms	59
CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	67
4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO	67
4.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA.....	67

4.1.2.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO SECO	73
4.1.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS.....	74
4.1.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS.....	75
4.1.5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO	76
4.2	DISCUSIÓN DE RESULTADOS GEOMORFOLÓGICOS.....	78
4.3.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS HIDROLÓGICOS	82
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS	84
4.5.	CONTRATACIÓN DE HIPÓTESIS	88
4.5.1.	CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL	89
4.5.2.	CONTRASTACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	89
	CONCLUSIONES.....	90
	RECOMENDACIONES	93
	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA	94
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURA N° 1 Representación esquemática del transporte de sedimentos de acuerdo a la velocidad del flujo [Fuente: Quincho, 2012]	4
FIGURA N° 2 Variación del d_{50} en función de la longitud [Fuente: Ramírez, García y Bocanegra, 2003]	6
FIGURA N° 3 Zonas de un río de acuerdo a la geomorfología y variación del sistema fluvial [Fuente: Cuellar]	8
FIGURA N° 4 Perfil longitudinal de un río de acuerdo a la pendiente [Fuente: Zambrano 2015] 11	11
FIGURA N° 5 Distribución de velocidades en distintas secciones de canales [Fuente: Maza 1996]	19
FIGURA N° 6 Tipos de transporte de sedimento [Fuente: Maza 1996]	20
FIGURA N° 7 Representación esquemática del transporte de sedimentos de acuerdo a la velocidad del flujo [Fuente: Quincho, 2012]	21
FIGURA N° 8 Tramo de estudio y sus afluentes [Fuente: propia].....	34
FIGURA N° 9 Aforo con ADCP puente San Sebastián [Fuente: propia].....	34
FIGURA N° 10 Extracción de sedimentos [Fuente: propia]	35
FIGURA N° 11 Estudio de granulometría [Fuente: propia]	36
FIGURA N° 12 Obtención de las 61 sub cuencas [Fuente: propia]	52
FIGURA N° 13 caracterizaciones de las sub cuencas [Fuente: propia]	53
FIGURA N° 14 Tabulación de cada sub cuenca para tener las CN [Fuente: propia]	53
FIGURA N° 15 Delimitación de las 61 sub Cuencas del Río Huallaga [Fuente: propia]...60	60
FIGURA N° 16 Llenado de características de cada sub cuenca [Fuente: propia]	60
FIGURA N° 17 Colocación de datos de precipitación de las 61 sub cuencas [Fuente: propia] 61	61
FIGURA N° 18 Hacer coincidir cada una de las sub cuencas con su precipitación [Fuente: propia]	61
FIGURA N° 19 Caudal procesado por el programa para un periodo de retorno de 25 años [Fuente: propia]	62
FIGURA N° 20 Geometría del terreno en Hec- geoRas e importación al Hec-ras [Fuente: propia] 64	64

FIGURA N° 21 Caudales usados para la simulación [Fuente: propia]	65
FIGURA N° 22 Dibujo en perspectiva del cauce natural [Fuente: propia]	65
FIGURA N° 23 Ventana para el análisis de transporte de sedimentos [Fuente: propia]	66
FIGURA N° 24 Gráfico de la granulometría con mallas estándar Ayancocha [Fuente: propia] 67	
FIGURA N° 25 Gráfico de la granulometría con mallas estándar Huancachupa [Fuente: propia] 68	
FIGURA N° 26 Gráfico de la granulometría con mallas estándar Zona cero [Fuente: propia] 68	
FIGURA N° 27 Gráfico de la granulometría con mallas estándar San Sebastian [Fuente: propia] 69	
FIGURA N° 28 Gráfico de la granulometría de todas las zonas de estudio [Fuente: propia] 69	
FIGURA N° 29 Variación del diámetro 2.58 mm en función a la longitud (fuente propia) 70	
FIGURA N° 30 Variación del diámetro 0.84 mm en función a la longitud (fuente propia) 71	
FIGURA N° 31 Variación del diámetro 0.297 mm en función a la longitud (fuente propia) 71	
FIGURA N° 32 Variación del diámetro 0.149 mm en función a la longitud (fuente propia) 71	
FIGURA N° 33 Relación entre la distancia recorrida y el largo adimensional de las piezas movilizadas.	72
FIGURA N° 34 Variación del peso unitario suelto en función a la longitud (fuente propia) 73	
FIGURA N° 35 Variación del peso unitario compacto seco en función a la longitud (fuente propia)	73
FIGURA N° 36 Variación de la gravedad específica en base seca de los agregados finos y gruesos en función a la longitud (fuente propia)	75
FIGURA N° 37 Variación de la absorción de los agregados gruesos de los agregados finos y gruesos en función a la longitud (fuente propia)	75
FIGURA N° 38 Variación de la determinación de partículas chatas y alargadas en función a la longitud (fuente propia).....	76
FIGURA N° 39 Variación de la angularidad del agregado fino en función a la longitud (fuente propia)	77

FIGURA N° 40 Perfil del cauce Y Perfil de erosión potencial [Fuente: propia]	84
--	----

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1 Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad	10
TABLA N° 2 Rangos aproximados del factor de forma.....	10
TABLA N° 3 Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal	12
TABLA N° 4 Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje	13
TABLA N° 5 Coeficiente de duración.....	16
TABLA N° 6 Clasificación del tipo de suelo tabulada por el método Scs	17
TABLA N° 7 Número de curvas (CN) según uso de tierra	18
TABLA N° 8 Sistema de variables, dimensiones e indicadores	26
TABLA N° 9 Definición operacional de variables, dimensiones e indicadores	27
TABLA N° 10 Coordenadas UTM del tramo inicial y final.....	28
TABLA N° 11 Parámetros para el Análisis Morfo métrico una Micro cuenca.....	32
TABLA N° 12 Resultado de estudio granulométrico en el puente Ayancocha	37
TABLA N° 13 Resultado de estudio granulométrico Huanca chupa	37
TABLA N° 14 Resultado de estudio granulométrico en Zona cero	38
TABLA N° 15 Resultado de estudio granulométrico en el puente San Sebastián.....	38
TABLA N° 16 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Puente Ayancocha	40
TABLA N° 17 Peso Unitario Compacto seco – Muestra Puente Ayancocha.....	40
TABLA N° 18 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Rio Huancachupa	40
TABLA N° 19 Peso Unitario Compacto Seco – Muestra Rio Huancachupa	40
TABLA N° 20 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Zona Cero	41
TABLA N° 21 Peso Unitario Compacto Seco – Muestra Zona Cero.....	41
TABLA N° 22 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Puente San Sebastián	41
TABLA N° 23 Peso Unitario Compacto Seco – Muestra Puente San Sebastián	41
TABLA N° 24 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra Ayancocha 44	
TABLA N° 25 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra Rio Huancachupa	44
TABLA N° 26 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra Zona Cero	45

TABLA N° 27 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra San Sebastián	45
TABLA N° 28 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra Puente Ayancocha	46
TABLA N° 29 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra Rio Huancachupa ..	46
TABLA N° 30 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra Zona Cero	47
TABLA N° 31 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra San Sebastián	47
TABLA N° 32 Resultado Angularidad del Agregado Fino – Muestra Puente Ayancocha	48
TABLA N° 33 Resultado Angularidad del Agregado Fino – Muestra Rio Huancachupa .	48
TABLA N° 34 Resultado de Angularidad del Agregado Fino – Muestra Zona.....	49
TABLA N° 35 Resultado de Angularidad del Agregado Fino – Muestra San Sebastián ...	49
TABLA N° 36 Parámetros Morfo métrico de las sub cuencas.....	54
TABLA N° 37 Subdivisión de zonas y sub zonas pluviométricas y valores de Kg y Eg	56
TABLA N° 38 Valores de los parámetros a y n	57
TABLA N° 39 Valores de los parámetros a y n para la cuenca del Rio Huallaga	58
TABLA N° 40 Principales características de las arenas analizadas.....	77
TABLA N° 41 Rangos aproximados del factor de forma.....	79
TABLA N° 42 Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje	79
TABLA N° 43 Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal	80
TABLA N° 44 Rangos aproximados de la pendiente media de la cuenca.....	80
TABLA N° 45 Resultado de estudio Geomorfológico	81
TABLA N° 46 Resultado de estudio de caudales del tramo en estudio.....	84
TABLA N° 47 Resultado del transporte de sedimentos.....	86

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. FUNDAMENTOS DEL PROBLEMA

El río Huallaga nace en el departamento de Pasco, haciendo su recorrido por los departamentos de Huánuco, San Martín y Loreto teniendo en total una longitud de 1138 Km. entregando sus aguas al río Marañón. Transporta en su recorrido sedimentos procedentes de la degradación del suelo, la erosión, y de movimientos en masa, es decir desprendimientos, deslizamientos y otros **Zavala y Vílchez (2008)**.

Del kilometraje antes señalado se desarrolla en zonas de puna, valle estrecho y valle de fondo, del cual el valle de fondo tiene un comportamiento diferente a los otros dos y esto se determina entre la ciudad de Ambo y la ciudad de Huánuco, tomándose como puntos de estudio los puentes Ayancocha y San Sebastián.

El transporte de sedimentos es un fenómeno complejo que responde a las siguientes funciones: cantidad, naturaleza, propiedades físicas de los materiales disponibles para el transporte y la capacidad de la hidrodinámica fluvial y la dependencia geomorfología para hacerlo **Torrado Y Serrano (2013)**.

Zink (2012) afirma que la contribución de la geomorfología se ve en los factores de formación de suelos: material parental, topografía, y tiempo, que se ven en particular su origen de posicional del sedimento (granulometría).

El estudio de transporte de sedimentos según **Sarango (2013)**, nos permite comprender cualitativa y cuantitativamente el desplazamiento de estos para tener un control de volumen de los sedimentos transportados debido a la hidrodinámica. Para mitigar posibles consecuencias que podría provocar este arrastre, así como diseñar las obras hidráulicas que se verán afectadas por este fenómeno.

Por ende el objetivo de esta investigación es establecer el nivel de influencia de la geomorfología y la hidrodinámica en la caracterización de los sedimentos a lo largo del río Huallaga entre Ambo y Huánuco.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es el nivel de influencia de la geomorfología y la hidrodinámica del río Huallaga en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿Cuáles son los factores geomorfológicos importantes del río Huallaga en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco?
- ¿Cuáles son los factores hidrodinámicos importantes del río Huallaga en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco?
- ¿Cuáles son las características del transporte de los sedimentos del río Huallaga entre Ambo y Huánuco?

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. REVISIÓN DE ESTUDIOS REALIZADOS

La geomorfología y la hidrodinámica son aspectos importantes en el comportamiento de los ríos. **Sánchez y Maza (2010)**, nos dicen que la geomorfología de los ríos cambia con el tiempo a medida que es afectada por el caudal, material transportado de fondo, perfil longitudinal, resistencia de los márgenes, siendo más importante en esto su interdependencia pues están ligadas entre sí.

Por otro lado, **Ochoa, Reyna y García (2016)**, usaron los modelos hidrodinámicos para describir apropiadamente la dinámica del flujo hídrico y para representar el transporte de sedimentos. Teniendo un modelo del terreno digital procedieron a obtener las condiciones de contorno hidráulicas, con los datos hallados a través de las mediciones en campo en las que condiciona el flujo con la pendiente normal del fondo del cauce y el caudal con el tirante normal.

La dinámica del transporte de sedimentos en suspensión y de fondo en la cuenca fue estudiada por **Quincho (2012)**, que en uno de sus aportes relacionado principalmente al tipo de composición granulométrica dice que el movimiento promedio de las partículas está relacionado directamente a la velocidad del flujo líquido como esquematiza la **FIGURA N°01** donde partículas pequeñas y grandes necesitan velocidades relativamente altas. Es

decir, una grava entra a la erosión en flujos de agua alrededor de 100 cm/seg. Partículas pequeñas como Limo fino (0,002 mm) también necesitan velocidades altas (también alrededor de 100 cm / seg.). Esta energía relativamente alta de erosión resulta por la alta fricción entre las partículas muy pequeñas. Pero sí flotan una vez en el agua, solo velocidades muy bajas permiten una sedimentación



FIGURA N° 1 Representación esquemática del transporte de sedimentos de acuerdo a la velocidad del flujo [Fuente: Quincho, 2012]

Olivas, De La O y Villalba (1996), concluyeron en su investigación que los sedimentos más gruesos permanecen cerca del nacimiento. Son sedimentos en general moderadamente bien clasificados, que reflejan en cierta forma la influencia de las corrientes marinas. En las porciones más alejadas del nacimiento los materiales son más finos debido principalmente a

la poca influencia de las corrientes, lo que da lugar a zonas tranquilas que permiten el depósito de lodos transportados en suspensión.

Otro estudio que guarda relación con nuestro tema es el realizado por **Ramírez, García y Bocanegra (2003)** con pruebas de tamizado para obtener las curvas granulométricas. A partir de estas curvas se determinaron los diámetros característicos, diámetro medio, diámetro medio geométrico, el coeficiente de uniformidad, el coeficiente de gradación, y la desviación estándar o típica llegando a la conclusión que es posible identificar tramos de granulometría relativamente homogénea y el tamaño del material del río encontrado está influenciado por la pendiente, siendo notoria una disminución del diámetro del material en dirección aguas abajo (dirección en que la pendiente del río disminuye). Sin embargo, es importante anotar que en algunos sectores esta tendencia se ve alterada por el aporte de material grueso de los ríos tributarios, lo cual origina un incremento en el tamaño de los sedimentos en dichos sectores.

El tamaño de los sedimentos disminuye hacia aguas abajo en un río aluvial debido a los efectos de la abrasión, meteorización y fraccionamiento en su desplazamiento y a la clasificación hidráulica debido al transporte diferencial de las partículas de distintos tamaños. **Shulits (1941)**, propuso la siguiente expresión para estimar la variación del tamaño de las partículas en dirección aguas abajo en un cauce aluvial:

$$d_{50x} = d_{50_0} e^{-Dx} \quad (1)$$

Siendo d_{50x} el tamaño medio de los sedimentos a una distancia x de la sección de referencia donde el tamaño medio es d_{50_0} y b el coeficiente de reducción del tamaño de las partículas. Se efectuaron regresiones con base en ecuaciones de tipo exponencial, conforme a la expresión de Shulits, considerando el diámetro medio d_{50} en cada uno de los tramos. Los resultados se ilustran en la **FIGURA N°02** incluyendo la ecuación de ajuste y el coeficiente de determinación.

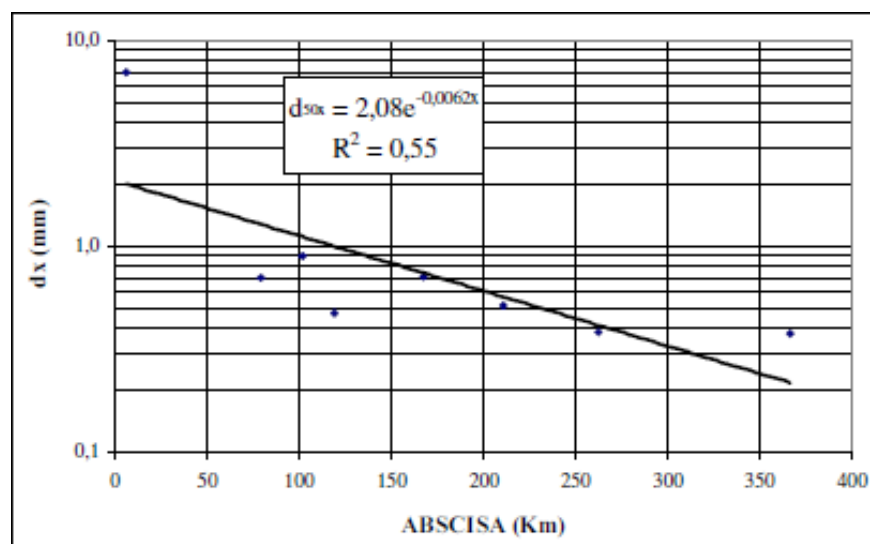


FIGURA N° 2 Variación del d_{50} en función de la longitud [Fuente: Ramírez, García y Bocanegra, 2003]

De acuerdo al estudio realizado por **Torrado y Serrano (2013)**, se deduce que el incremento en la intensidad y en la duración de las precipitaciones favorece el arrastre de materiales orgánicos y de tipo arcilloso. Por lo tanto, La naturaleza y propiedades de los sedimentos, así como las formas en que se presentan y su disponibilidad, serán los factores principales que se den

acuerdo a la trayectoria que recorren pendiente, perfil, caudal, entre otros según la información brindada. Dependiendo así la caracterización de sedimentos el transporte tanto de la morfología y del sistema hidráulico.

2.2. CONCEPTOS FUNDAMENTALES

2.2.1. LA GEOMORFOLOGÍA DE LOS RÍOS

Estudia la estructura y forma de los ríos, incluyendo la configuración del cauce en planta, la geometría de las secciones transversales, la forma del fondo hidrodinámica y las características del perfil.

Estos procesos se originan con el inicio de movimiento de los sedimentos, la entrada en suspensión, el arrastre de fondo, lo que produce el transporte de sedimento, la deposición de partículas, su compactación y consolidación, crea continuamente los paisajes y modifica la forma de los ríos.

Los sistemas fluviales pueden notarse claramente tres zonas geomorfológicas diferentes:

La zona de mayor altura es el área de erosión, en la cual el río va erosionando parte del sustrato y laterales del valle rocoso, transportando el sedimento río abajo.

La segunda es la *zona de transferencia* donde el grado de pendiente disminuye y los sedimentos de la zona de erosión siguen su camino cuesta abajo, acá el río no erosiona activamente como en la zona anterior pero aquí tampoco los sedimentos son depositados.

Por último se encuentra la *zona de deposición* o sedimentación donde los sedimentos en esta área sí son depositados, debido a que es la parte más baja del sistema por lo tanto la gravedad es casi nula.

Estas tres zonas son las de un sistema ideal, pero no se encuentran en todos los ríos existentes del mundo, algunos son erosivos y así llegan al mar directamente, otros pueden no tener zona de transferencia, etc. Este proceso se esquematiza en la **FIGURA N° 03**.



FIGURA N° 3 Zonas de un río de acuerdo a la geomorfología y variación del sistema fluvial
[Fuente: Cuellar]

En sentido general, la geomorfología fluvial puede dividirse en dos ramas: una que estudia los patrones en que pueden caracterizarse los distintos sistemas fluviales, lo que podríamos llamar morfología fluvial (de morphos: forma) y otra que estudia los distintos procesos dinámicos que modifican con el tiempo dichos patrones y que se llama dinámica fluvial.

2.2.1.1 Morfología del sistema fluvial

El análisis morfo métrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo. Siendo los parámetros asociados a la cuenca:

A. Parámetros de Forma

La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente. Entre los parámetros de forma se tiene:

➤ Índice de compacidad o de Gravelius.- Es la relación entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de área igual a la de la cuenca.

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (2)$$

Donde P es el perímetro (Km) y A el área de la cuenca (Km²)

El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración

de agua y mayor riesgo de inundaciones en la **TABLA N°1** clasificamos de acuerdo al índice de compacidad.

TABLA N° 1 Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

➤ Factor de forma adimensional de Horton.- Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma en la **TABLA N°2** rangos aproximados del factor forma y su descripción.

TABLA N° 2 Rangos aproximados del factor de forma

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

A. Parámetros de la red hídrica

- Perfil longitudinal del cauce.- Describe como varia su cota a lo largo de su longitud y recorrido; de tal modo que el perfil longitudinal reflejara la pendiente de cada tramo, determinada por las condiciones impuestas por los tramos aguas arriba como el caudal, carga de sedimentos, geología del terreno, etc un caso particular se muestra en la **FIGURA N°4**.

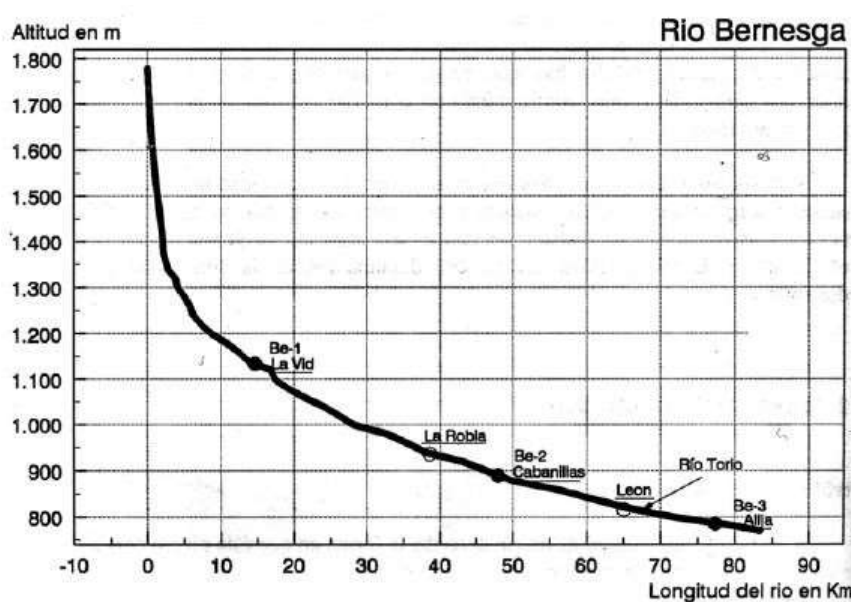


FIGURA N° 4 Perfil longitudinal de un río de acuerdo a la pendiente [Fuente: Zambrano 2015]

En general los perfiles longitudinales de los ríos presentan forma cóncava con una pendiente que va disminuyendo desde zonas con mayor erosión hasta zonas de mayor sedimentación de las zonas bajas.

También ocurre que para una misma superficie vertiente, la pendiente del cauce guarda una estrecha relación con el tamaño del sustrato, de tal modo que tramos altos y de gran pendiente tendrán asociados tamaños de

sustrato grande, mientras que tramos bajos llevarán asociados tamaños de sustrato pequeño. De tal modo que la disminución de la pendiente aguas abajo se explica en gran medida por la disminución del tamaño de los sedimentos al aumentar el tamaño de la cuenca.

