



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS
DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE
MÁXIMAS AVENIDAS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA CIVIL**

Autor:

Bach. Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

Asesor:

Dra. Sotomayor Nunura, Gioconda del Socorro

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos

Pimentel – Perú

2019

TESIS
ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL
– OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS.

Aprobado por

Dra. Sotomayor Nunura Gioconda del Socorro
Asesor

Msc. Wilmer Moises Zelada Zamora
Presidente de Jurado de Tesis

Ing. Jorge Jeremy Junior Reinoso Torres
Secretario de Jurado

Ing. Guillermo Gustavo Arriola Carrasco
Vocal de Jurado

DEDICATORIA

A mi Padre Celestial por regalarme la oportunidad de vivir, por ser mi guía, mi compañía, mi fortaleza en mi vida, eres quien ilumina cada paso y peldaño que voy subiendo eres tu quien fortalece mi mente y mi corazón.

A mi Madre Gladis Ramírez por haber aceptado darme la vida, cuidarme, enseñarme, y por amarme tanto, eres tu quien me enseñó a ser fuerte y valiente, eres tú la incondicional que está conmigo en cada paso que doy, cada meta te amo todo esto que soy te lo debo a ti.

A mis Abuelos, Amelia Suárez y Sebastián Ramírez y a toda mi familia que siempre estuvo conmigo apoyándome para poder cumplir mis metas, los amo mucho.

AGRADECIMIENTO

Gracias Padre Celestial por ser mi guía en este camino; por haberme orientado a ser una mejor persona, por ser el apoyo incondicional en los momentos difíciles y también buenos.

A mi Madre Gladis Ramírez por haber confiado en mí, por ser mi mano derecha mi motor para seguir adelante, con buenos valores.

A mis abuelos Amelia Suárez y Sebastián Ramírez, por cuidarme y por estar siempre conmigo en cada paso que voy dando y a mi familia por haber estado conmigo en cada momento.

A la casa de estudios Universidad Señor de Sipán, a mi asesor de tesis ing. Guillermo Arriola, Al Técnico Wilson Olaya Aguilar, encargado del Laboratorio de Estudio de Materiales. Mostrando su interés en mi investigación con el aporte de sus conocimientos.

ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL – OLMOS ANTE MAXIMAS AVENIDAS

STUDY OF THE SOCAVATION IN THE STEPS OF THE CASCAJAL BRIDGE - OLMOS TO MAXIMUM AVENUES

Bach. Aguinaga Ramírez Higeiny Adubel ¹

Resumen

La mayoría de puentes que cruzan las corrientes de agua están expuestos a la ocurrencia de fenómenos hidrológicos extremos, con consecuencia de riesgo de la socavación en el fondo de la subestructura, es decir en los estribos o pilares. El puente Cascajal está construido sobre el río el Cascajal con una longitud de 93m, mayormente se encuentra en estiaje; tiene una topografía plana. En el puente se estudió y se determinó la socavación que se produce ante máximas avenidas, enfocado desde la hidrología e hidráulica aplicada en puentes.

Con la presente investigación, se pretende conocer la socavación general y local que se produce en los estribos del puente ante máximas avenidas, también se comparó las ecuaciones de los métodos teóricos de Liu, Chang y Skinner, Artamonov, Laursen, Froehlich, y Hire y las ecuaciones que brinda el Hec- Ras Froehlich y Hire, en donde se determinó cual es la ecuación que más se ajusta a la realidad. Es una investigación de tipo cuantitativa y su diseño es experimental, que permiten calcular las profundidades de socavación.

Finalmente, como conclusiones se comparó las ecuaciones teóricas y las ecuaciones que brinda el Hec- ras que son Froehlich y Hire, donde se determinó que la ecuación que más se ajusta con la realidad es de la Froehlich. Para obtener dichos resultados se aplicó un estudio hidrológico e hidráulico, donde se encontró los diferentes parámetros como caudal máximo, tirante, pendiente, velocidades y perfiles de flujo, para así aplicar en las ecuaciones antes mencionadas.

Palabras clave: *profundidad de socavación, máximas avenidas, caudales máximos, ecuaciones teóricas, velocidades.*

¹ Adscrito a Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú,
ARAMIREZH@CRECE.USS.EDU.PE

Abstract

The majority of bridges that cross the water currents are exposed to the occurrence of extreme hydrological phenomena, with the consequence of risk of undermining at the bottom of the substructure, that is to say in the abutments or pillars. The Cascajal bridge is built on the Cascajal river with a length of 93m, mostly in low water; It has a flat topography. On the bridge the scouring that occurs before maximum floods was studied and determined, focused on hydrology and hydraulic applied on bridges.

With the present investigation, it is intended to know the general and local scour that occurs in the abutments of the bridge before maximum avenues, the equations of the theoretical methods of Liu, Chang and Skinner, Artamonov, Laursen, Froehlich, and Hire and the equations provided by the Hec- Ras Froehlich and Hire, where the equation that best fits reality was determined. It is a research of quantitative type and its design is experimental, which allow to calculate the depths of scour.

Finally, as conclusions we compared the theoretical equations and the equations provided by the Hec- ras that are Froehlich and Hire, where it was determined that the equation that best suits reality is the Froehlich. To obtain these results, a hydrological and hydraulic study was applied, where the different parameters were found, such as maximum flow, tether, slope, velocities and flow profiles, in order to apply the aforementioned equations.

Key words: *scour depth, maximum avenues, maximum flows, theoretical equations, velocities.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
<i>Resumen</i>	v
<i>Abstract</i>	vi
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática	15
1.1.1. Internacional	15
1.1.1.1. <i>Chile</i>	15
1.1.1.2. <i>México</i>	15
1.1.1.3. <i>Ecuador</i>	15
1.1.2. Nacional	16
1.1.2.1. <i>Junín</i>	16
1.1.2.2. <i>Lima</i>	16
1.1.3. Local	17
1.2. Antecedentes de Estudio	18
1.2.1. Internacional	18
1.2.1.1. <i>Ecuador</i>	18
1.2.1.2. <i>Colombia</i>	18
1.2.1.3. <i>México</i>	19
1.2.2. Nacional	20
1.2.2.1. <i>Piura</i>	20
1.2.2.2. <i>Ayacucho</i>	20
1.2.2.3. <i>Junín</i>	21
1.2.3. Local	22
1.3. Teorías relacionadas al tema	24
1.3.1. Variable Independiente:	24
1.3.2. Variable dependiente:	25
1.3.2.1. <i