Hay varias explicaciones que justifican la reducción de tamaño aguas abajo, fundamentalmente los procesos de abrasión en los que el tamaño del sedimento va disminuyendo a medida que aumenta la distancia del cauce debido a la meteorización, fricción y desgaste. Unido a esto se da un proceso de clasificación natural de sedimentos por tamaños llegando más lejos los de menor tamaño.

TABLA N° 3 Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal

Pendiente media del cauce principal (%)	Clases
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

- **Densidad del Drenaje.**- Este parámetro nos permite tener un conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca, cuanto mayor sea la densidad de drenaje con respecto al área de la cuenca mayor será la capacidad de respuesta frente a un evento de lluvia evacuando el agua en menos tiempo. Los rangos de densidad de drenaje se muestran en la **TABLA N°4**

$$D_d = \frac{\sum_{i=1}^n L_i}{A} \quad (4)$$

D_d = Densidad de drenaje

$\sum L_i$ = sumatoria de las longitud de los drenajes que integran la cuenca (km)

A = Área de la cuenca (km²)

TABLA N° 4 Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje

Densidad de drenaje (valores aproximados)	Clases
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

C. Sistema de información geográfica (SIG.):

Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

2.2.2. LA HIDRODINÁMICA FLUVIAL

Estudia el comportamiento del movimiento de los fluidos; en sí la hidrodinámica se fundamenta principalmente en los fluidos incompresibles es decir los líquidos; para ello considera la velocidad del flujo, presión y caudal.

La modelización numérica de la hidrodinámica de ríos precisa del uso de la teoría hidráulica del flujo libre y de los métodos numéricos para resolver las ecuaciones de conservación. Dado que los modelos numéricos son una representación simplificada de la realidad, un aspecto fundamental de los modelos de flujo en ríos es la representación adecuada de la topografía del cauce y llanuras de inundación es por eso que en este capítulo se verán el cálculo y el concepto usado en este modelo .

2.2.2.1 Velocidad de la corriente y caudal

El caudal, flujo o descarga es la cantidad de agua que pasa a través de una sección del canal por unidad de tiempo. Uno de los procesos de cálculo es multiplicar la velocidad del agua (m/s) por el área de la sección (m²), lo que produce un volumen (m³ /s). Por lo tanto, este método solamente será aplicable a sistemas de aguas corrientes como ríos, arroyos, cañadas.

La descarga es un producto del ciclo hidrológico, por lo tanto, varía con la topografía, geología, clima, estación, vegetación y área de drenaje. Los cursos de agua con mayor número de afluentes suelen tener flujos más estables.

2.2.2.2 Parámetros hidrológicos

Para determinar los parámetros hidrológicos generalmente se tendrá disponible un registro de datos hidrometeorológico (precipitación, caudales, evapotranspiración, temperaturas, etc.), a través de su conocimiento del problema físico, escogerá un modelo probabilístico a usar, que represente en forma satisfactoria el comportamiento de la variable.

A. Curvas IDF

Las curvas IDF son un elemento de diseño que relacionan la intensidad de la lluvia, la duración de la misma y la frecuencia con la que se puede presentar es decir su probabilidad de recurrencia o periodo de retorno.

La intensidad es la tasa de temporal de precipitación y sigue la siguiente relación:

$$i = \frac{P}{T} \quad (5)$$

Donde:

i = intensidad de lluvia de diseño (mm/hr)

P = Precipitación de diseño (mm)

T = Duración de lluvia (hr)

Para determinar las curvas IDF es necesario contar con los datos pluviográficos de lluvia del lugar de interés y seleccionar la lluvia más intensa de diferentes duraciones en cada año con el fin de realizar un análisis de frecuencia con cada una de las series formadas.

La duración de lluvia es igual al tiempo de concentración para el área de drenaje en particular. Se supone que el escurrimiento pico se alcanza en el tiempo de concentración (t_c). Este es el tiempo en que el flujo fluye desde el punto más lejano de la cuenca hasta el punto de interés o de diseño.

En nuestro país debido a la escasa información pluviográfica solo se cuenta con datos de precipitaciones máximas en 24 horas. Estos datos permiten la estimación de intensidad máxima para diferentes periodos de retorno, multiplicada por un coeficiente de duración, entre 1 y 48 horas. Este coeficiente de duración se ve en la **TABLA N°5**.

TABLA N° 5 Coeficiente de duración

Duración de Precipitación (Hr)	1	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	48
Coeficiente de duración.	0.25	0.31	0.44	0.56	0.64	0.73	0.79	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1	1.32

B. Precipitación efectiva

También conocida como lluvia en exceso es la porción de la lluvia que contribuye al escurrimiento directo. Este valor depende del uso de la tierra, de las condiciones de la superficie y del tipo de suelo.

- Número de escurrimiento.-es uno de los métodos más usados para determinar la lluvia en exceso. Éste valor depende de las características del suelo: tipo, pendiente y estado de humedad. El Soil Conservation Service (Scs) desarrolló un método para calcular las abstracciones de la precipitación de una tormenta. Las abstracciones o pérdidas es la diferencia

entre los hietogramas de precipitación de diseño y los hietogramas de la precipitación efectiva.

Para determinar la precipitación efectiva se encuentra la siguiente fórmula:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a - S)} \quad (6)$$

Donde:

I_a = Abstracción inicial

S = Retención potencial máxima

P_e = Precipitación efectiva (mm)

Al estudiar los resultados obtenidos de varias cuencas, se desarrolló una relación entre la abstracción inicial y la retención máxima la cual se muestra en la fórmula:

$$I_a = 0.2 S \quad (7)$$

Para hacer uso de esta relación se debe determinar el valor del número adimensional o número de curva (CN). Los números de curva han sido tabulados por la SCS en base al tipo de suelo. Se definen cuatro tipos de suelos, los cuales se muestran en la **TABLA N°6**:

TABLA N° 6 Clasificación del tipo de suelo tabulada por el método SCS

TIPO	DESCRIPCION
A	Arenas con poco limo y arcilla (escurrimiento mínimo)
B	Arenas finas y limos
C	Arenas muy finas, limos y bastante arcilla
D	Arcillas en grandes cantidades (escurrimientos máximos)

Los valores de la CN para varios tipos de uso de tierra se muestran en el siguiente **TABLA N° 7**:

TABLA N° 7 Número de curvas (CN) según uso de tierra

DESCRIPCIÓN DEL USO DE LA TIERRA	GRUPO HIDROLÓGICO DEL SUELO			
	A	B	C	D
Tierra cultivada: Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales: Condiciones pobres	68	79	86	89
Condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos: Condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques: Troncos delgados, cubiertas pobre	45	66	77	83
Cubierta óptima	25	55	70	77
Area abierta, césped, parques, campo del golf				
Optimas condiciones	30	61	74	80
Condiciones aceptable	49	69	79	84
Areas comerciales de negocios	89	92	94	95
Distritos industriales	81	88	91	93
Residencial				
1000 m2	61	75	83	87
1300 m2	57	72	81	86
2000 m2	54	70	80	85
4000 m2	51	68	79	84
8000 m2	46	65	77	82
Parqueadora pavimentados, techos	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados con cunetas y alcantarillado	98	98	98	98
Grava	76	85	86	91
Tierra	72	82	87	89

2.2.2.3 Calibración del modelo

La calibración es el proceso por el cual se identifican los valores de los parámetros del modelo para los cuales la serie de datos simulado se ajusta de manera óptima a la serie de datos observados. Para evaluar la bondad de ajuste del modelo.

2.2.2.4 Distribución de velocidades

Según **Chow (1986)**, las formas de las secciones transversales y los modelos de distribución de velocidad se muestran en la **FIGURA N° 5**. Esta

distribución depende también de otros factores como, la rugosidad del canal, la presencia de curvas, y generalmente para secciones irregulares, cambia con las variaciones del tirante en la sección.

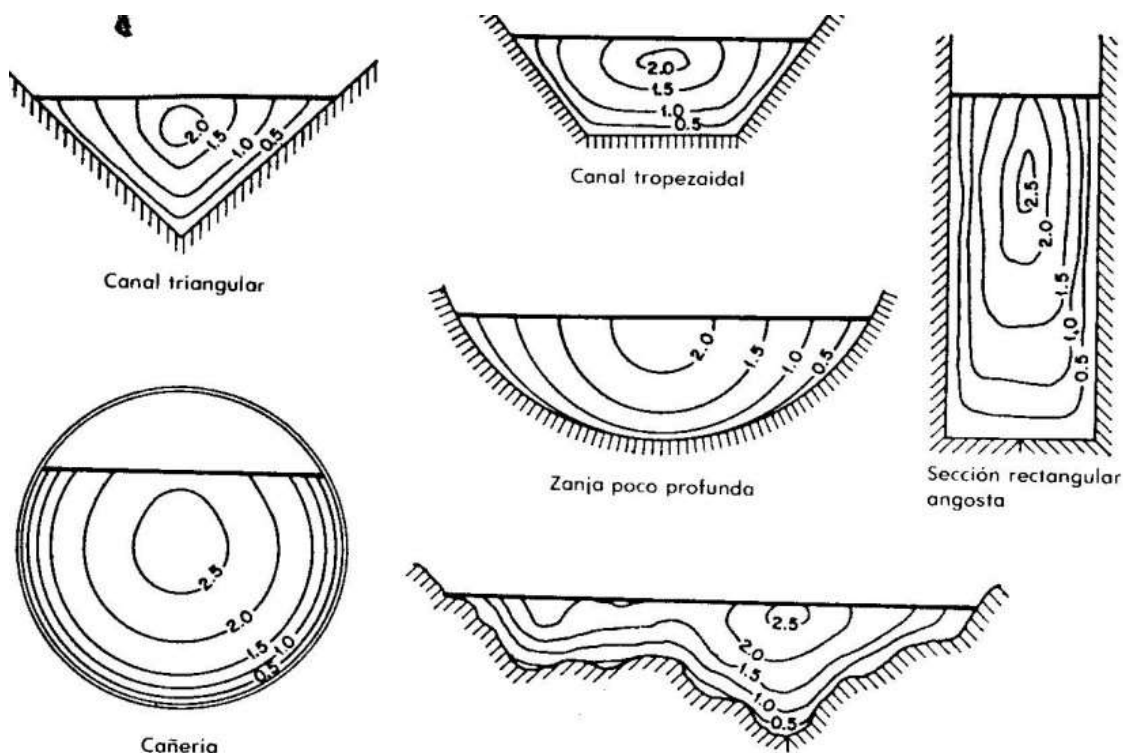


FIGURA N° 5 Distribución de velocidades en distintas secciones de canales [Fuente: Maza 1996]

2.2.3. SEDIMENTO:

Son todos los materiales originados de la fricción, erosión y destrucción de rocas encontradas en la superficie, para luego ser depositadas a veces “in situ” o más frecuentemente a ciertas distancias por agentes externos como el viento, el agua o situaciones antrópicas como se muestra en la **FIGURA N°6**.

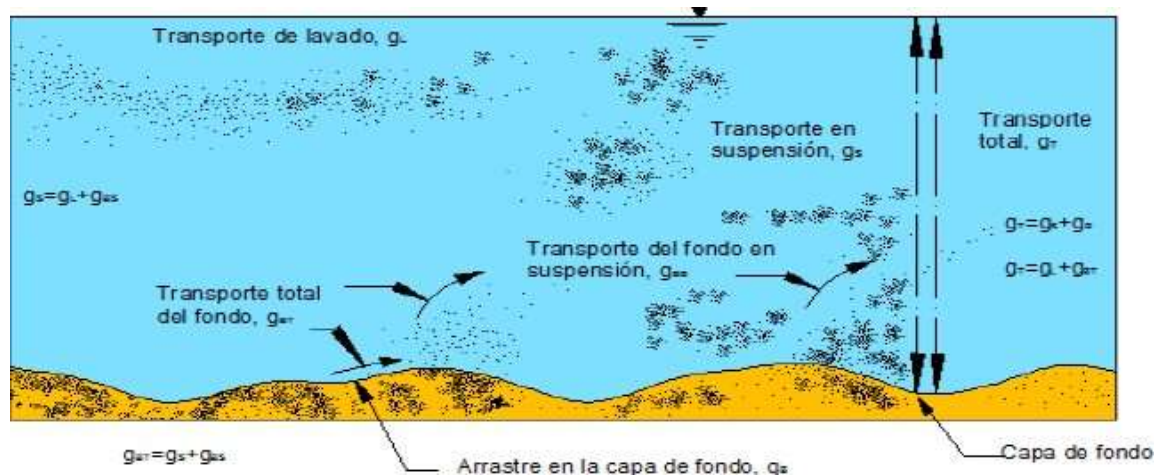


FIGURA N° 6 Tipos de transporte de sedimento [Fuente: Maza 1996]

2.2.3.1 Características del sedimento

Las principales características que se pueden distinguir para sedimentos no cohesivos en los muestreos según **Sarango (2013)** son:

- **Tamaño.**-Es la característica más importante de una partícula, definiendo su tamaño la variación del comportamiento del sedimento.
- **Forma.**- Representa la magnitud y el tipo de transporte, un transporte gravitacional; coluvial corto (sin agua) produce una redondez angular, una vez en contacto con el sistema fluvial empieza el desgaste y las partículas pierden su angularidad.
- **Estratificación.**- Se origina del depósito alternado de las rocas de diferentes tamaños de granos, o puede existir también una estratificación gradada, que es el aumento de los granos de arriba hacia abajo que es comúnmente observada en los ríos como se indica en la **FIGURA N°7**.



FIGURA N° 7 Representación esquemática del transporte de sedimentos de acuerdo a la velocidad del flujo [Fuente: Quincho, 2012]

2.2.3.2 Transporte de sedimentos

Esta capacidad dependerá de la magnitud de las máximas descargas, de la naturaleza de la cuenca y lecho del río.

Generalmente las partículas son transportadas en dos formas, la primera corresponde al movimiento de las partículas de mayor tamaño, las cuales ruedan en el fondo y la segunda corresponde a las partículas finas en suspensión.

El transporte de sedimentos es notoriamente difícil. Los datos utilizados para predecir cambios en el lecho son fundamentalmente inciertos, la teoría empleada es empírica y altamente sensible a una amplia gama de variables físicas. Sin embargo, con los datos apropiados, un modelador cualificado puede utilizar un modelo calibrado de transporte de sedimentos para predecir

regionalmente las tendencias a largo plazo que pueden servir para planificar y evaluar alternativas de proyecto. En la versión utilizada en el presente trabajo el programa Hec-ras.

2.3. OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

2.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Estudiar el nivel de influencia de la geomorfología y la hidrodinámica del río Huallaga en la caracterización del transporte de los sedimentos entre Ambo y Huánuco.

2.3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

- Establecer los factores geomorfológicos importantes del río Huallaga en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco.
- Determinar los factores hidrodinámicos importantes del río Huallaga en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco.
- Especificar las características del transporte de los sedimentos del río Huallaga entre Ambo y Huánuco.

2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación se justifica porque los datos contribuirán a predecir las características de los sedimentos del río Huallaga en el tramo

objeto de nuestro estudio y para que se puedan mitigar posibles consecuencias que estos podrían provocar en obras hidráulicas.

Estos datos recopilados serán material de gran importancia a la hora de elaborar planes de conservación en obras hidráulicas ubicados en este tramo Huánuco - Ambo y que nos dejen indicios certeros para detectar a tiempo los daños, que, si los dejamos evolucionar, en el futuro resultaría perjudicial. Se espera que la información refleje con la mayor exactitud el comportamiento del río Huallaga, permitiendo realizar una predicción más acorde a la realidad y dar así resultados certeros que puedan ser de gran utilidad mediante la aplicación de los métodos de análisis de transportes de sedimentos.

2.5. LIMITACIONES Y ALCANCES

El estudio está limitado al trayecto del río Huallaga, entre el tramo Huánuco y Ambo, tomándose como puntos de estudio los puentes Ayancocha y San Sebastián. También a todos los sectores aledaños que afecten el transporte de sedimentos y aquellas que tengan propiedades similares.

El alcance de esta investigación está enfocado principalmente en predecir en qué nivel influye la morfología y la hidrodinámica de esta zona en las características del transporte de los sedimentos a medida que estos se transportan.

2.6. HIPÓTESIS: GENERAL Y ESPECÍFICAS

2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

H1: La geomorfología e hidrodinámica del río Huallaga influyen de manera significativa en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco.

Ho: La geomorfología e hidrodinámica del río Huallaga no influyen en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco.

2.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

➤ **H1:** el perfil longitudinal, pendiente y profundidad del río Huallaga, son factores geomorfológicos importantes que influyen en la caracterización del transporte de sedimentos del río Huallaga, siendo el más importante la pendiente.

➤ **Ho:** La topografía perfil longitudinal, pendiente y profundidad del río Huallaga, son factores geomorfológicos que no influyen en la caracterización del transporte de sedimentos.

➤ **H1:** Los factores hidrodinámicos como la profundidad de corriente, caudal, velocidad de flujo del río Huallaga influyen en la caracterización del transporte de sedimentos, siendo el que más influye el caudal.

➤ **Ho:** Los factores hidrodinámicos como la profundidad de corriente, caudal, velocidad de flujo del río Huallaga no influyen en la caracterización del transporte de sedimentos.

- **H1:** El comportamiento de las características físicas y mecánicas de los sedimentos del río Huallaga serán variando de acuerdo al tramo en que se ubican viendo la mayor diferencia en el tamaño de este.
- **Ho:** El comportamiento de las características físicas y mecánicas de los sedimentos del río Huallaga no variaran de acuerdo al tramo en que se ubican viendo la mayor similitud en el tamaño de este.

2.7. SISTEMA DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

Cada variable que se presenta a continuación se ha extraído de la investigación: “Influencia geomorfológica e hidrodinámica del río Huallaga en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco”.

Las variables mencionadas se analizarán en la **TABLA N°8**.

2.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- X1: Geomorfología
- X2: Hidrodinámica

2.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Y1: Caracterización de sedimentos

TABLA N° 8 Sistema de variables, dimensiones e indicadores

T I P O	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente	Geomorfología	Estudia la estructura y forma de los ríos, incluyendo la configuración del cauce en planta, la geometría de las secciones transversales, la forma del fondo hidrodinámica y las características del perfil	Morfología	Perímetro Longitud Área Clasificación de corriente
			Fisiografía	Altitud Pendiente media Relieve
	Hidrodinámica	Comportamiento del movimiento de los fluidos	Velocidad del agua	Distancia que recorre el agua y el tiempo que invierte en ello
			Caudal	Cantidad de agua que lleva una corriente
Dependiente	Sedimentos	Materiales originados de la fricción, erosión y destrucción de rocas encontradas en la superficie, para luego ser depositadas a veces "in situ" o frecuentemente a ciertas distancias por agentes externos como el viento, el agua o situaciones antrópicas	Propiedades de sedimentos	granulometría Estratificación Peso específico Densidad

2.8 DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES, DIMENSIONES E INDICADORES

TABLA N° 9 Definición operacional de variables, dimensiones e indicadores

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	UNIDAD
Independiente	Geomorfología	Estudia la estructura y forma de los ríos, incluyendo la configuración del cauce en planta, la geometría de las secciones transversales, la forma del fondo hidrodinámica y las características del perfil	Morfología	Perímetro Longitud Área Clasificación de corriente	Mira Wincha Georeferenciación	Numérica
			Fisiografía	Altitud Pendiente media Relieve(topografía)		
	Hidrodinámica	Comportamiento del movimiento de los fluidos	Velocidad del agua	Distancia que recorre el agua y el tiempo que invierte en ello	Aforador Wincha	Numérica
			Caudal	Cantidad de agua que lleva una corriente	Cronometro	Numérica
Dependiente	Sedimentos	Materiales originados de la fricción, erosión y destrucción de rocas encontradas en la superficie, para luego ser depositadas a veces "In situ" o frecuentemente a ciertas distancias por agentes externos como el viento, el agua o situaciones antrópicas	Propiedades de sedimento	Granulometría Forma y textura Estratificación Peso específico Densidad	Equipos, materiales y personal especializado	Numérica

2.9. UNIVERSO / POBLACIÓN Y MUESTRA

2.9.1. DETERMINACIÓN DEL UNIVERSO / POBLACIÓN

El universo estará dado por el recorrido del río Huallaga en el tramo que delimitado por el puente San Sebastián y el puente Ayancocha como se indica en la **TABLA N°10**.

TABLA N° 10 Coordenadas UTM del tramo inicial y final

Lugar	Coordenadas UTM	Altitud
Tramo inicial: Puente San Sebastián	363531.00 m E 8901232.00 m S	1897m
Tramo Final: Puente Ayancocha	367741.19 m E 8882231.77 m S	2043m

2.9.2. SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Como nos centraremos en dos variables: la morfología y la hidrodinámica, podemos basarnos en el diseño completamente al azar (DCA) que Humberto Gutiérrez Pulido (Dr. en Estadísticas por el Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT) de Guanajuato, México) plantea en su libro “Análisis de experimentos”, donde determina que el número de repeticiones en cada tratamiento debe ser entre 5 y 30 mediciones para esperar consistencia y poca dispersión en la determinación de nuestras variables.

De otro lado por la disponibilidad del senamhi y su equipo se determinó mediante el recorrido y la visualización un promedio de 4 puntos en la naciente, curso medio, desembocadura, antes y después de nuevos afluentes,

de los cuales tenemos que obtener esta muestra representativa para el respectivo análisis.

Considerando una población infinita y variables cuantitativas, para un nivel de confianza de 95% se utilizó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot N \cdot p \cdot q}{E^2 \cdot (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (8)$$

Donde:

n = muestra optima

N = Tamaño de la población

P y q = parámetros estadísticos de la población (cuando son desconocidos se le asigna p = 50 y q = 50)

E = Nivel o margen de error admitido 5%, considerado por el investigador

Z = Número de desviaciones estándar con respecto a P asociados a un nivel de confianza de 95%

Reemplazando datos:

$$n = \frac{0.95^2 \cdot 4 \cdot 50 \cdot 50}{0.05^2 \cdot (4 - 1) + 0.95^2 \cdot 50 \cdot 50} \quad \text{entonces} \quad n = 4$$

De acuerdo a estas consideraciones la muestra representativa, para una confiabilidad de resultados del 95 %, donde se probará el planteamiento de este proyecto será de 4 ensayos en cada uno de estos puntos.

CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO

El marco metodológico a diferencia del marco teórico, se encarga de revisar los procesos a realizar para la investigación, no sólo analiza qué pasos se deben seguir para la óptima resolución del problema, sino que también determina, si las herramientas de estudio que se van a emplear, ayudarán de manera factible a solucionar el problema. Refiriéndose así a una serie de pasos o métodos que se deben plantear, para saber cómo se proseguirá en la investigación **Leguía (2003)**.

El tipo y nivel de investigación elegido para el desarrollo de nuestro trabajo es el experimental-correlacional, respectivamente. A continuación, explicamos cada uno de los medios empleados en nuestra investigación con los cuales solucionaremos de manera práctica el problema, no simplemente con teorías, sino con hechos que demuestren y argumenten la solución planteada

3.1. NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de la investigación a desarrollar es del tipo experimental y correlacional, ya que en la primera etapa de nuestra investigación se hará uso del laboratorio para ver las condiciones del sedimento y sus características y en la segunda se pasará a relacionarla con la morfología y la hidrodinámica del río.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El plan o estrategia diseñada para obtener la información deseada es la siguiente:

3.2.1. ETAPA BIBLIOGRÁFICA:

En esta parte se investigó los trabajos existentes relacionados a materiales tanto en tesis, manuales y libros.

Aquí también se revisó estudios realizados como planos cartográfico, recopilación y análisis de la información, incluyendo estudios anteriores, Carta Geológica Nacional 1:100 000, información de satélite, estudios especiales, etc.

3.2.2. ESTUDIO DE CAMPO:

En campo se hizo un reconocimiento e identificación de:

- Mapeo geológico – estructural del sector basado a la información del satélite, Carta Geológica Nacional, resultados de reconocimiento ingeniero – geológico y las observaciones directas en el campo. Los resultados del mapeo se presentarán en el mapa geológico – estructural.
- Se procedió a sacar los sedimentos por tramos de forma sencilla colocando canastillas metálicas en el lecho de la corriente y cada tiempo, dependiendo del volumen de acumulación se extrajo y se peso para luego ser llevado al laboratorio para los correspondientes estudios.

Las condiciones que deben cumplir el lugar donde se realizarán los muestreos deben ser en lo posible cerca de una estación hidrométrica, ya que, sin una referencia de nivel y caudal al momento de realizar el muestreo, este carece de valor.

- Se procedió a tomar caudales en los puntos mencionados con el ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler, que es un instrumento hidroacústicos que se utilizan para medir velocidad y corriente del agua en un rango determinado de profundidad). brindado por la Senamhi.

3.2.3. LABORATORIO:

El análisis de material de fondo se hizo en los ensayos de granulometría con énfasis en la identificación de la angularidad, índice de forma, textura, partículas chatas y alargadas, gravedad específica y peso unitario . Con el análisis físico y mecánico se estudió la relación que estos parámetros guardan con el recorrido que hacen en su trayecto de transportarse.

3.2.4. ETAPA DE GABINETE:

- Se analizó la cuenca en le ARCGIS describiendo parámetros e interpretación de la cuenca como se indica en la **TABLA N° 11**:

TABLA N° 11 Parámetros para el Análisis Morfo métrico una Micro cuenca

Parámetro	Unidad
Área	Km ²
Perímetro	Km
Longitud	Km
Altitud	m.s.n.m.

- Se hallaron las curvas de intensidad a través de las curvas IDF teniendo presente el t_c y periodo de retorno.
- Se procedió a hallar el número de curva de la cuenca para poder usar el método scs.
- Se analizó los datos obtenidos para poder hallar el caudal en el software HEC HMS.
- Se calibro estos datos con los caudales reales brindados por la senamhi.
- Se procedio a hacer un estudio del transporte de sedimentos con el programa HECRAS.
- Finalmente se realizó el análisis e interpretación de los resultados obtenidos para poder modelarlo y verificar la influencia geomorfológica e hidrodinámica del rio Huallaga en la caracterización de sedimentos.

3.3. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

3.3.1. ESTUDIO DE CAMPO

El proceso de investigación se inició realizando una identificación y mapeo de la zona de estudio para identificar los puntos donde se calcularon los caudales y se sacaron los sedimentos. En los cuales identificamos los puntos de inicio y final, los puentes Ayancocha y san Sebastián respectivamente teniendo a los ríos Huancachupa e Higueras como afluentes como se muestra en la **FIGURA N°8**.



FIGURA N° 8 Tramo de estudio y sus afluentes [Fuente: propia]

3.3.1.1. Aforo

Se hizo uso de la técnica de la observación colectiva y de campo, como se observa **FIGURA N°9** con el equipo ADCP se realizó la batimetría y registro de caudales registrando datos reales en cada punto a estudiar.



FIGURA N° 9 Aforo con ADCP puente San Sebastián [Fuente: propia]

3.3.1.2 Extracción de sedimentos:

La extracción de sedimentos como se ve en la **FIGURA N°10** se hace en los puntos ya mencionados teniéndose en cuenta cuanto de sedimento será traído por el río en un determinado tiempo por lo que se usó una balanza, cronometro siendo llevados estos en tapers al laboratorio para no alterar su composición.



FIGURA N° 10 Extracción de sedimentos [Fuente: propia]

3.3.2. LABORATORIO:

Habiéndose realizado todos los estudios de campo se procedió a la caracterización del material granular de cada uno de los tramos a estudiar haciéndose lo siguiente:

3.3.2.1. Estudio Granulométrico

- Se seca una muestra de arena con a una temperatura de 110 ± 5 °C en el horno.
- Pesar la cantidad de agregado.

- La muestra se debe colocar en la malla, cuidando que el fondo se encuentre ensamblado con la malla. Tapar la malla y sacudir manualmente. Superpones las mallas que restan de mayor a menor diámetro de abertura.
- Colocar las porciones retenidas de cada malla en charolas y pesar dichas cantidades retenidas como se muestra en la **FIGURA N°11**. Al retirar cada porción del tamiz que le corresponde, se debe tener el cuidado de dejar limpias las mallas, para esto se utiliza el cepillo y la brocha pequeña.



FIGURA N° 11 Estudio de granulometría [Fuente: propia]

- Registrar los datos en la tabla de resultados como se indica desde la **TABLA N°12 a la 15**.

TABLA N° 12 Resultado de estudio granulométrico en el puente Ayancocha

TAMIZ	DIÁMETRO	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	TAMAÑO MÁXIMO
N°	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1"	25.400					Grava mal graduada con arcilla y arena; con material granular equivalente al: 98.41%
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350	0.122	5.86	5.86	94.14	
No 4	4.760	0.029	1.39	7.26	92.74	
No 8	2.380	0.144	6.92	14.18	85.82	
No 10	2.000	0.053	2.55	16.72	83.28	
No 16	1.190	0.245	11.77	28.50	71.50	
No 20	0.840	0.241	11.58	40.08	59.92	
No 30	0.590	0.271	13.02	53.10	46.90	
No 40	0.426	0.288	13.84	66.94	33.06	
No 50	0.297	0.247	11.87	78.81	21.19	
No 60	0.250	0.124	5.96	84.77	15.23	
No 80	0.177	0.146	7.02	91.78	8.22	
No 100	0.149	0.046	2.21	93.99	6.01	
No 200	0.074	0.092	4.42	98.41	1.59	
CAZOLETA	0.000	0.033	1.59	100.00	0.00	
TOTAL		2.081	100.00			

TABLA N° 13 Resultado de estudio granulométrico Huanca chupa

TAMIZ	DIÁMETRO	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	TAMAÑO MÁXIMO
N°	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1"	25.400					Grava mal graduada con arcilla y arena; con material granular equivalente al: 99.09%
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350	0.040	2.27	2.27	97.73	
No 4	4.760	0.032	1.82	4.09	95.91	
No 8	2.380	0.132	7.50	11.60	88.40	
No 10	2.000	0.046	2.62	14.21	85.79	
No 16	1.190	0.174	9.89	24.10	75.90	
No 20	0.840	0.144	8.19	32.29	67.71	
No 30	0.590	0.158	8.98	41.27	58.73	
No 40	0.426	0.190	10.80	52.08	47.92	
No 50	0.297	0.239	13.59	65.66	34.34	
No 60	0.250	0.162	9.21	74.87	25.13	
No 80	0.177	0.204	11.60	86.47	13.53	
No 100	0.149	0.090	5.12	91.59	8.41	
No 200	0.074	0.132	7.50	99.09	0.91	
CAZOLETA	0.000	0.016	0.91	100.00	0.00	
TOTAL		1.759	100.00			

TABLA N° 14 Resultado de estudio granulométrico en Zona cero

TAMIZ	DIÁMETRO	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	TAMAÑO MÁXIMO
N°	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1"	25.400					Grava mal graduada con arcilla y arena; con material granular equivalente al: 97.29%
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No 4	4.760	0.002	0.11	0.11	99.89	
No 8	2.380	0.038	2.14	2.25	97.75	
No 10	2.000	0.018	1.01	3.27	96.73	
No 16	1.190	0.084	4.74	8.00	92.00	
No 20	0.840	0.113	6.37	14.37	85.63	
No 30	0.590	0.204	11.50	25.87	74.13	
No 40	0.426	0.295	16.63	42.50	57.50	
No 50	0.297	0.306	17.25	59.75	40.25	
No 60	0.250	0.180	10.15	69.90	30.10	
No 80	0.177	0.202	11.39	81.29	18.71	
No 100	0.149	0.072	4.06	85.34	14.66	
No 200	0.074	0.212	11.95	97.29	2.71	
CAZOLETA	0.000	0.048	2.71	100.00	0.00	
TOTAL		1.774	100.00			

TABLA N° 15 Resultado de estudio granulométrico en el puente San Sebastián

TAMIZ	DIÁMETRO	PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	TAMAÑO MÁXIMO
N°	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
1"	25.400					Grava mal graduada con arcilla y arena; con material granular equivalente al: 98.86%
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
No 4	4.760	0.042	1.77	1.77	98.23	
No 8	2.380	0.119	5.01	6.77	93.23	
No 10	2.000	0.046	1.94	8.71	91.29	
No 16	1.190	0.222	9.34	18.05	81.95	
No 20	0.840	0.246	10.35	28.40	71.60	
No 30	0.590	0.234	9.84	38.24	61.76	
No 40	0.426	0.291	12.24	50.48	49.52	
No 50	0.297	0.339	14.26	64.75	35.25	
No 60	0.250	0.265	11.15	75.89	24.11	
No 80	0.177	0.356	14.98	90.87	9.13	
No 100	0.149	0.034	1.43	92.30	7.70	
No 200	0.074	0.156	6.56	98.86	1.14	
CAZOLETA	0.000	0.027	1.14	100.00	0.00	
TOTAL		2.377	100.00			

3.3.2.2. Peso Unitario Suelto y compacto seco

En este ensayo se busca determinar el peso del agregado que alcanza un determinado volumen unitario. Este valor se usa el término "peso volumétrico unitario" porque se trata del volumen ocupado por el agregado y los vacíos. Este peso se utiliza para convertir cantidades en peso a cantidades en volumen.

Se utiliza para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto en cada muestra se siguió el siguiente procedimiento:

- Determinar el peso del recipiente vacío (en kg) y humedecerlo
- Se debe de conocer el volumen
- Llenar y compactar en tres capas de igual volumen, en la tercera capa sobre llene el recipiente
- Enrasar la superficie del concreto y dar un acabado placa enrasado
- Limpiar completamente el exterior del recipiente y determinar el peso en (kg) de recipiente lleno de concreto
- Registrar los datos en la tabla de resultados como se indica en la **TABLA N°16** a la **23**.

TABLA N° 16 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Puente Ayancocha

PESO UNITARIO SUELTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	7432	7439	7440	7339
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	5142.00	5149.00	5150.00	5049.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1816.32	1818.79	1819.15	1783.47
Peso Unitario Suelto seco		1809.43		Kg/m3.	

TABLA N° 17 Peso Unitario Compacto seco – Muestra Puente Ayancocha

PESO UNITARIO COMPACTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	7783	7688	7747	7518
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	5493.00	5398.00	5457.00	5228.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1940.30	1906.75	1927.59	1846.70
Peso Unitario Compacto seco		1905.33		Kg/m3.	

TABLA N° 18 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Rio Huancachupa

PESO UNITARIO SUELTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	7157	7267	7209	7179
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	4867.00	4977.00	4919.00	4889.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1719.18	1758.04	1737.55	1726.95
Peso Unitario Suelto seco		1735.43		Kg/m3.	

TABLA N° 19 Peso Unitario Compacto Seco – Muestra Rio Huancachupa

PESO UNITARIO COMPACTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	7524	7522	7481	7471
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	5234.00	5232.00	5191.00	5181.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1848.82	1848.11	1833.63	1830.10
Peso Unitario Compacto seco		1840.16		Kg/m3.	

TABLA N° 20 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Zona Cero

PESO UNITARIO SUELTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	6917	6739	6808	6776
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	4627.00	4449.00	4518.00	4486.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1634.40	1571.53	1595.90	1584.60
Peso Unitario Suelto seco		1596.61	Kg/m3.		

TABLA N° 21 Peso Unitario Compacto Seco – Muestra Zona Cero

PESO UNITARIO COMPACTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	7017	7055	6928	7100
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	4727.00	4765.00	4638.00	4810.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1669.73	1683.15	1638.29	1699.05
Peso Unitario Compacto seco		1672.55	Kg/m3.		

TABLA N° 22 Peso Unitario Suelto Seco – Muestra Puente San Sebastián

PESO UNITARIO SUELTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	6584	6645	6800	6638
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	4294.00	4355.00	4510.00	4348.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1516.78	1538.33	1593.08	1535.85
Peso Unitario Suelto seco		1546.01	Kg/m3.		

TABLA N° 23 Peso Unitario Compacto Seco – Muestra Puente San Sebastián

PESO UNITARIO COMPACTO SECO - NTP 400.017					
MUESTRA	Unid.	M - 1	M - 2	M - 3	M - 4
Peso seco del agregado grueso + recipiente	gr.	6985	6956	6995	7082
Peso del recipiente	gr.	2290	2290	2290	2290
Volumen de recipiente	cm3.	2831	2831.00	2831.00	2831.00
Peso del agregado grueso	gr.	4695.00	4666.00	4705.00	4792.00
Peso unitario suelto seco	Kg/m3.	1658.42	1648.18	1661.96	1692.69
Peso Unitario Compacto seco		1665.31	Kg/m3.		

3.3.2.3. Gravedad Específica y Absorción de los Agregados

El peso específico (gravedad específica) es generalmente usada para calcular el volumen ocupado por el agregado en varias mezclas incluyendo concreto de cemento Portland, concreto bituminoso, y otras mezclas que son proporcionadas y analizadas en base al volumen. También es usado en el cálculo de vacíos en el agregado del ensayo MTC E 203.

Los valores de absorción son usados para calcular el cambio en la masa de un agregado debido al agua absorbida entre los espacios de los poros entre las partículas constituyentes, comparado a la condición seca, cuando es estimado que el agregado ha estado en contacto con el agua lo suficiente para satisfacer la mayor absorción potencial.

- Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de 110°C, enfriar al aire a temperatura del cuarto por 1 a 3 horas para muestras de ensayo de 37.5 mm (1 ½") de tamaño nominal máximo, o más tiempo para tamaños mayores, hasta que el agregado se haya enfriado a una temperatura que sea manejable (aproximadamente 50 °C). Posteriormente sumerja el agregado en agua a la temperatura del cuarto por un período de 24 horas.
- Remueva la muestra de ensayo del agua y enróllela en un paño o franela absorbente hasta que toda la película visible de agua sea removida .Seque las partículas grandes individualmente. Una corriente de aire es permitida

para ayudar en la operación de secado. Tenga cuidado de evitar la evaporación de agua de los poros del agregado durante la operación de secado superficial. Determine la masa de la muestra de ensayo en la condición saturada superficialmente seca (muestra al aire). Registre esta y las subsiguientes masas con una precisión de 0.5 g o 0.05% de la masa de la muestra, la que sea mayor.

- Después de determinar la masa al aire, coloque inmediatamente la muestra de ensayo saturada superficialmente seca en el contenedor y determine su masa aparente en agua a 23 ± 2.0 °C. Tenga cuidado de eliminar todo el aire atrapado antes de pesar, agitando el recipiente mientras es sumergido. La diferencia entre la masa al aire y la masa cuando la muestra es sumergida en agua es igual a la masa de agua desplazada por la muestra. El contenedor debería ser sumergido a una profundidad suficiente para cubrirlo y la muestra de ensayo, mientras se determina la masa aparente en el agua. El alambre del cual se suspende el contenedor debe ser del tamaño más pequeño posible para minimizar cualquier efecto posible.
- Seque la muestra de ensayo a masa constante a una temperatura de 110 ± 5 °C, enfriar al aire a temperatura del cuarto durante 1 a 3 horas, o hasta que el agregado haya enfriado a una temperatura que sea confortable de manejar (aproximadamente 50 °C), y determine la masa.
- Registrar los datos en la tabla de resultados como se indica en la **TABLA N°24 a la 27.**

TABLA N° 24 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra Ayancocha

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO MTC E 205					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	350	350	350	
B	Peso Frasco + agua	685	685	685	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1035.0	1035.0	1035.0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	903.3	903.2	903.4	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	131.7	131.8	131.6	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	342.2	342.5	342.1	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	123.9	124.3	123.7	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.598	2.599	2.600	2.599
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.658	2.656	2.660	2.658
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.762	2.755	2.766	2.761
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.279	2.190	2.309	2.259
AGREGADO GRUESO MTC E 206					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	753	859	759	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	475	537	473	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	277.7	322.1	285.7	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	743.2	845.2	748.3	
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	267.9	308.3	275	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.676	2.624	2.619	2.640
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.712	2.667	2.657	2.678
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.774	2.741	2.721	2.746
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.319	1.633	1.430	1.460

TABLA N° 25 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra Rio Huancachupa

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO MTC E 205					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	350	350	350	
B	Peso Frasco + agua	685	685	685	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1035.0	1035.0	1035.0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	902.3	900.5	901.2	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	132.7	134.5	133.8	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	342.5	343.5	343.1	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	125.2	128.0	126.9	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.581	2.554	2.564	2.566
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.638	2.602	2.616	2.619
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.736	2.684	2.704	2.708
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.190	1.892	2.011	2.031
AGREGADO GRUESO MTC E 206					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	461	517	497	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	285	321	310	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	175.7	195.6	187.5	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	454.3	510.3	490.2	
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	169.0	188.9	180.7	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.586	2.609	2.614	2.604
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.624	2.643	2.651	2.639
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.688	2.701	2.713	2.701
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.475	1.313	1.387	1.392

TABLA N° 26 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra Zona Cero

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO MTC E 205					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	350	350	350	
B	Peso Frasco + agua	685	685	685	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1035.0	1035.0	1035.0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	900.7	900.3	900.7	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	134.3	134.7	134.3	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	341.5	342.1	341.8	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	125.8	126.8	126.1	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.543	2.540	2.545	2.543
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.606	2.598	2.606	2.604
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.715	2.698	2.711	2.708
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.489	2.309	2.399	2.399
AGREGADO GRUESO MTC E 206					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	539	531	557	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	333	327	350	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	206.4	203.9	207.5	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	533.1	525.6	550.4	
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	200.5	198.5	200.9	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.583	2.578	2.653	2.603
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.611	2.604	2.684	2.633
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.659	2.648	2.740	2.682
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.107	1.027	1.199	1.111

TABLA N° 27 Gravedad Especifica y Absorción de los Agregados – Muestra San Sebastián

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE LOS AGREGADOS					
AGREGADO FINO MTC E 205					
A	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	350	350	350	
B	Peso Frasco + agua	685	685	685	
C	Peso Frasco + agua + A (gr)	1035.0	1035.0	1035.0	
D	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	900.1	902.1	900.3	
E	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	135.0	132.9	134.7	
F	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	342.1	341.5	341.8	
G	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	127.1	124.4	126.5	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.535	2.570	2.537	2.547
	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.594	2.634	2.598	2.608
	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.693	2.745	2.702	2.713
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	2.309	2.489	2.399	2.399
AGREGADO GRUESO MTC E 206					
A	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Aire) (gr)	559	467	579	
B	Peso Mat.Sat. Sup. Seca (En Agua) (gr)	351	291	363	
C	Vol. de masa + vol de vacíos = A-B (gr)	207.8	175.6	216.5	
D	Peso material seco en estufa (105°C)(gr)	549.6	460.1	569.6	
E	Vol. de masa = C - (A - D) (gr)	198.4	168.7	207.1	PROMEDIO
	Pe bulk (Base seca) = D/C	2.645	2.620	2.631	2.632
	Pe bulk (Base saturada) = A/C	2.690	2.659	2.674	2.675
	Pe Aparente (Base Seca) = D/E	2.770	2.727	2.750	2.749
	% de absorción = ((A - D) / D * 100)	1.710	1.500	1.650	1.620

3.3.2.4. Determinación de Partículas Chatas y Alargadas

Las partículas chatas o alargadas pueden interferir con la consolidación y dificultar la colocación de los materiales. Este método provee el medio para verificar si se cumple con las especificaciones que limitan tales partículas o, para determinar la forma característica del agregado grueso.

Los datos obtenidos se registraron en la tabla de resultados como se indica en la **TABLA N°28** a la **31**.

TABLA N° 28 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra Puente Ayancocha

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS										
(NORMA ASTM D-693)										
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	Abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)									
3"	76.200			100.0						
2"	50.800	453	29.3	70.7	15.2	3.4	1.0	12.3	2.7	0.8
1 1/2"	38.100	217	14.0	56.6	10.3	4.8	0.7	14.6	6.7	0.9
1"	25.400	258	16.7	39.9	9.2	3.6	0.6	15.7	6.1	1.0
3/4"	19.050	181	11.7	28.2	12.4	6.8	0.8	10.4	5.7	0.7
1/2"	12.700	294	19.0	9.2	16.4	5.6	1.1	8.6	2.9	0.6
3/8"	8.750	142	9.2	0.0	20.4	14.3	1.3	11.4	8.0	0.7
TOTAL		1546	70.7				3.8			3.0
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			(g)	1546						
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS			(%)	6.8						

TABLA N° 29 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra Rio Huancachupa

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS										
(NORMA ASTM D-693)										
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	Abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)									
2"	50.800			100.0						
1 1/2"	38.100	303	33.4	66.6	11.2	3.7	1.2	12.2	4.0	1.3
1"	25.400	94	10.3	56.3	9.2	9.8	1.0	11.4	12.2	1.3
3/4"	19.050	52	5.8	50.6	10.4	19.8	1.1	9.5	18.1	1.0
1/2"	12.700	254	28.0	22.6	18.2	7.2	2.0	9.7	3.8	1.1
3/8"	8.750	205	22.6	0.0	24.7	12.0	2.7	13.4	6.5	1.5
TOTAL		909	100.0				6.9			4.8
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			(g)	909						
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS			(%)	11.7						

TABLA N° 30 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra Zona Cero

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS										
(NORMA ASTM D-693)										
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	Abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PESO	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)									
3"	76.200			100.0						
2"	50.800	201	15.7	84.3	26.5	13.2	2.1	14.6	7.3	1.1
1 1/2"	38.100	433	33.8	50.5	22.4	5.2	1.7	18.2	4.2	1.4
1"	25.400	123	9.6	41.0	21.4	17.5	1.7	23.6	19.3	1.8
3/4"	19.050	253	19.8	21.2	20.3	8.0	1.6	21.4	8.4	1.7
1/2"	12.700	165	12.9	8.3	26.8	16.3	2.1	19.8	12.0	1.5
3/8"	8.750	106	8.3	0.0	29.4	27.7	2.3	27.4	25.8	2.1
TOTAL		1281	84.3				7.6			7.2
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			(g)	1281						
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS			(%)	14.8						

TABLA N° 31 Resultados Partículas Chatas y Alargadas – Muestra San Sebastián

DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS										
(NORMA ASTM D-693)										
MATERIAL		AGREGADO GRUESO			CHATAS			ALARGADAS		
TAMIZ	Abertura	PESO RET.	% RET.	% PASA	PES O	(%)	(%) Corregido	PESO	(%)	(%) Corregido
(pulg)	(mm)									
3"	76.200			100.0						
2"	50.800	289	23.4	76.6	29.5	10.2	2.4	16.3	5.6	1.3
1 1/2"	38.100	331	26.9	49.7	26.3	7.9	2.1	14.7	4.4	1.2
1"	25.400	140	11.4	38.3	18.4	13.1	1.5	20.4	14.6	1.7
3/4"	19.050	85	6.9	31.4	19.6	23.2	1.6	21.4	25.3	1.7
1/2"	12.700	231	18.7	12.7	11.4	4.9	0.9	22.6	9.8	1.8
3/8"	8.750	157	12.7	0.0	21.7	13.8	1.8	25.7	16.4	2.1
TOTAL		1232	76.6				5.8			7.3
PESO TOTAL DE LA MUESTRA			(g)	1232						
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS			(%)	13.1						

3.3.2.5. Angularidad del agregado fino

Este ensayo pretende determinar mediante el cálculo de vacíos de aire y la angularidad de los agregados finos, la cual se correlaciona con la resistencia para mezcla asfáltica, pues se tiene como un índice importante en la prevención de las fallas por deformaciones plásticas en el pavimento (v.g. roderas, ahuellamiento).

Los datos obtenidos se registraron en la tabla de resultados como se indica en la **TABLA N°32** a la **35**.

TABLA N° 32 Resultado Angularidad del Agregado Fino – Muestra Puente Ayancocha

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO			
TAMAÑO INDIVIDUAL DE LA FRACCION			MASA (gr)
2.60 mm (N° 8)	a	1,18 mm (N°.16)	44
1,18 mm (N° 16)	a	600 um (N°.30)	57
600 um (N° 30)	a	300 um (N° 50)	72
300 um (N° 50)	a	150 um (N°.100)	17
TOTAL MASA			190
	1	2	3
MASA DEL CILINDRO VACIO (Pv)	175.21	175.21	175.21
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGUA (Pa)	275.43	275.43	275.43
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGREGADO (Pm)	322.34	324.14	320.54
MASA NETA DEL AGREGADO (F)	147.13	149	145
TEMPERATURA DEL AGUA (T)	23°	23°	23°
MASA NETA DEL AGUA (M)	100.22	100.22	100.22
DENSIDAD DEL AGUA (D)*	997.54	997.54	997.54
VOLUMEN DEL CILINDRO ml (V)	10.05	10.05	10.05
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (G)	2599	2,598.84	2,598.84
PORCENTAJE DE VACIOS SINCOMPACTAR %u	9.48	9.48	9.49
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACIOS SIN COMPACTAR	9.48		

TABLA N° 33 Resultado Angularidad del Agregado Fino – Muestra Rio Huancachupa

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO			
TAMAÑO INDIVIDUAL DE LA FRACCION			MASA (gr)
2.60 mm (N° 8)	a	1,18 mm (N°.16)	44
1,18 mm (N° 16)	a	600 um (N°.30)	57
600 um (N° 30)	a	300 um (N° 50)	72
300 um (N° 50)	a	150 um (N°.100)	17
TOTAL MASA			190
	1	2	3
MASA DEL CILINDRO VACIO (Pv)	175.21	175.21	175.21
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGUA (Pa)	275.43	275.43	275.43
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGREGADO (Pm)	324.41	325.32	324.91
MASA NETA DEL AGREGADO (F)	149.2	150	150
TEMPERATURA DEL AGUA (T)	23°	23°	23°
MASA NETA DEL AGUA (M)	100.22	100.22	100.22
DENSIDAD DEL AGUA (D)*	997.54	997.54	997.54
VOLUMEN DEL CILINDRO ml (V)	10.05	10.05	10.05
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (G)	2599	2,598.84	2,598.84
PORCENTAJE DE VACIOS SINCOMPACTAR %u	9.48	9.48	9.47
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACIOS SIN COMPACTAR	9.48		

TABLA N° 34 Resultado de Angularidad del Agregado Fino – Muestra Zona

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO			
TAMAÑO INDIVIDUAL DE LA FRACCION			MASA (gr)
2.60 mm (N° 8)	a	1,18 mm (N° 16)	44
1,18 mm (N° 16)	a	600 um (N° 30)	57
600 um (N° 30)	a	300 um (N° 50)	72
300 um (N° 50)	a	150 um (N° 100)	17
TOTAL MASA			190
		1	2
MASA DEL CILINDRO VACIO (Pv)		175.21	175.21
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGUA (Pa)		275.43	275.43
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGREGADO (Pm)		313.33	315.21
MASA NETA DEL AGREGADO (F)		138.12	140
TEMPERATURA DEL AGUA (T)		23°	23°
MASA NETA DEL AGUA (M)		100.22	100.22
DENSIDAD DEL AGUA (D)*		997.54	997.54
VOLUMEN DEL CILINDRO ml (V)		10.05	10.05
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (G)		2599	2,598.84
PORCENTAJE DE VACIOS SINCOMPACTAR %u		9.52	9.51
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACIOS SIN COMPACTAR		9.52	

TABLA N° 35 Resultado de Angularidad del Agregado Fino – Muestra San Sebastián

ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO			
TAMAÑO INDIVIDUAL DE LA FRACCION			MASA (gr)
2.60 mm (N° 8)	a	1,18 mm (N° 16)	44
1,18 mm (N° 16)	a	600 um (N° 30)	57
600 um (N° 30)	a	300 um (N° 50)	72
300 um (N° 50)	a	150 um (N° 100)	17
TOTAL MASA			190
		1	2
MASA DEL CILINDRO VACIO (Pv)		175.21	175.21
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGUA (Pa)		275.43	275.43
MASA DEL CILINDRO LLENO CON AGREGADO (Pm)		316.42	318.31
MASA NETA DEL AGREGADO (F)		141.21	143
TEMPERATURA DEL AGUA (T)		23°	23°
MASA NETA DEL AGUA (M)		100.22	100.22
DENSIDAD DEL AGUA (D)*		997.54	997.54
VOLUMEN DEL CILINDRO ml (V)		10.05	10.05
DENSIDAD BULK DEL AGREGADO (G)		2599	2,598.84
PORCENTAJE DE VACIOS SINCOMPACTAR %u		9.51	9.50
PROMEDIO PORCENTAJE DE VACIOS SIN COMPACTAR		9.50	

3.3.3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO:

Un modelo hidrológico, busca representar los diferentes procesos involucrados en la distribución de la lluvia y la generación de caudales en una determinada cuenca, y una parte importante del movimiento del agua viene determinada por la infiltración, que es el proceso por el que la precipitación se mueve hacia abajo a través de la superficie del suelo, aumentando la humedad del suelo, uno de los métodos más extendidos y experimentados de los modelos empíricos de infiltración es el del SCS.

En este documento se aplica una metodología para generar mapa temático de Número de Curva para la cuenca del río Huallaga y parámetros hidrológicos que utilizado por el Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de los EEUU para el cálculo de la escorrentía.

La metodología se basa en la utilización de herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), los cuales permiten trabajar con datos diversos como mapas de cobertura vegetal, suelos y modelos digitales de elevaciones (MDE).

Para la generación de este mapa se realiza mediante la aplicación de tablas de reclasificación, interpolación y operaciones de superposición de las distintas capas de información de las que depende, obteniendo como resultado mapas raster de “Número de Curva”, para condiciones normales,

condiciones húmedas y condiciones secas, parámetros muy importantes en estudios hidrológicos.

3.3.3.1. Análisis morfo métrico e interpolación de CN:

- Para este proceso se utilizó la extensión HEC-geoHMS para Arc Gis donde delimitaremos un total de 61 subcuencas, obteniéndose las características principales como área topográfica, perímetro, pendiente, lo que es necesario asociar las características del cauce principal como son su longitud y su pendiente.
- Para obtener el número de curva se usó un raster dado por el ANA donde el modelo conceptual nos indica la integración de un mapa de cobertura y uso, mapa de suelos y el modelo digital de elevaciones (MDE). Como se indica en las **FIGURA N°12, 13 y 14:**

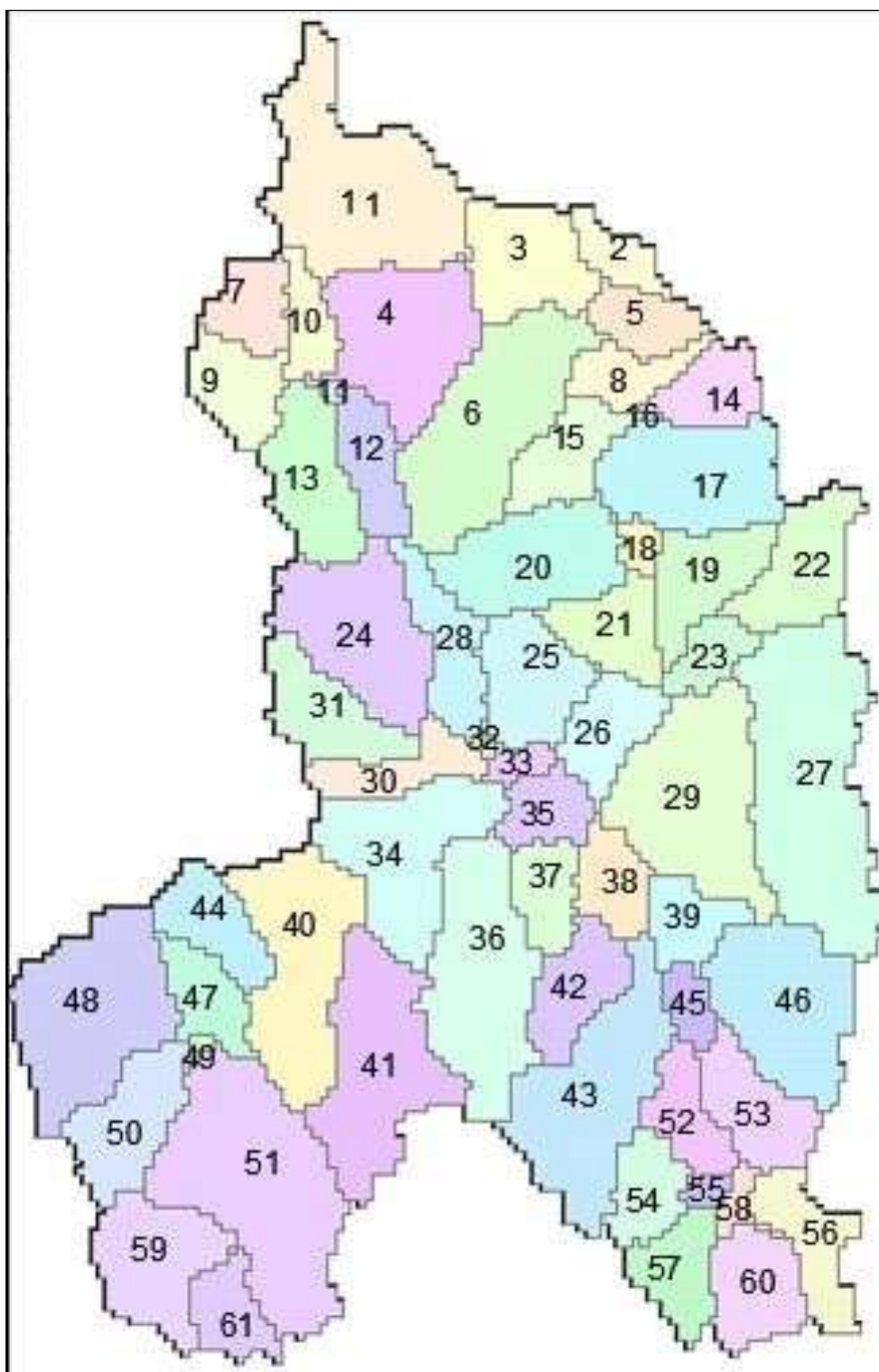


FIGURA N° 12 Obtención de las 61 sub cuencas [Fuente: propia]



FIGURA N° 13 caracterizaciones de las sub cuencas [Fuente: propia]

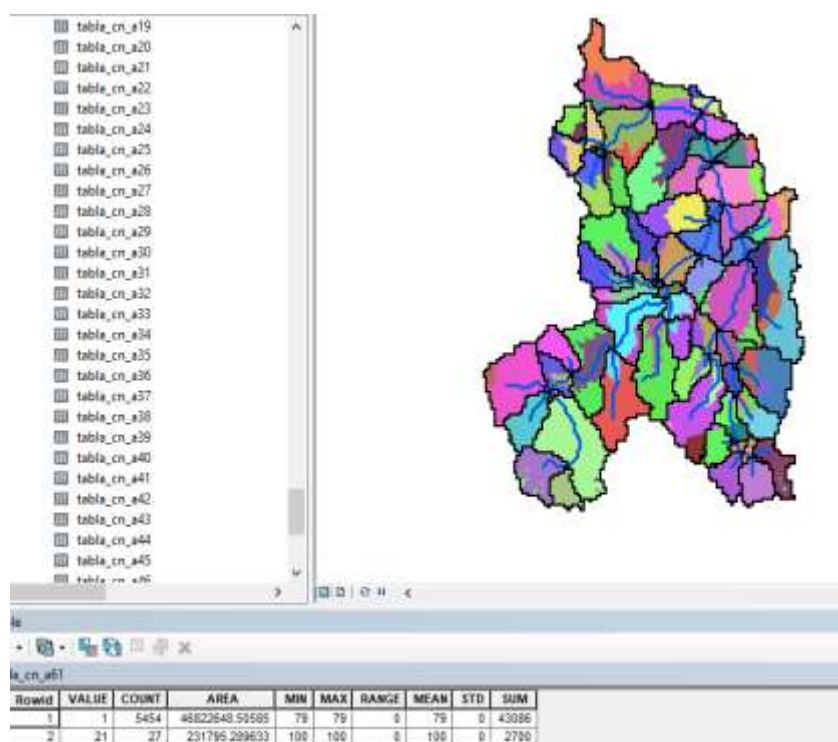


FIGURA N° 14 Tabulación de cada sub cuenca para tener las CN [Fuente: propia]

- Obteniéndose los siguientes parámetros morfo métricos mostrados en la **TABLA N°36** para cada una de las 61 sub cuencas:

TABLA N° 36 Parámetros Morfo métrico de las sub cuencas

Cuenca	longitud(km)	Desnivel(m)	Area(km2)	CN	%Impermeabilidad
A-01	13,76	559	207,99	79	0,07%
A-02	4,26	20	31,65	70	20,60%
A-03	12,40	255	93,95	70	8,91%
A-04	16,90	500	145,02	69	0,06%
A-05	5,29	427	44,87	67	10,06%
A-06	16,71	1025	190,38	72	10,21%
A-07	4,98	550	23,71	72	0,06%
A-08	6,24	10	44,29	66	7,20%
A-09	2,62	232	58,82	72	0,03%
A-10	4,37	15	37,61	66	0,06%
A-11	1,14	15	3,25	66	0,16%
A-12	11,14	1014	57,93	75	0,01%
A-13	12,36	750	90,18	73	0,02%
A-14	3,43	439	51,05	71	2,24%
A-15	10,50	1094	62,39	67	14,64%
A-16	0,47	3	1,74	66	9,64%
A-17	10,14	233	132,59	68	20,12%
A-18	4,65	39	15,88	66	16,59%
A-19	9,08	165	73,81	66	12,86%
A-20	11,39	250	120,90	71	1,23%
A-21	8,80	52	62,66	66	7,61%
A-22	12,66	1500	81,27	80	9,77%
A-23	6,12	250	35,43	66	9,61%
A-24	9,91	325	142,99	75	11,63%
A-25	11,58	153	86,39	67	9,60%
A-26	2,62	203	62,26	68	8,20%
A-27	17,07	1017	256,84	79	4,24%
A-28	14,12	1701	67,78	75	3,20%
A-29	17,90	286	183,38	68	7,20%
A-30	5,99	165	52,09	69	0,50%
A-31	10,44	713	75,20	76	6,72%
A-32	1,75	128	4,10	66	6,88%
A-33	3,84	12	15,76	67	0,320%
A-34	20,24	465	143,82	69	0,75%
A-35	5,71	452	44,70	69	12,29%
A-36	17,29	500	175,76	76	0,00%
A-37	6,04	750	48,55	76	10,67%
A-38	7,35	500	48,78	71	12,38%
A-39	8,41	250	48,00	68	3,94%
A-40	16,62	346	161,01	72	4,85%
A-41	8,38	500	170,28	76	3,77%
A-42	9,71	600	68,51	76	1,20%
A-43	19,29	256	176,46	79	0,03%
A-44	7,74	750	60,88	78	0,08%
A-45	7,99	250	24,66	66	10,07%
A-46	7,49	250	148,43	81	1,95%
A-47	5,99	250	51,00	74	0,01%
A-48	11,50	250	159,09	88	0,00%
A-49	1,14	1	4,39	79	9,42%
A-50	13,06	750	86,73	79	0,01%
A-51	18,71	250	244,56	79	8,19%
A-52	11,34	250	54,03	80	13,23%
A-53	12,39	750	75,97	80	9,30%
A-54	2,62	224	51,13	85	0,93%
A-55	2,76	250	9,51	86	7,00%
A-56	13,61	250	66,59	86	5,94%
A-57	4,51	200	57,55	86	2,65%
A-58	2,76	10	15,28	86	9,25%
A-59	10,02	110	102,63	81	7,46%
A-60	4,62	135	71,70	86	6,66%
A-61	6,85	365	47,05	79	6,43%

3.3.3.2. Curvas IDF mediante el Estudio de Hidrología del Perú (IILA SENAMHI-UNI 1993)

Se halló la Intensidad de la precipitación de diseño, duración y periodo de retorno seleccionado, utilizando las curvas IDF del “Estudio de la Hidrología del Perú” (IILA- SENAMHI.UNI, 1983) y la siguiente expresión deducida se muestra en la fórmula:

$$i_{t,T} = \frac{P_{24,T}}{t_a} \left(\frac{t+b}{t_a+b} \right)^{n-1} \text{ Para } t \leq t_g \quad (9)$$

Dónde:

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

t : Duración en horas equivalente al tiempo de concentración

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

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

Para determinar la intensidad de precipitación de diseño, para duración y periodo de retornos seleccionados, es posible utilizar mediante el estudio de hidrología del Perú haciendo uso de la siguiente fórmula 6,7 y 8.

$$i_{t,T} = a (1 + k \log_{10} T) (t + b)^{n-1} \quad (10)$$

$i_{t,T}$: Intensidad de la lluvia (mm/hr)

a: Parámetro de intensidad (mm)

k: Parámetro de frecuencia (adimensional)

b: Parámetro de tiempo (hora)

n: Parámetro de duración (adimensional)

t: Duración (hora)

$$P_{24,T} = \varepsilon_g (1 + k \log_{10} T) \quad (11)$$

$$a = \varepsilon_g \left(\frac{1}{t_g} \right)^n \quad (12)$$

Donde:

$P_{24,T}$: Máxima precipitación en 24 horas

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

t_g : Duración de la lluvia

En la **TABLA N° 37** se muestra los valores de K_g y E_g los cuales dependen de las zonas y subzonas pluviométricas.

TABLA N° 37 Subdivisión de zonas y sub zonas pluviométricas y valores de K_g y E_g

ZONA	k'_g	Subzona	ε_g
123	$k'_g = 0.553$	123 ₁	$\varepsilon_g = 85.0$
		123 ₂	$\varepsilon_g = 75.0$
		123 ₃	$\varepsilon_g = 100 - 0.022Y$
		123 ₄	$\varepsilon_g = 70 - 0.019Y$
		123 ₅	$\varepsilon_g = 24.0$
		123 ₆	$\varepsilon_g = 30.5$
		123 ₇	$\varepsilon_g = -2 + 0.006Y$
		123 ₈	$\varepsilon_g = 26.6$
		123 ₉	$\varepsilon_g = 23.3$
		123 ₁₀	$\varepsilon_g = 6 + 0.05Y$
		123 ₁₁	$\varepsilon_g = 1 + 0.05Y$
		123 ₁₂	$\varepsilon_g = 75.0$
		123 ₁₃	$\varepsilon_g = 75.0$

			$\varepsilon_g = 70$
4	$k'_g = 0.861$	4 ₁	$\varepsilon_g = 20.0$
5a	$k'_g = 11 * \varepsilon_g^{-0.85}$	5 _{a1} 5 _{a2} 5 _{a3} 5 _{a4} 5 _{a5} 5 _{a6} 5 _{a7} 5 _{a8} 5 _{a9} 5 _{a10} 5 _{a11} 5 _{a12} 5 _{a13} 5 _{a14}	$\varepsilon_g = -7.6 + 0.006Y$ (Y>2300) $\varepsilon_g = 32 - 0.177D_c$ $\varepsilon_g = -13 + 0.010Y$ (Y>2300) $\varepsilon_g = 3.8 + 0.0053Y$ (Y>1500) $\varepsilon_g = -6 + 0.007Y$ (Y>2300) $\varepsilon_g = 1.4 + 0.0067$ $\varepsilon_g = -2 + 0.007Y$ (Y>2000) $\varepsilon_g = 24 + 0.0025Y$ $\varepsilon_g = 9.4 + 0.0067Y$ $\varepsilon_g = 18.8 + 0.0028Y$ $\varepsilon_g = 32.4 + 0.004Y$ $\varepsilon_g = 19.0 + 0.005Y$ $\varepsilon_g = 23.0 + 0.0143Y$ $\varepsilon_g = 4.0 + 0.010Y$
5b	$k'_g = 130 * \varepsilon_g^{-1.4}$	5 _{b1} 5 _{b2} 5 _{b3} 5 _{b4} 5 _{b5}	$\varepsilon_g = 4 + 0.01$ (Y>1000) $\varepsilon_g = 41.0$ $\varepsilon_g = 23.0 + 0.143Y$ $\varepsilon_g = 32.4 + 0.004Y$ $\varepsilon_g = 9.4 + 0.0067Y$
6	$k'_g = 5.4 * \varepsilon_g^{-0.6}$	6 ₁	$\varepsilon_g = 30 - 0.5D_c$
9	$k'_g = 22.5 * \varepsilon_g^{-0.85}$	9 ₁ 9 ₂ 9 ₃	$\varepsilon_g = 61.5$ $\varepsilon_g = -4.5 + 0.323D_m$ (30≤D _m ≤110) $\varepsilon_g = 31 + 0.475(D_m - 110)$ (D _m ≤110)
10	$k'_g = 1.45$	10 ₁	$\varepsilon_g = 12.5 + 0.95D_m$

TABLA N° 38 Valores de los parámetros a y n

SUB ZONA	ESTACIÓN	N° TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
123 ₁	321-385	2	0.357	32.2
123 ₃	384-787-805	3	0.405	a=37.85-0.0083Y
123 ₁₃	244-193	2	0.432	
123 ₅	850-903	2	0.353	9.2
123 ₆	840-913-918-958	4	0.358	11
123 ₈	654-674-679-709-713-714-732-745-752	9	0.232	14.0
123 ₉	769	1	0.242	12.1
123 ₁₀	446-557-594-653-672 696-708-711-712-715 717-717-724-757-773	14	0.254	a=3.01+0.0025Y
123 ₁₁	508-667-719-750-771	5	0.286	a=0.46+0.0025
5 _{a2}	935-968	2	0.301	a=14.1-0.078D _c
5 _{a5}	559	1	0.303	a=-2.6+0.0031Y
5 _{a10}	248	1	0.434	a=5.8+0.0009Y

Se muestra la **TABLA N°38** en la que se indica los valores de “a” y “n” que definen las curvas de probabilidad pluviométrica en cada punto de las sub zonas. Con los valores anteriormente mencionados se procedió a encontrar valores de los parámetros a y n como indica la **TABLA N°39**

TABLA N° 39 Valores de los parámetros a y n para la cuenca del Rio Huallaga

Cuenca	Zona	Kg	Sub zona	y	Ëg	n	tg	a	b	tc
A-01	123	0.553	10	2529.5	18.6475	0.254	15.2	9.341838	0.4	7.19979
A-02	123	0.553	10	2010	16.05	0.254	15.2	8.040569	0.4	6.69374
A-03	123	0.553	10	2122.5	16.6125	0.254	15.2	8.322364	0.4	8.63553
A-04	123	0.553	10	2500	18.5	0.254	15.2	9.267945	0.4	9.52879
A-05	123	0.553	10	2213.5	17.0675	0.254	15.2	8.550306	0.4	2.64977
A-06	123	0.553	10	2512.5	18.5625	0.254	15.2	9.299256	0.4	7.13606
A-07	123	0.553	10	3525	23.625	0.254	15.2	11.83542	0.4	2.24154
A-08	123	0.553	10	2005	16.025	0.254	15.2	8.028044	0.4	13.5954
A-09	123	0.553	10	3384	22.92	0.254	15.2	11.48223	0.4	1.48612
A-10	123	0.553	10	3257.5	22.2875	0.254	15.2	11.16537	0.4	7.7111
A-11	123	0.553	10	3257.5	22.2875	0.254	15.2	11.16537	0.4	1.6358
A-12	123	0.553	10	3757	24.785	0.254	15.2	12.41654	0.4	4.48617
A-13	123	0.553	10	3625	24.125	0.254	15.2	12.0859	0.4	5.6826
A-14	123	0.553	10	2280.5	17.4025	0.254	15.2	8.718131	0.4	1.5858
A-15	123	0.553	10	2547	18.735	0.254	15.2	9.385673	0.4	4.06689
A-16	123	0.553	10	2003.5	16.0175	0.254	15.2	8.024287	0.4	1.09831
A-17	123	0.553	10	2133.5	16.6675	0.254	15.2	8.349918	0.4	7.08652
A-18	123	0.553	10	2269.5	17.3475	0.254	15.2	8.690577	0.4	5.73028
A-19	123	0.553	10	2332.5	17.6625	0.254	15.2	8.848383	0.4	7.1236
A-20	123	0.553	10	2375	17.875	0.254	15.2	8.954839	0.4	7.89353
A-21	123	0.553	10	2271	17.355	0.254	15.2	8.694335	0.4	10.7207
A-22	123	0.553	10	3250	22.25	0.254	15.2	11.14658	0.4	4.47413
A-23	123	0.553	10	2625	19.125	0.254	15.2	9.581051	0.4	3.85365
A-24	123	0.553	10	3087.5	21.4375	0.254	15.2	10.73954	0.4	6.07161
A-25	123	0.553	10	2423.5	18.1175	0.254	15.2	9.076324	0.4	9.71619
A-26	123	0.553	10	2463.5	18.3175	0.254	15.2	9.176518	0.4	1.56452
A-27	123	0.553	10	3258.5	22.2925	0.254	15.2	11.16787	0.4	7.33511
A-28	123	0.553	10	3350.5	22.7525	0.254	15.2	11.39832	0.4	4.8322
A-29	123	0.553	10	2893	20.465	0.254	15.2	10.25235	0.4	12.6291
A-30	123	0.553	10	2667.5	19.3375	0.254	15.2	9.687508	0.4	4.40425
A-31	123	0.553	10	3214.5	22.0725	0.254	15.2	11.05766	0.4	4.76533
A-32	123	0.553	10	2564	18.82	0.254	15.2	9.428256	0.4	1.17592
A-33	123	0.553	10	2500.5	18.5025	0.254	15.2	9.269198	0.4	7.23688
A-34	123	0.553	10	2772.5	19.8625	0.254	15.2	9.950517	0.4	12.0713
A-35	123	0.553	10	2774	19.87	0.254	15.2	9.954274	0.4	2.82882
A-36	123	0.553	10	3250	22.25	0.254	15.2	11.14658	0.4	9.78441
A-37	123	0.553	10	3375	22.875	0.254	15.2	11.45969	0.4	2.48594
A-38	123	0.553	10	3250	22.25	0.254	15.2	11.14658	0.4	3.64162
A-39	123	0.553	10	3125	21.625	0.254	15.2	10.83348	0.4	5.55687
A-40	123	0.553	10	3173	21.865	0.254	15.2	10.95371	0.4	10.7722
A-41	123	0.553	10	3250	22.25	0.254	15.2	11.14658	0.4	4.24144
A-42	123	0.553	10	3800	25	0.254	15.2	12.52425	0.4	4.68569
A-43	123	0.553	10	3628	24.14	0.254	15.2	12.09342	0.4	14.3729
A-44	123	0.553	10	3875	25.375	0.254	15.2	12.71211	0.4	3.30796
A-45	123	0.553	10	3375	22.875	0.254	15.2	11.45969	0.4	5.24088
A-46	123	0.553	10	3375	22.875	0.254	15.2	11.45969	0.4	4.85916
A-47	123	0.553	11	3625	19.125	0.254	15.2	9.581051	0.4	3.75315
A-48	123	0.553	11	3875	20.375	0.254	15.2	10.20726	0.4	7.97753
A-49	123	0.553	11	3750.5	19.7525	0.254	15.2	9.89541	0.4	4.64007
A-50	123	0.553	11	4125	21.625	0.254	15.2	10.83348	0.4	6.05186
A-51	123	0.553	11	3875	20.375	0.254	15.2	10.20726	0.4	13.9957
A-52	123	0.553	10	3625	24.125	0.254	15.2	12.0859	0.4	7.84761
A-53	123	0.553	10	3875	25.375	0.254	15.2	12.71211	0.4	5.69524
A-54	123	0.553	10	3888	25.44	0.254	15.2	12.74468	0.4	1.50633
A-55	123	0.553	10	3875	25.375	0.254	15.2	12.71211	0.4	1.53257
A-56	123	0.553	10	4125	26.625	0.254	15.2	13.33833	0.4	9.69229
A-57	123	0.553	10	4100	26.5	0.254	15.2	13.27571	0.4	2.94893
A-58	123	0.553	10	4005	26.025	0.254	15.2	13.03774	0.4	5.2921
A-59	123	0.553	11	4195	21.975	0.254	15.2	11.00882	0.4	9.33725
A-60	123	0.553	10	4067.5	26.3375	0.254	15.2	13.1943	0.4	3.53172
A-61	123	0.553	11	4317.5	22.3375	0.254	15.2	11.31566	0.4	3.79145

Hallándose las curvas IDF para cada una de las 61 subcuencas con un periodo de retorno de 25 años para el cálculo de precipitación.

3.3.3.3. Hec Hms

El análisis de la precipitación se apoya en la estadística y las probabilidades, considerando de esa manera que los valores obtenidos pueden ser una probable ocurrencia, por ello es importante la evaluación de la información proporcionada por las entidades oficiales.

Para la ejecución de los cálculos correspondientes, que permitan obtener los caudales.

El tipo de lluvia a utilizarse en los cálculos de caudales, son las precipitaciones máximas para un determinado período de retorno. En este caso se trabaja con 25 años de retorno que fueron halladas a partir, de las Curvas IDF mediante el Estudio de Hidrología del Perú.

Para hallar el caudal de manera indirecta utilizaremos el método SCS.en el programa HEC hms siguiendo los pasos que se indican en las **FIGURAS N°15 a la 19:**

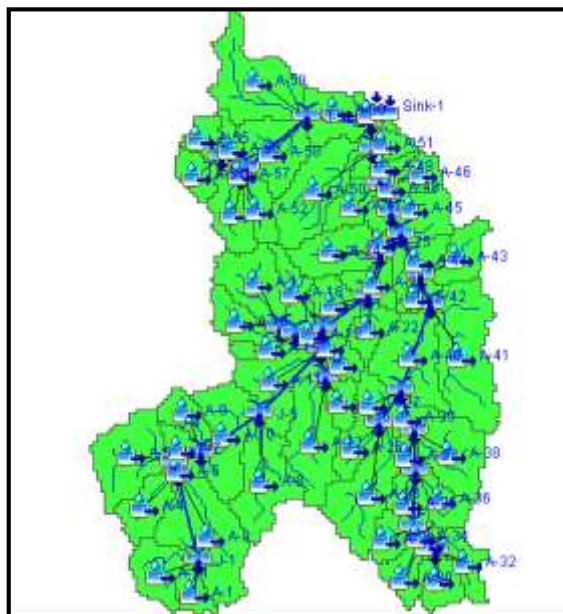


FIGURA N° 15 Delimitación de las 61 sub Cuencas del Rio Huallaga [Fuente: propia]

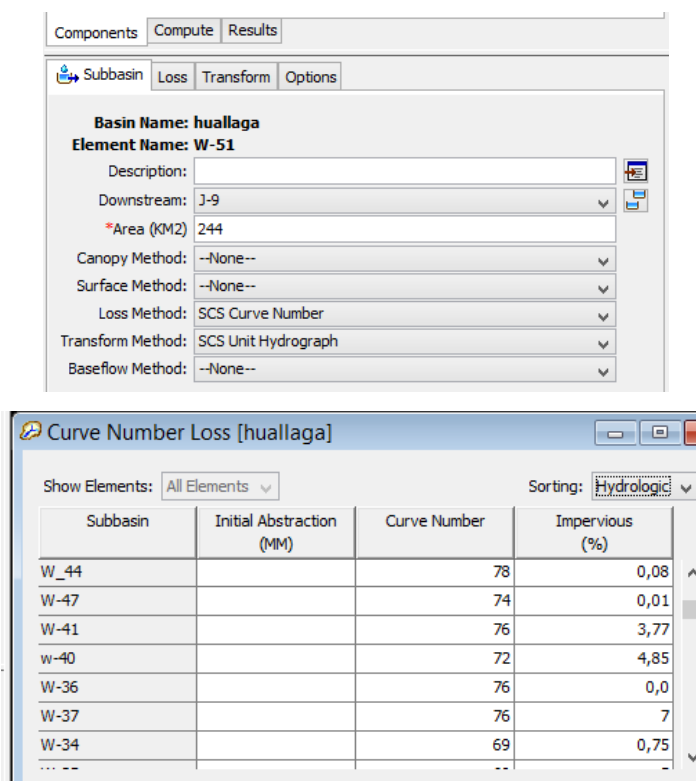


FIGURA N° 16 Llenado de características de cada sub cuenca [Fuente: propia]

Time (ddMMYYYY, HH:mm)	Precipitation (MM)
01ene2000, 00:00	
01ene2000, 00:20	0,30
01ene2000, 00:40	0,32
01ene2000, 01:00	0,35
01ene2000, 01:20	0,38
01ene2000, 01:40	0,42
01ene2000, 02:00	0,48
01ene2000, 02:20	0,58
01ene2000, 02:40	0,77
01ene2000, 03:00	2,37
01ene2000, 03:20	1,00
01ene2000, 03:40	0,65
01ene2000, 04:00	0,52
01ene2000, 04:20	0,45
01ene2000, 04:40	0,40
01ene2000, 05:00	0,36
01ene2000, 05:20	0,34
01ene2000, 05:40	0,31
01ene2000, 06:00	0,30

FIGURA N° 17 Colocación de datos de precipitación de las 61 sub cuencas [Fuente: propia]

Met Name: Met 1	
Subbasin Name	Gage
A-1	P1
A-10	P10
A-11	P11
A-12	P12
A-13	P13
A-14	P14
A-15	P15
A-16	P16
A-17	P17
A-18	P18
A-19	P19
A-2	P2
A-20	P20
A-21	P21
A-22	P22
A-23	P23
A-24	P24
A-25	P25
A-26	P26
A-27	P27

FIGURA N° 18 Hacer coincidir cada una de las sub cuencas con su precipitación [Fuente: propia]

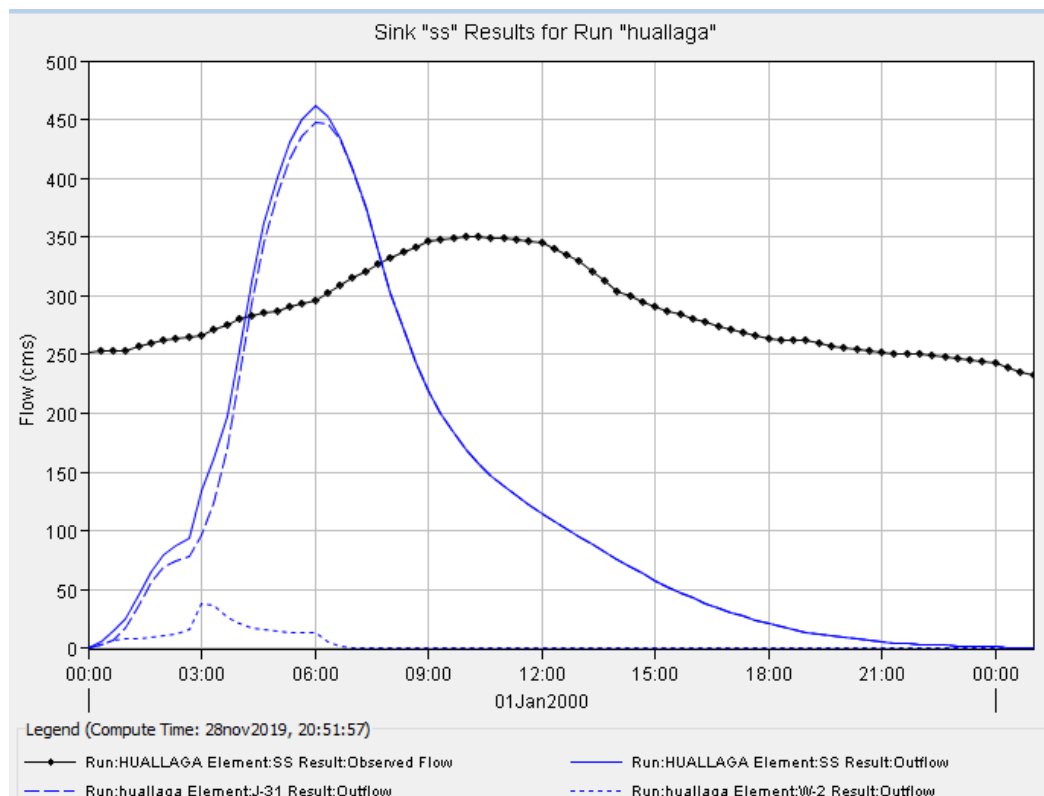


FIGURA N° 19 Caudal procesado por el programa para un periodo de retorno de 100 años [Fuente: propia]

HEC-RAS (Hydrological Engineering Center – River Analysis System) es un programa de modelización hidráulica.

Nos permite simular flujos en cauces naturales o canales artificiales para determinar el nivel del agua el cual se calibrara con los caudales aforados que se indican en la **tabla N°40**

Para empezar con el análisis se usó una extensión de HEC-geoRAS es una extensión para ArcGIS. Diseñada para procesar datos georreferenciados que permite realizar la preparación de los datos geométricos para importarlos en HEC-RAS

TABLA N° 40 Aforos Máximo tomados de la senamhi en el puente taruca

ANO / MES / DIA	HORA	CAUDAL m3/s
08/02/2019	00:00	253,8
08/02/2019	01:00	262
08/02/2019	02:00	266,7
08/02/2019	03:00	280,5
08/02/2019	04:00	287,5
08/02/2019	05:00	296
08/02/2019	06:00	315,4
08/02/2019	07:00	332,7
08/02/2019	08:00	346
08/02/2019	09:00	350,2
08/02/2019	10:00	349,1
08/02/2019	11:00	345
08/02/2019	12:00	329,4
08/02/2019	13:00	304,4
08/02/2019	14:00	290,4
08/02/2019	15:00	281
08/02/2019	16:00	271,3
08/02/2019	17:00	263,4
08/02/2019	18:00	262
08/02/2019	19:00	255,2
08/02/2019	20:00	252,4
08/02/2019	21:00	251,7
08/02/2019	22:00	250,3
08/02/2019	23:00	246,8

Mediante HEC-geoRAS creamos un archivo de importación a HEC-RAS que recoge los datos de la geometría del terreno incluyendo el cauce del río, las secciones transversales, las líneas de flujo, etc. Este archivo se importa a HEC-RAS quedando como indica la **FIGURA N°20**.

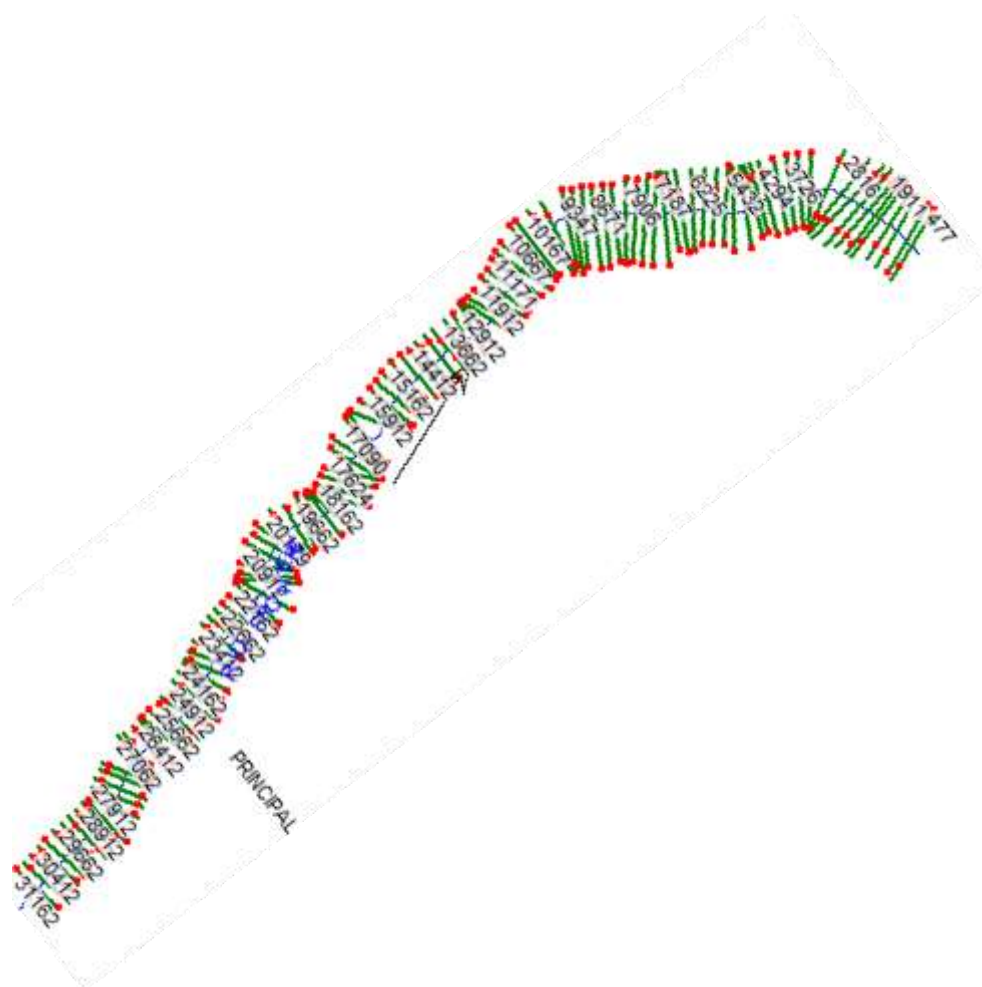


FIGURA N° 20 Geometría del terreno en Hec- geoRas e importación al Hec-ras [Fuente: propia]

Para comprobar que el modelo funciona apropiadamente, se realizó una corrida utilizando la opción de flujo permanente. Para lo cual se insertó 4 diferentes caudales (**FIGURA N°21**):

- Inicio del tramo: Rio Huallaga confluyente con rio Huertas
- Tramo N°2: Rio Huallaga y quebrada de Tomayquichua.
- Tramo N°3 : Rio Huallaga intersección rio Higueras

➤ Final de tramo : rio Huallaga Puente san Sebastián

	River	Reach	RS	PF 1
1	RIO-FRONTERA	PRINCIPAL	31162	423.2
2	RIO-FRONTERA	PRINCIPAL	19912	439.9
3	RIO-FRONTERA	PRINCIPAL	804	453,8
4	RIO-FRONTERA	PRINCIPAL	283	461;2

FIGURA N° 21 Caudales usados para la simulación [Fuente: propia]

Dádonos la **FIGURA N°22** simulaciones del cauce del rio Huallaga tramo Ambo – Huánuco para los caudales y secciones mencionadas.



FIGURA N° 22 Dibujo en perspectiva del cauce natural [Fuente: propia]

Se han tomado las curvas granulométricas halladas en laboratorio para que cada sección de cauce tenga sus propios datos de sedimento se asignan las propiedades físicas como densidad y peso específico.

Generamos un archivo para flujo no permanente donde ponemos las condiciones de contorno aguas arriba y aguas abajo.

Creamos un plan de transporte de sedimentos como se muestra en la **FIGURA N° 23** y ejecutamos la corrida de la simulación.

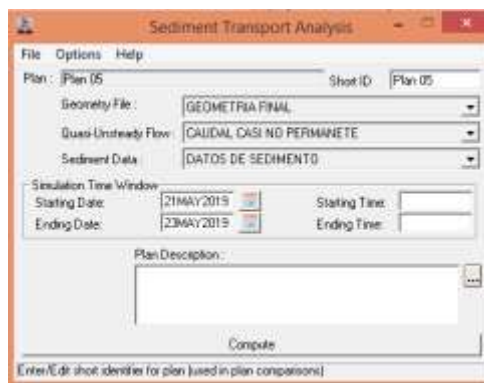


FIGURA N° 23 Ventana para el análisis de transporte de sedimentos [Fuente: propia]

CAPITULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez concluida con la etapa de recolección y procesamiento de datos, se inicia con una de las más importantes fases de la investigación: el análisis y discusión de los resultados.

En esta etapa estableceremos los procesos que permiten analizar la información recopilada, las herramientas de análisis estadístico adecuadas que nos ayudaran a contrastar la veracidad de la hipótesis), la presentación de los datos estadísticos mediante gráficos de barras y gráficos lineales (gráfico usado para la presentación de dos o más variables simultáneamente).

4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CAMPO Y LABORATORIO

4.1.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GRANULOMETRÍA

Los ensayos de granulometría arrojaron los siguientes resultados:

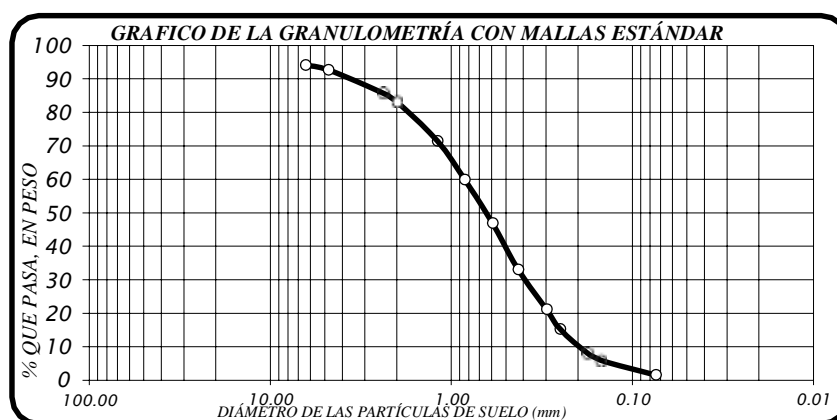


FIGURA N° 24 Gráfico de la granulometría con mallas estándar Ayancocha [Fuente: propia]

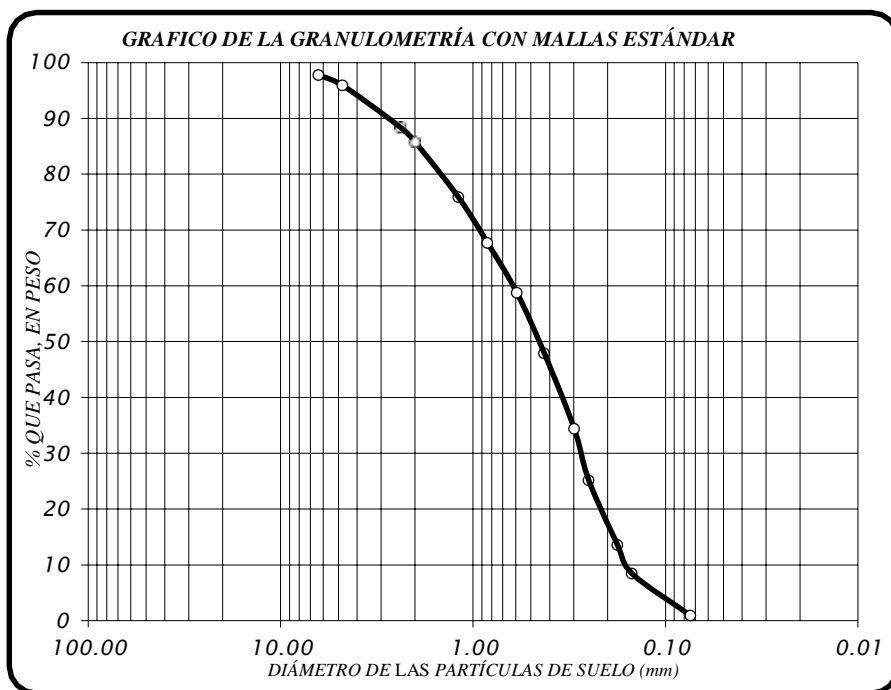


FIGURA N° 25 Gráfico de la granulometría con mallas estándar Huancachupa [Fuente: propia]

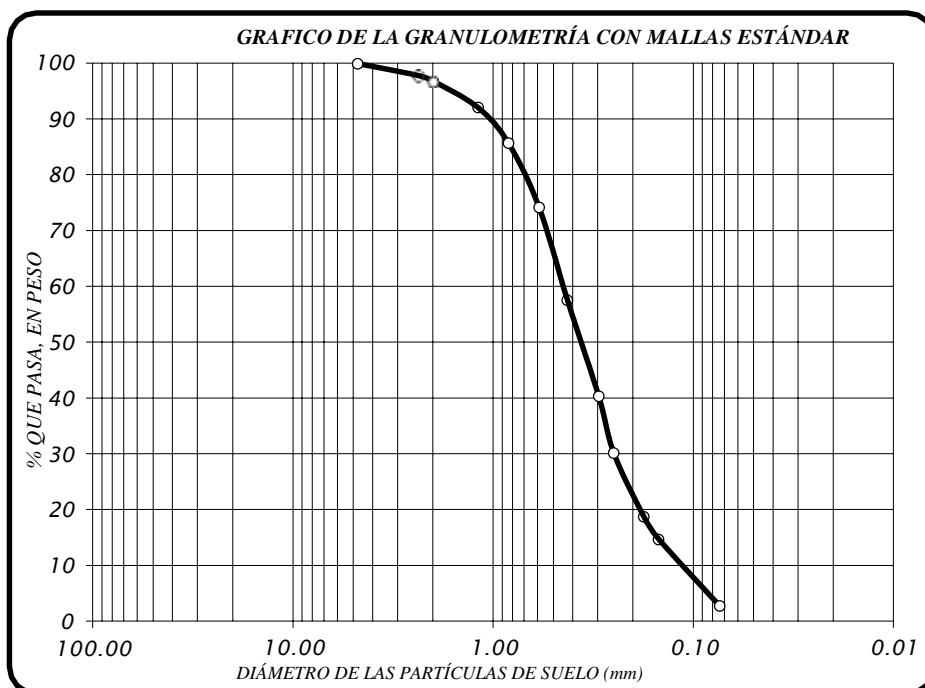


FIGURA N° 26 Gráfico de la granulometría con mallas estándar Zona cero [Fuente: propia]

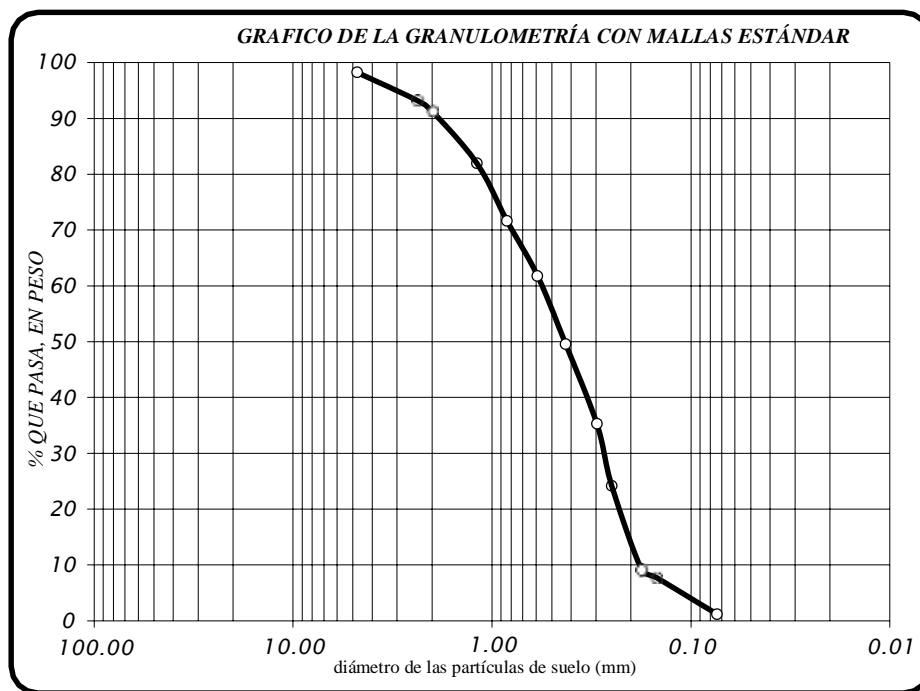


FIGURA N° 27 Gráfico de la granulometría con mallas estándar San Sebastian [Fuente: propia]

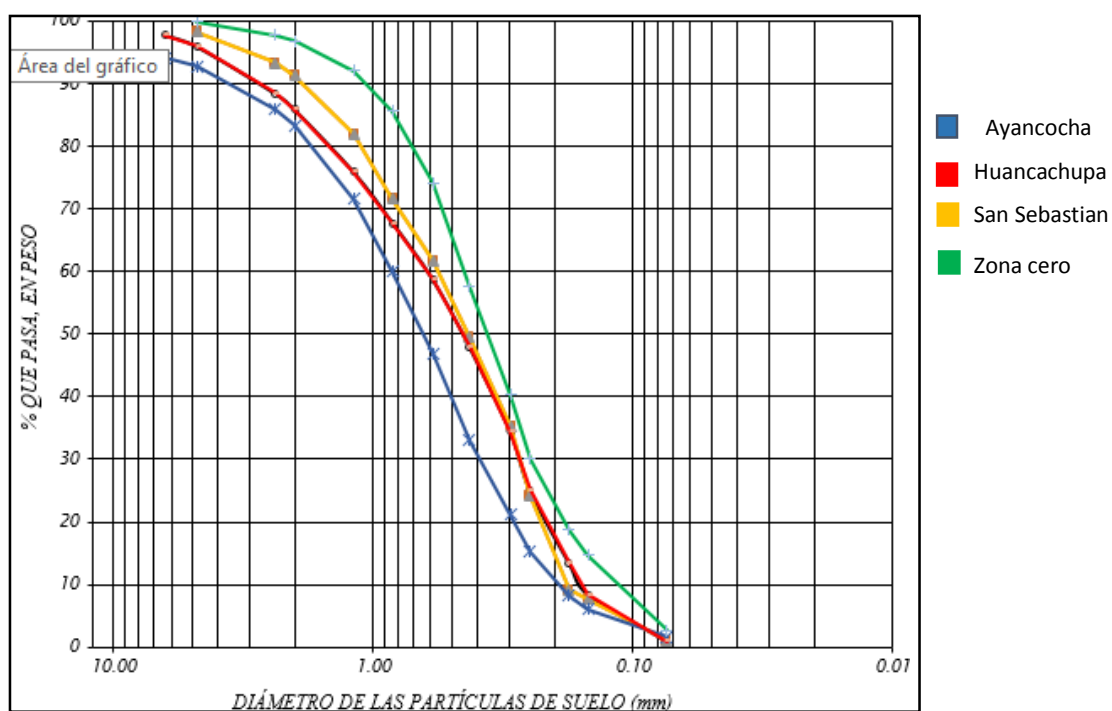


FIGURA N° 28 Gráfico de la granulometría de todas las zonas de estudio [Fuente: propia]

Se observa una tendencia bajista en el tamaño del grano es decir el diámetro de los sedimentos tiende a reducirse a medida a la distancia que avance. En la **FIGURA N°28** donde intersectamos los gráficos, el grafico azul son los resultados de Ayancocha , el rojo de Huancachupa y el verde de Pilco Marca .aquí vemos que el grafico amarillo que se toma al pasar el afluente del rio Higueras causa que la tendencia en diámetro cambie e intersecte en este puntos.

Con estos datos también se determinó gráficos y ecuaciones mostrados en la **FIGURA N°29** a la **32** , teniendo en cuenta la distancia recorrida versus porcentaje que pasa por el tamiz no considerándose el tramo que tiene como afluente al rio Higueras ya que el diámetro de los sedimentos en este punto varia por la gran influencia de este.

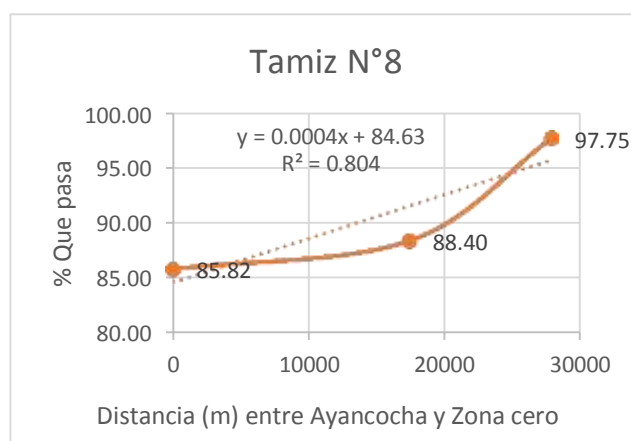


FIGURA N° 29 Variación del diámetro 2.58 mm en función a la longitud (fuente propia)

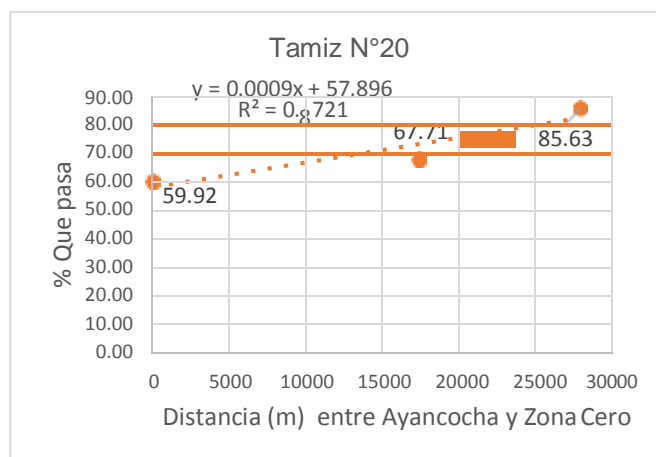


FIGURA N° 30 Variación del diámetro 0.84 mm en función a la longitud (fuente propia)

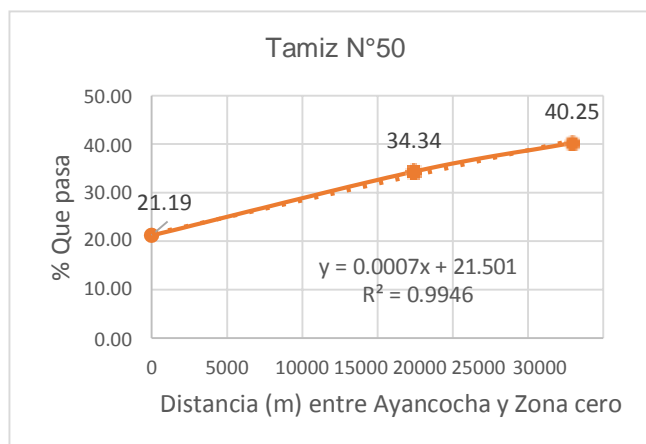


FIGURA N° 31 Variación del diámetro 0.297 mm en función a la longitud (fuente propia)

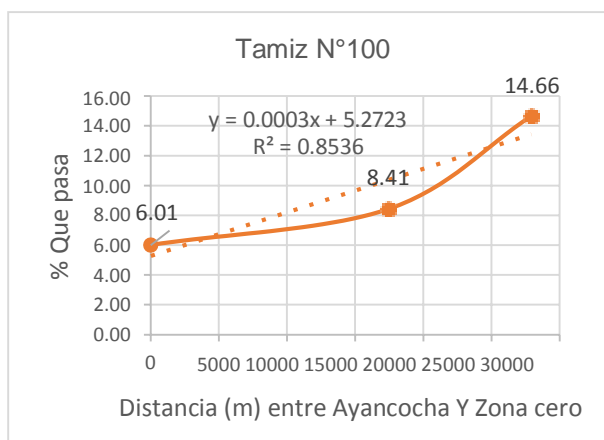


FIGURA N° 32 Variación del diámetro 0.149 mm en función a la longitud (fuente propia)

En la tesis “Movilidad del sedimento de fondo y el material leñoso en dos cuencas del sur de Chile”, por **Silva (2014)** nos afirma esta tendencia decreciente en ambos cauces indicando una relación indirecta entre la distancia recorrida y el diámetro adimensional, en la **FIGURA N°33**.

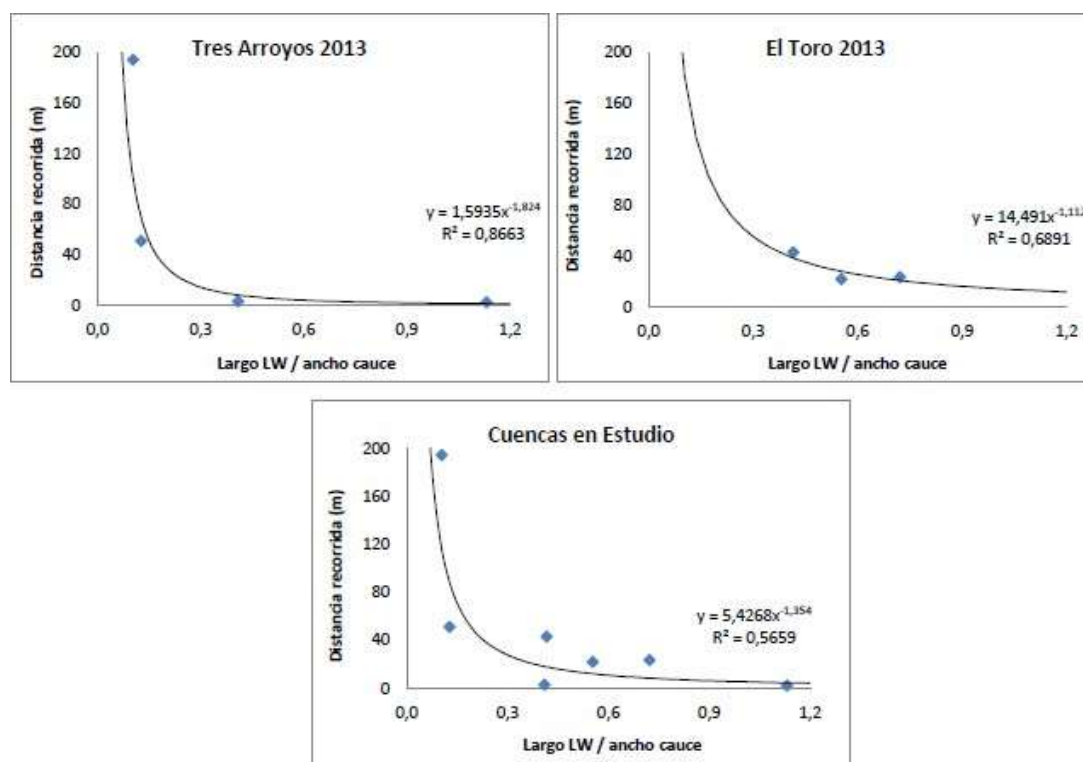


FIGURA N° 33 Relación entre la distancia recorrida y el largo adimensional de las piezas movilizadas.

En esta tesis nos dice también que los diámetros varían de acuerdo a su caudal y velocidad por que para la misma distancia hay distintos diámetros por lo que cambian las ecuaciones pero manteniéndose la tendencia decreciente al igual que en nuestro estudio.

4.1.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE PESO UNITARIO SUELTO Y COMPACTO SECO

Al evaluar los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos ya mencionados, se percibe que el promedio del peso unitario suelto de las muestras evaluadas varían desde 1546.01 kg/m³ hasta 1809.43 kg/m³ mientras que el promedio del peso unitario compactado varían desde 1665.31 kg/m³ hasta 1905.33 kg/m³ observándose que los agregados más pesados fueron los encontrados en las muestras extraídas en el Puente Ayancocha y los menos pesados fueron las muestras extraídas en el Puente San Sebastián. Los resultados mencionados son mostrados desde la **TABLA N°16** a la **23** y en las **FIGURAS N°34** a la **35**.

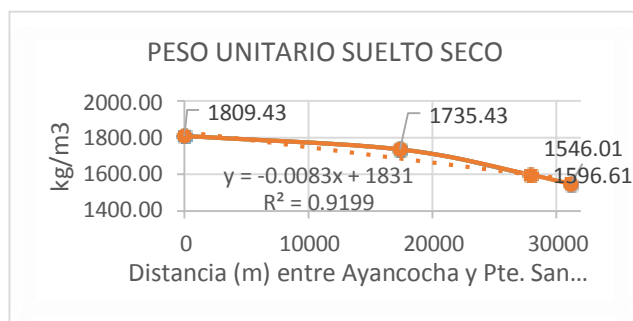


FIGURA N° 34 Variación del peso unitario suelto en función a la longitud (fuente propia)

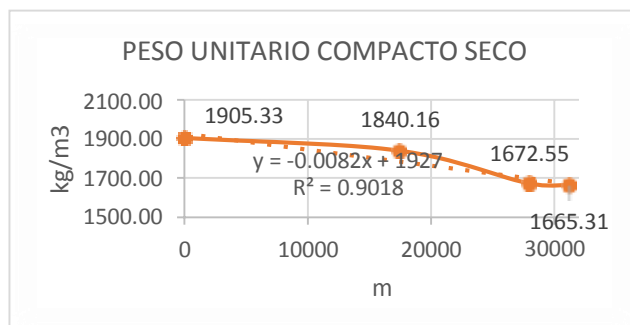


FIGURA N° 35 Variación del peso unitario compacto seco en función a la longitud (fuente propia)

4.1.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

Al evaluar los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos ya mencionados, se percibe que el promedio de la gravedad específica en base seca de los agregados finos pertenecientes a las muestras extraídas varían desde 2.543 gr/cm³ hasta 2.599 gr/cm³ mientras que el promedio de la gravedad específica en base seca de los agregados gruesos varían desde 2.603 gr/cm³ hasta 2.640 gr/cm³ observándose que los agregados más densos fueron los encontrados en las muestras extraídas en el Puente Ayancocha y los menos densos fueron las muestras extraídas en Zona cero. En cuanto al promedio de absorción de los agregados finos pertenecientes a las muestras extraídas varían desde 2.031% hasta 2.399% mientras que el promedio de absorción de los agregados gruesos varía desde 1.111% hasta 1.620 % observándose que los agregados finos más porosos son los extraídos de zona cero, mientras que los agregados gruesos más porosos son los extraídos son las extraídas del puente San Sebastián. Los resultados mencionados son mostrados desde la **TABLA N°24** a la **27** y en las **FIGURAS N°36** y **37**.

En el estudio “Influencia de la forma y textura de las arenas en la demanda de agua de los hormigones”, por **Positieri y Lopez (2015)** nos

afirma esta tendencia es decreciente en la cuenca siempre en cuando no se presente un afluente lo cual coincide con nuestros estudios.

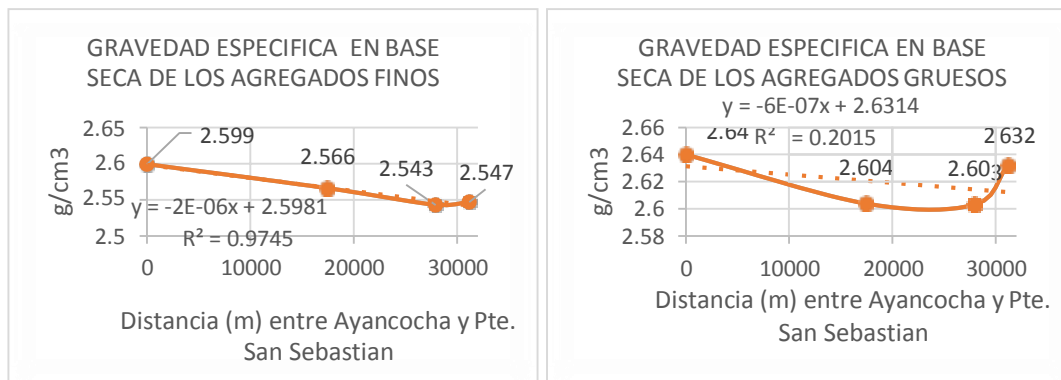


FIGURA N° 36 Variación de la gravedad específica en base seca de los agregados finos y gruesos en función a la longitud (fuente propia)

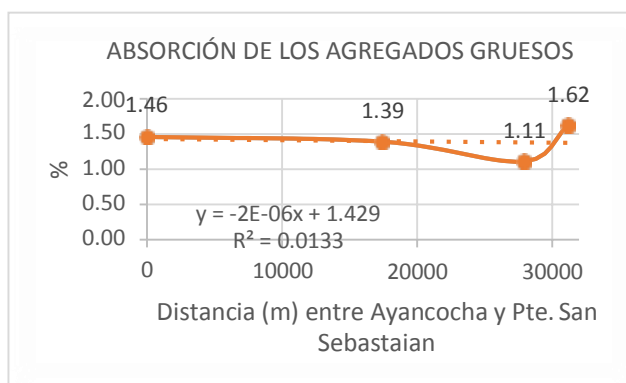


FIGURA N° 37 Variación de la absorción de los agregados gruesos de los agregados finos y gruesos en función a la longitud (fuente propia)

4.1.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS

Al evaluar los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos ya mencionados, se percibe que las partículas chatas y alargadas de las muestras evaluadas varían desde 6.8% hasta 14.8% observándose que los mayores porcentajes fueron los encontrados en las muestras extraídas en

zona cero y los menores porcentajes fueron las muestras extraídas en el Puente Ayancocha. Los resultados mencionados son mostrados desde la **TABLA N°28** a la **31** y en la **FIGURA N°37**.

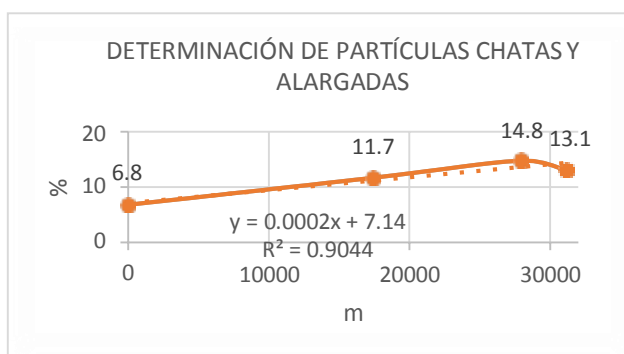


FIGURA N° 38 Variación de la determinación de partículas chatas y alargadas en función a la longitud (fuente propia)

Positieri y Lopez (2015) nos afirma esta tendencia es creciente en la longitud del recorrido en la cuenca siempre en cuando no se presente un afluente lo cual coincide con nuestros estudios.

4.1.5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

Al evaluar los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos ya mencionados, se percibe que el promedio porcentaje de vacíos sin compactar varían desde 9.47% hasta 9.52% observándose que los mayores porcentajes fueron los encontrados en las muestras extraídas en zona cero y los menores porcentajes fueron las muestras extraídas en el Rio Huancachupa. Los resultados mencionados son mostrados desde la **TABLA N°31** a la **34** en la **FIGURA N°38**.

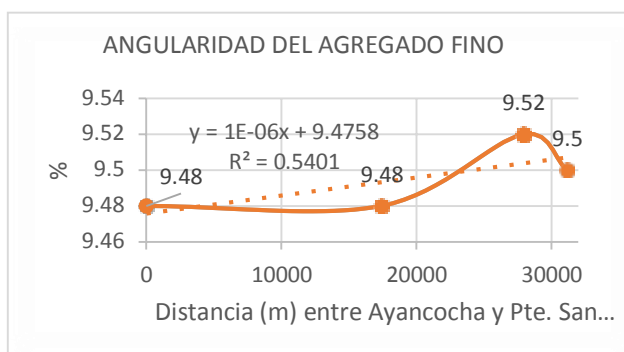


FIGURA N° 39 Variación de la angularidad del agregado fino en función a la longitud (fuente propia)

Cabrera (2013), Alexander y Mindess (2005), analizaron estas características a partir de la medición del porcentaje de vacíos de la arena suelta. Determinando propiedades de interés como son: densidad y absorción, granulometría y contenido de finos menores a 75 micras, peso por unidad de volumen en condición seca y suelta con su granulometría natural y con la indicada en la **TABLA N°40**.

TABLA N° 41 Principales características de las arenas analizadas.

Cantera	1	2	3	4	5
Origen	Río Suquía	Río Suquía	Malagueño	Río Suquía	Río Xanaes
Tipo de arena	Depósito aluvial	Depósito aluvial	De trituración	Depósito aluvial	Depósito aluvial
Densidad relativa s.s.s.	2,666	2,646	2,785	2,644	2,614
Absorción [%]	0,46	0,72	0,97	1,59	0,50
Módulo de fineza	3,04	3,15	3,29	3,26	3,48
Vacios [%]*	44,6	44,2	51,1	44,1	45,9
Relación a/c para un extendido de 210mm*	0,598	0,616	0,779	0,623	0,689

En la cual nos damos cuenta que nuestros resultados validan lo que estos investigadores ya analizaron en las tendencias de aumento o disminución para un mismo afluente.

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS GEOMORFOLÓGICOS

El tamaño de una cuenca influye en gran medida en la producción de sedimentos y en la respuesta hidrográfica. A mayor tamaño de la cuenca, mayor es la cantidad de sedimento y de la descarga que sale de ella, pero esta relación no es aritmética. Áreas relativamente pequeñas tienden a ser uno de los principales contribuyentes de sedimentos dentro de la cuenca. Cuando el tamaño de la cuenca aumenta la influencia de fuentes puntuales disminuye en este caso el área de la cuenca es grande dando un total de 4602.45 Km².

Es una cuenca húmeda en su integridad, sometida a precipitaciones significativas; tiene dos sub-cuencas principales y sub-cuencas secundarias: cuatro en el Alto Huallaga y tres en el río Huertas, además tiene una sub-cuenca lateral del río Higueras.

Cuando se compara cuencas de la misma área, el perímetro es útil para diferenciar la forma de la cuenca. Es decir, si es alargada o redondeada. La forma de las cuencas es importante porque representan la interacción hidrológica, geológica y estructural. En cuencas muy alargadas, el valor de K_c sobrepasa a 2 en este caso nos da un valor muy próximo que es 1.9791 y en

el factor de forma 0.0046 por lo que afirma que es una cuenca alargada. En esta clase de cuenca, las descargas son de menor volumen debido a que el cauce de agua principal es más largo que los cauces secundarios y los tiempos de concentración para eventos de precipitación son distintos.

TABLA N° 42 Rangos aproximados del factor de forma

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

La densidad de drenaje indica la relación entre la longitud total de los cursos de agua irregular y regular de la cuenca y la superficie total de la misma. De otra manera, expresa la capacidad de desalojar un volumen de agua dado. Valores mínimos de esta relación están asociados a regiones con materiales de suelo poco erosionables, baja cubierta de vegetación y pendientes planas. Mientras que, valores altos refieren a que las precipitaciones intervienen rápidamente sobre las descargas de los ríos. Generalmente, estas regiones tienen suelos impermeables y pendientes fuertes. Contamos con una densidad de 0.291 es decir baja.

TABLA N° 43 Rangos aproximados de la Densidad de Drenaje

Densidad de drenaje (valores aproximados)	Clases
0.1 a 1.8	Baja
1.9 a 3.6	Moderada
3.7 a 5.6	Alta

La pendiente media del cauce principal es La influencia de la configuración topográfica en el proceso de erosión de una cuenca y en la formación de descargas altas, se presenta de acuerdo a los mayores o menores grados de pendiente, contando para esta investigación con una pendiente de cauce suave de 1.571 %.

TABLA N° 44 Rangos aproximados de la pendiente media del cauce principal

Pendiente media del cauce principal (%)	Clases
1 a 5	Suave
6 a 11	Moderado
12 a 17	Fuerte

Pendiente media de la cuenca es de 22.966 % este índice representa un valor medio de todas las pendientes que conforman las diversas zonas topográficas de la cuenca. Condiciona, en buena parte, la velocidad con que se da el escurrimiento superficial, según la **TABLA N°45** el terreno es escarpado.

TABLA N° 45 Rangos aproximados de la pendiente media de la cuenca

Pendiente media (%)	Terrenos
0 a 2	Llano
2 a 5	Suave
5 a 10	Accidentado medio
10 a 15	Accidentado
15 a 25	Fuertemente accidentado
25 a 50	Escarpado
>50	Muy escarpado

Es importante notar que el sistema de una cuenca no está sometido a procesos estacionarios, pues sus parámetros, o algunos de ellos, pueden variar con el tiempo en su desarrollo normal o en desarrollos hechos por el ser humano. Se puede añadir que las propiedades geomorfológicas del subsuelo, como en los acuíferos, normalmente son parámetros que varían en las

escalas de tiempo geológico y para el caso de la hidrología pueden ser tomadas como invariantes. Además, algunas de las variables citadas con anterioridad son encontradas por observaciones hechas sobre la cuenca y estimadas por medios estadísticos, y desde tal punto de vista deben ser miradas. Aún más, en la definición de los parámetros geomorfológicos no se intenta dar la idea de relaciones biunívocas en la **TABLA N° 46** se muestra los parámetros encontrados de la cuenca en estudio.

TABLA N° 46 Resultado de estudio Geomorfológico

PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS		
DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
De la superficie		
Área (A)	km ²	4602.45
Perímetro de la cuenca (P)	km	479.52
Longitud de la cuenca (L)	km	1000.14
Ancho de la cuenca (I)	km	4.60
Cotas		
Cota máxima	msnm	5099.56
Cota mínima	msnm	1950.00
Centroide (PSC:wgs 1984 UTM Zone 18S)		
X centroide	m	355
Y centroide	m	8855
Z centroide	msnm	
Altitud		
Altitud media	msnm	3524.78
Altitud más frecuente	msnm	3250.00
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	3751.91
Índice de pendiente	UND	5.488
pendiente de la cuenca	%	22.966
De la Red Hídrica		
Longitud del curso principal	km	41.383
Pendiente del cauce	%	1.571
Orden de la Red Hídrica	UND	5
Longitud de la red hídrica	km	1337.759
Densidad de la red hídrica	km/km ²	0.291
Tiempo de concentración	horas	14.002
pendiente del cauce principal	m/km	1.571
Forma de la hoya		
Índice de Grevelius o Coeficiente de compacidad	K	1.9791
Factor de forma	F	0.0046
Relación de elongación	R	0.0765
Relación de circularidad	Rc	0.2515

Por estudios hechos entre las variables hidrológicas y los parámetros geomorfológicos se ha encontrado entre otros los siguientes resultados:

- a) Se ha notado un decrecimiento de la contribución de las aguas subterráneas a los ríos con el incremento de Dd, la densidad de drenaje.
- b) La erosión generalmente está ligada a valores altos de la densidad de drenaje.

Como conclusión del análisis aquí considerado se puede decir que no existe una relación única entre los parámetros físicos de la cuenca y las variables hidrológicas, aunque ellos pueden dar una orientación cualitativa en forma y magnitud de las diferentes variables hidrológicas en el tiempo. Aunque es claro que en gran parte las características físicas de una cuenca son debidas a la acción del agua y que por este hecho es factible pensar en la existencia de una relación fuerte entre ellas a nivel determinístico. Pero esto no es así: la carencia de una relación fuerte se debe fundamentalmente a la diferencia entre las escalas de tiempo de los procesos dinámicos de la hidrología y a la geología.

4.3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS HIDROLÓGICOS

Se dividió la Cuenca del Río Huallaga en un total de 61 microcuencas con características fisiográficas homogéneas (topografía e hidrología), con la ayuda de modelos de elevación digital. Se utilizaron datos de **Curvas IDF**

mediante el Estudio de Hidrología del Perú (IILA SENAMHI-UNI 1993). Los datos de lluvia de los pluviógrafos se distribuyeron en cada una de las 61 microcuencas usando el Método SCS , para así tener una distribución de lluvia más equitativa. Se usaron mapas de vegetación, uso de suelo, elevación y combinación de suelo y vegetación, para obtener los parámetros necesarios para modelar el escurrimiento de la cuenca; los parámetros utilizados fueron: tiempo de concentración, área, número de curva y precipitación correspondiente. Se modeló hidrológicamente la cuenca con el programa HEC-HMS, dividiendo las corridas en periodos de lluvia. Se observó que en la corrida correspondiente para un periodo de retorno de 100 años, se produjo con un gasto máximo de 461.2 m³ /s.

Se obtuvieron los caudales de cada microcuenca pero los usados para este estudio son los que se indican en la **TABLA N°47**. para este resultado el tipo de vegetación es variante en la parte alta y baja de la Cuenca, tendiendo una importante influencia en los valores del escurrimiento. Debido al excesivo pastoreo y deforestación de la Cuenca, solo el 3% del agua es retenida. Se compararon los datos arrojados con el modelo HEC-HMS con los datos de la estación hidrológica Taruka, se concluye que hay una confiabilidad del modelo del 98%. Asimismo, se puede concluir que los mayores escurrimientos se encuentran dados por las microcuencas ubicadas en la parte de alto Huallaga, río Huertas y río Higueras, se puede concluir que las mayores infiltraciones ocurren en el resto de las microcuencas

TABLA N° 47 Resultado de estudio de caudales del tramo en estudio

Tramo	Caudal
Rio Huallaga confluyente con rio Huertas	423.2 m ³ /s
Rio Huallaga y quebrada de huancachupa.	439.9 m ³ /s
Rio Huallaga intersección rio Higueras	453.8 m ³ /s
rio Huallaga Puente san Sebastián	461.2 m ³ /s

4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS DEL TRANSPORTE DE SEDIMENTOS

En la **FIGURA N°40** se observa el perfil longitudinal del cauce y el perfil de erosión potencial.

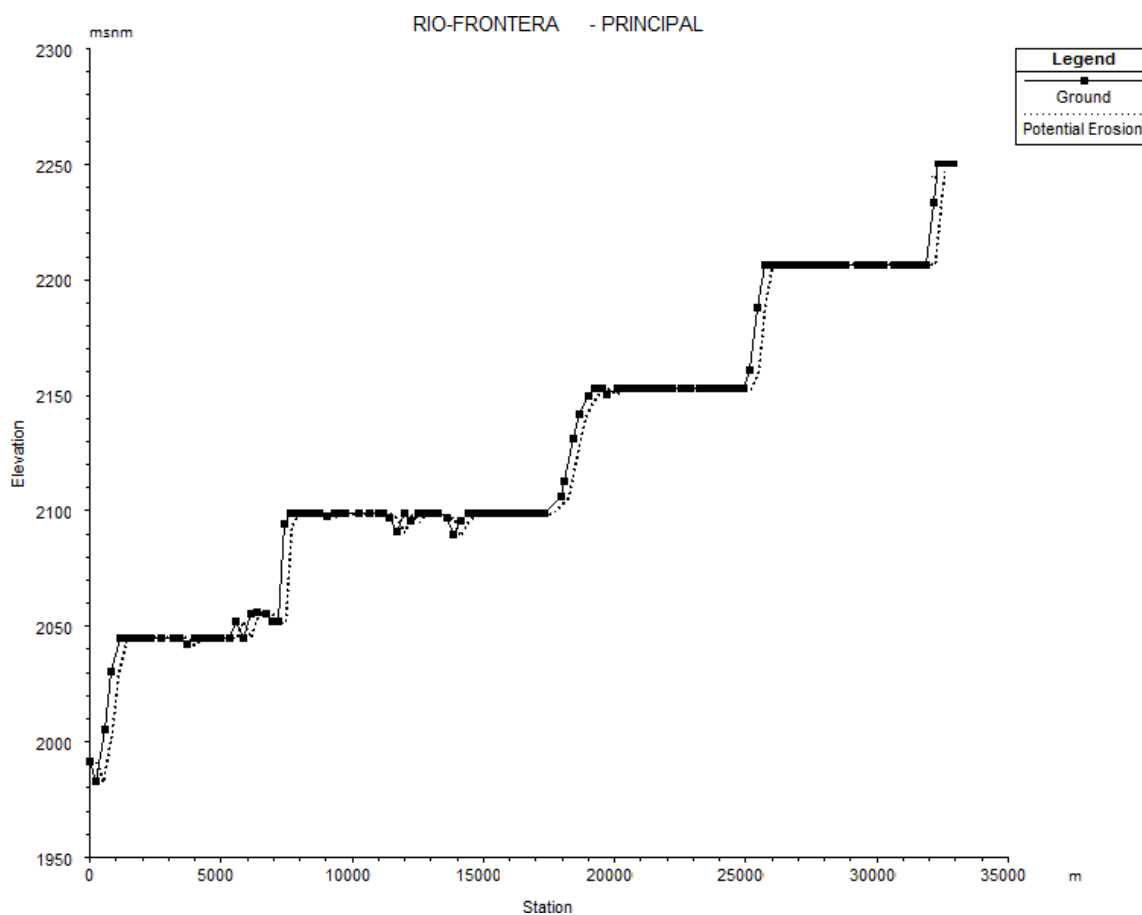


FIGURA N° 40 Perfil del cauce Y Perfil de erosión potencial [Fuente: propia]

Ahora de manera cuantitativamente se puede comparar las magnitudes de los parámetros analizados, como lo son el caudal, la velocidad, el esfuerzo cortante, la masa transportada y la capacidad de transporte en cada sección, etc. Como se observa en la **FIGURA N°40** donde el sedimento varía de acuerdo a la altitud. Tanto en el comportamiento hidráulico y geométrico de sección a sección.

Además, en este modo, se constata las dimensiones de los cambios observados cuantitativamente. En la **TABLA N°48** de Resultados de Transporte de Sedimentos para la serie de flujo presentada a continuación diferenciamos las secciones socavadas con color naranja y las secciones sedimentadas con color azul. Donde se puede observar que las velocidades son extremadamente bajas, en las secciones donde se produce la sedimentación, por lo que el esfuerzo cortante correspondiente es igualmente bajo y que la capacidad de transporte es mayor en las zonas socavadas que en las sedimentadas.

En la tesis presentado por **Apaza (2013)** nos dan resultados para 5.5 km de río donde se concluye q el transporte del sedimento depende tanto del caudal como la forma del río para un determinado periodo de años. Observándose que para todos los periodos, el carácter del río llave en el trayecto es erosivo en lugares de mayor pendiente y sedimentado en pendientes menores, no obstante, los incrementos son muy parecidos.

TABLA N° 48 Resultado del transporte de sedimentos

SECCIÓN	DISTANCIA	ELEVACIÓN DE LECHO	CAMBIO DE LECHO	MASA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS	CAUDAL	VELOCIDAD	ESFUERZO CORTANTE
RS	Ch Dist	Ch Invert El (m)	Invert Change (m)	Mass Out: All (tons)	Flow (m3/s)	Velocity (m/s)	Shear Stress (pa)
31162	2690.978	22604.21	0	0	373.0999	0.1051089	5.32E-02
30912	2690.978	22604.21	0	0	373.0999	0.1010306	3.57E-02
30662	2690.978	22604.21	0	3.94375	373.0999	0.2674495	6.320005
30412	2690.978	22604.21	0	306.2978	373.0999	1.068522	2.171287
30162	2690.978	22332.53	3.13E-04	298.9271	373.0999	1.573558	2.9518
29912	2690.978	22066.02	1.17E-03	22.97708	373.0999	0.8044016	1.443419
29662	2690.978	22066.02	3.21E-05	0	373.0999	0.119123	4.43E-02
29412	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	6.79E-02	1.10E-02
29162	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	6.93E-02	1.17E-02
28912	1465.83	22066.02	0	0	373.0999	8.80E-02	1.91E-02
28776	3916.125	22066.02	0	0	373.0999	0.1023764	2.55E-02
28412	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	9.91E-02	2.37E-02
28162	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	8.71E-02	0.0185744
27912	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	8.76E-02	1.96E-02
27662	1923.294	22066.02	0	0	373.0999	0.1047385	2.83E-02
27484	4537.744	22066.02	0	0	373.0999	0.1136387	3.31E-02
27062	1612.005	22066.02	0	0	373.0999	0.116488	3.52E-02
26912	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	0.1200991	3.90E-02
26662	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	0.1016499	2.85E-02
26412	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	7.21E-02	1.48E-02
26162	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	5.79E-02	9.31E-03
25912	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	6.06E-02	0.010528
25662	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	6.94E-02	0.0139316
25412	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	7.16E-02	1.48E-02
25162	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	7.05E-02	1.47E-02
24912	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	7.74E-02	1.88E-02
24662	2690.978	22066.02	0	0	373.0999	8.70E-02	2.46E-02
24412	2690.978	22066.02	0	3.95625	373.0999	0.2462215	6.371139
24162	2690.978	22066.02	0	719.7982	373.0999	1.29634	1.927785
23912	2690.978	21876.75	0.1548795	2789.535	373.0999	5.930311	15.6335843
23662	2690.978	21607.07	0.1331281	1003.039	373.0999	2.798691	0.7529873
23412	2690.978	21527.82	2.70E-03	51.83729	373.0999	1.041073	5.696477
23162	2690.978	21527.82	9.68E-05	0	373.0999	0.1399225	0.04802
22912	2690.978	21527.82	0	0	373.0999	0.1157138	3.32E-02
22662	2690.978	21527.82	0	0	373.0999	9.61E-02	2.34E-02
22412	2690.978	21527.82	0	0	373.0999	9.05E-02	2.11E-02
22162	2893.123	21527.82	0	0	373.0999	9.33E-02	2.27E-02
21893	3699.233	21527.82	0	0	373.0999	8.17E-02	1.76E-02
21549	1480.577	21527.82	0	0	373.0999	6.88E-02	1.23E-02
21412	2172.372	21527.82	0	0	373.0999	6.94E-02	1.29E-02
21210	3209.584	21527.82	0	0	373.0999	7.59E-02	1.56E-02

SECCIÓN	DISTANCIA	ELEVACIÓN DE LECHO	CAMBIO DE LECHO	MASA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS	CAUDAL	VELOCIDAD	ESFUERZO CORTANTE
20912	2690.978	21527.82	0	0	373.0999	7.77E-02	1.62E-02
20662	2121.352	21527.82	0	0	373.0999	7.84E-02	1.65E-02
20465	3080.092	21527.82	0	0	373.0999	8.31E-02	1.85E-02
20179	2871.49	21527.82	0	0	373.0999	8.62E-02	1.98E-02
19912	2690.978	21527.82	0	0	373.0999	8.48E-02	1.95E-02
19662	2173.127	21527.82	0	0	373.0999	8.45E-02	2.00E-02
19460	3208.828	21527.82	0	0	373.0999	8.73E-02	0.0226874
19162	1863.34	21527.82	0	0	373.0999	9.07E-02	2.51E-02
18989	4079.09	21527.82	0	0	373.0999	7.06E-02	1.96E-02
18610	2062.687	21506.92	0	0	373.0999	4.63E-02	0.6663042
18419	2758.898	21527.82	0	5.778125	373.0999	0.2048483	5.955462
18162	2219.948	21527.82	0	308.3962	373.0999	0.7760127	1.713378
17956	3577.816	21499.93	-7.91E-03	1435.764	373.0999	8.600463	13.674827
17624	2275.167	21421.38	6.76E-03	1022.873	373.0999	1.997695	4.199855
17412	3462.534	21315.03	2.17E-03	672.3078	373.0999	2.122316	1.365548
17090	1476.808	21125.89	5.42E-03	531.6071	373.0999	2.556485	14.89679
16953	6310.451	21062.61	5.82E-03	290.8889	373.0999	2.153492	9.004108
16367	2264.941	20989.63	2.01E-04	41.76771	373.0999	0.7688768	5.863997
16157	2631.132	20989.63	4.84E-05	0	373.0999	7.73E-02	1.37E-02
15912	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	7.45E-02	1.28E-02
15662	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	6.94E-02	1.12E-02
15412	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	5.89E-02	8.17E-03
15162	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	4.84E-02	5.53E-03
14912	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	4.31E-02	4.36E-03
14662	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	4.44E-02	4.62E-03
14412	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	5.13E-02	6.36E-03
14162	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	7.77E-02	1.70E-02
13912	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	0.1414902	6.25E-02
13662	2690.978	20989.63	0	4.17E-03	373.0999	0.1550485	7.83E-02
13412	2690.978	20955.58	0	0	373.0999	0.0673687	0.871836
13162	2690.978	20897.08	0	0	373.0999	1.30E-02	1.55E-02
12912	3220.563	20968.11	0	0	373.0999	3.76E-02	5.55E-02
12612	2161.395	20989.63	0	0	373.0999	6.74E-02	1.19E-02
12412	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	7.27E-02	1.33E-02
12162	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	6.63E-02	1.11E-02
11912	2690.978	20989.63	0	0	373.0999	4.85E-02	7.82E-03
11662	2625.64	20953.48	0	0	373.0999	2.69E-02	0.1861549
11418	2663.638	20989.63	0	0	373.0999	0.0209133	2.15E-03
11171	2752.546	20911.35	0	0	373.0999	1.09E-02	0.1147278
10915	2666.759	20970.77	0	0	373.0999	1.12E-02	2.66E-02
10667	1687.674	20989.63	0	0	373.0999	3.28E-02	3.58E-03
10511	3697.833	20989.63	0	0	373.0999	6.35E-02	0.0133847
10167	3708.599	20989.63	0	0	373.0999	0.1035448	3.29E-02
9822	5122.438	20989.63	0	0	373.0999	0.1152826	3.69E-02
9347	2126.411	20989.63	0	0	373.0999	9.42E-02	2.50E-02
9149	2275.384	20989.63	0	0	373.0999	7.99E-02	1.90E-02
8938	2868.153	20989.63	0	0	373.0999	0.057567	1.27E-02
8671	2655.781	20975.66	0	0	373.0999	3.36E-02	0.2157343

SECCIÓN	DISTANCIA	ELEVACIÓN DE LECHO	CAMBIO DE LECHO	MASA DE SEDIMENTOS TRANSPORTADOS	CAUDAL	VELOCIDAD	ESFUERZO CORTANTE
8424	2646.201	20989.63	0	0	373.0999	4.31E-02	6.73E-03
8179	2936.611	20989.63	0	0	373.0999	5.83E-02	9.63E-03
7906	2698.514	20989.63	0	0	373.0999	6.37E-02	1.22E-02
7655	2652.874	20989.63	0	3.752083	373.0999	0.1972179	4.244944
7409	2380.978	20989.63	0	535.317	373.0999	0.9066908	1.239941
7187	2703.465	20944.3	-1.39E-02	1166.425	373.0999	4.342294	8.3934799
6936	2145.463	20521.83	2.94E-03	71.03699	373.0999	0.6017941	6.79945
6737	2339.213	20523.33	5.59E-05	0	373.0999	1.34E-02	2.59E-03
6519	3172.986	20551.54	0	0.7822917	373.0999	0.2519376	0.8359975
6225	2730.049	20558.31	-4.03E-03	368.3918	373.0999	2.36413	6.2142152
5971	2837.474	20551.25	-7.12E-02	1433.315	373.0999	2.016147	5.163844
5708	2961.152	20451.43	1.54E-03	795.4387	373.0999	1.668036	2.3816
5432	2181.952	20523.76	-1.68E-03	851.4539	373.0999	5.80629	7.1722638
5230	3545.848	20451.44	6.27E-03	199.5094	373.0999	1.306269	4.54452
4900	2490.338	20451.43	1.11E-04	1.678125	373.0999	0.3038652	0.5715492
4669	1802.201	20451.43	0	0	373.0999	5.28E-02	6.66E-03
4502	2231.896	20451.43	0	0	373.0999	4.89E-02	5.67E-03
4294	3232.081	20451.43	0	0	373.0999	5.44E-02	7.19E-03
3994	2880.423	20451.43	0	0	373.0999	4.54E-02	6.44E-03
3726	2621.657	20423.13	0	0	373.0999	3.39E-02	0.2124626
3483	2684.626	20451.43	0	0	373.0999	5.17E-02	8.62E-03
3233	4492.749	20451.43	0	0	373.0999	6.71E-02	1.11E-02
2816	4057.348	20451.43	0	0	373.0999	0.0663834	1.11E-02
2439	2756.962	20451.43	0	0	373.0999	6.56E-02	1.10E-02
2182	2887.956	20451.43	0	0	373.0999	6.60E-02	1.17E-02
1911	2770.846	20451.43	0	0	373.0999	6.91E-02	1.34E-02
1654	1963.445	20451.43	0	0	373.0999	7.60E-02	1.76E-02
1473	1496.076	20451.43	0	3.388542	373.0999	0.2205942	3.670601
1335	3175.245	20451.43	0	224.2577	373.0999	0.791559	1.524296
1040	2534.902	20302.24	-3.97E-03	792.1801	373.0999	2.04278	14.03737
804	3517.105	20051.11	-4.97E-03	850.7519	373.0999	2.40876	3.592725
477	2095.948	19829.92	2.99E-04	296.499	373.0999	1.157618	3.64E+00
283	3042.635	19913.24	1.61E-03	11.80594	373.0999	0.3603566	1.122863

4.5. CONTRATACIÓN DE HIPÓTESIS

De lo desarrollado hasta aquí en la presente tesis, con la información obtenida al tabular los datos alcanzados de los diferentes ensayos de campo y laboratorio, se procederá a realizar la contratación de las hipótesis planteadas.

4.5.1. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS GENERAL

Del análisis podemos afirmar La geomorfología e hidrodinámica del río Huallaga influyen de manera significativa en la caracterización del transporte de sedimentos entre Ambo y Huánuco, como se observa en la **FIGURA N°40**, donde el sedimento varía de acuerdo a la altitud. Esto se verifica cuantitativamente **TABLA N°48** donde a velocidad del flujo es extremadamente bajas, en las secciones donde se produce sedimentación y la capacidad de transporte es mayor en zonas socavadas

4.5.2. CONTRASTACIÓN HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La primera hipótesis **si se verifica** en las **FIGURAS N°29 a la N°38** donde se relacionó la geomorfología (distancia y perfil longitudinal) del río Huallaga, con cada uno de las características de los agregados confirmándose que estas varían a medida que la geomorfología cambia.
- La segunda hipótesis **sí se verifica**, el resultado al utilizar la simulación en el Hec-ras y obteniéndose como resultado la **TABLA N°47** nos indica que la velocidad de flujo y caudal son factores que hacen variar cuantitativamente la cantidad de sedimento a transportarse.
- La tercera hipótesis **sí se verifica** con los ensayos de laboratorio mencionados realizados en cada tramo en cada tramo y siendo la característica más notoria en la granulometría como se observa en la **FIGURA N°29**.

CONCLUSIONES

- El perfil longitudinal, pendiente y profundidad del río Huallaga, son factores geomorfológicos importantes que influyen en la caracterización de sedimentos del río Huallaga como se aprecia en el diagrama de variación de sedimentos este va cambiando de acuerdo a la distancia recorrida haciéndose este de un menor diámetro siempre y cuando no intervenga un afluente con gran impacto en este caso el rio Higueras, esto se aprecia en la **FIGURA N°28**. ya que este hace que se tenga mayores valores de erosión en lugares de mayor pendiente y sedimentación en pendientes menores.
- En el peso unitario suelto y compacto las muestras evaluadas varían desde 1546.01 kg/m³ hasta 1809.43 kg/m³ y 1665.31 kg/m² hasta 1905.33 kg/m³ observándose que los agregados más pesados son extraídos puente Ayancocha y san Sebastián esto se observa en las **FIGURAS N° 34 y 35** es decir a mayor distancia recorrida del sedimento tendrá un menor peso unitario.
- Gravedad específica en base seca de agregados finos y gruesos varían de 2.543 gr/cm³ hasta 2.599 gr/cm³ y de 2.603 gr/cm³ hasta 2.640 gr/cm³ respectivamente las muestras más densas fueron encontrados en el puente Ayancocha y las menos densas en Zona Cero nos damos cuenta en la **FIGURA N° 36** que a mayor distancia recorrida es menor la densidad de los agregados siempre en cuando no a ya un afluente tan influyente como el rio Higueras , en la absorción de los agregados finos varían desde 2.031% hasta 2.399% mientras que el promedio de absorción de agregados varía desde

1.111% hasta 1.620% observándose que los agregados más porosos son extraídos en zona cero son directamente proporcionales a la distancia recorrida como indica la **FIGURA N° 37**.

➤ Al evaluar los resultados obtenidos durante la ejecución de los ensayos ya mencionados, se percibe que las partículas chatas y alargadas de las muestras evaluadas varían desde 6.8% hasta 14.8% observándose que los mayores porcentajes fueron los encontrados en las muestras extraídas en zona cero y los menores porcentajes fueron las muestras extraídas en el Puente Ayancocha en la **FIGURA N°38** es decir mientras más largo es el recorrido incrementa este porcentaje esto también se debe al incremento de velocidad de flujo .

➤ El promedio porcentaje de vacíos sin compactar varían desde 9.47% hasta 9.52% observándose que los mayores porcentajes fueron los encontrados en las muestras extraídas en zona cero y los menores porcentajes fueron las muestras extraídas Ayancocha. Los resultados mencionados son mostrados en la **FIGURA N°39** que mientras más grande el recorrido el agregado será más anguloso esto también se da cuando avanza a mayor velocidad.

➤ El modelamiento del sistema hidrológico de la cuenca del río Huallaga, a través del modelo Hec Hms , permite describir en forma cualitativa y cuantitativa la respuesta de la cuenca ante un evento extremo, permitiendo

determinar el Caudal del Diseño por el método SCS teniéndose un $Q = 461.2$ m³/s para un periodo de retorno de 100 años.

- Los factores hidrodinámicos como la profundidad de corriente, caudal, velocidad de flujo del río Huallaga influyen en la caracterización de sedimentos como se ve en la simulación al aumentar el caudal este se socave en mayor proporción.
- El comportamiento de las características físicas y mecánicas de los sedimentos del río Huallaga fueron variando de acuerdo al tramo en que se ubican viendo la mayor notoriedad en la granulometría de este.

RECOMENDACIONES

- Sabiendo que las metodologías empleadas son claras en cuanto a los procedimientos que se deben seguir para la recopilación y evaluación de los sedimentos , es fundamental tener presente el criterio y experiencia del evaluador, puesto que dependiendo de del criterio de cada persona puede variar las propiedades en insertar en el programa : como es el caso coeficiente de maning ya que este varía de acuerdo al grado de vegetación , lo que concluye en diferentes apreciaciones de un solo tramo , por tal motivo se recomienda que antes de realizar las inspecciones, se debe de realizar un breve reconocimiento de la zona a evaluar , se debe de informarse con diversas bibliografías con la finalidad de establecer un criterio único para la toma de datos en campo para insertar más adelante en los programas .

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA

- Complementar el trabajo de investigación realizando la modelación del transporte de sedimentos por cada sub cuenta antes descrita para ver un cambio del sedimento en las diferentes secciones.

- . Se sugiere ampliar los trabajos de investigación, referente a la aplicación de otros métodos de evaluación de la condición del caudal y la toma.

- Con la finalidad de tener más variantes en la caracterización de sedimentos se sugiere tomar tramos más largos para no solo tener de referencia la granulometría sino también las propiedades de forma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sánchez J. y Maza A. (1997). "Morfología De Ríos " , México, D.F.: Instituto de Ingeniería de la UNAM
- Ochoa S., Reyna T., (2016). "Modelación Hidrodinámica Unidimensional y Bidimensional " Argentina Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales - Serie A: Matemáticas,
- Quincho O. (2015) "Estudio Experimental Del Transporte de Sedimentos en Suspensión y Fondo y Comparación con Fórmulas Empíricas en los Ríos Puyango~Tumbes y Zarumilla" , la Molina , Lima.
- Calla K. (2016). "Estudio Geológico y Análisis de las Graveras María Alejandra Y Victoria - Concesiones Mineras la Poderosa N° 1 y Agregados 1-2-3)" (Uchumayo-Arequipa), Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa.
- Torrado G., Serrano G. (2013), " Propiedades Mecánicas de los Agregados Ante Variaciones Climáticas: reporte de caso en Bucaramanga", Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga.
- Olivas S., De La O V., Villalba A., (1996) "Estudio Sedimentológico de la Laguna Costera Santa Rosa, Sonora, México " , Departamento de Geología, UNISON, Hermosillo, Sonora, México.
- Aliaga C. (2007), "Estudio Geológico – Geotécnico Para la Rehabilitación de la Carretera Corral Quemado – Rio Nieva Tramo I: Puerto Naranjitos", Universidad Nacional de San Marcos, Lima.

- UNOPS (2013), Estudio de Canteras y Fuentes de Agua para los Proyectos de Vialidad y Saneamiento del Programa de Inversión Pública “Habilitación para la Creación de la Nueva ciudad de Olmos, Lambayeque”, Olmos, Lambayeque.
- Mullo A., Lima G., Ulco L. (2015), “Estudio de Transporte de Sedimentos en un Canal de Cause Confinado”, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Zavala C. Y Vílchez M.(2006), “Estudios de Riesgo Geológico de la Región Huánuco” , INGEMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; n° 34.
- Abad Y Garcia, (2006). “RVRmeander a Toolbox for Remeandering of Channelized Streams”, University of Illinois at Urbana.
- Apaza (2013), “Determinación del transporte de sedimentos en flujo gradualmente variado no permanente con el modelo Hec-ras en el río llave, tramo puente Antiguo-Alquipa”, Universidad Nacional del Altiplano Puno, Perú.
- Morera (2010), “Dinámica de la producción de sedimentos en la cuneca del río Santa”, Universidad Nacional de la Agraria la Molina, Perú.

ANEXOS

ANÁLISIS DE LABORATORIO

CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS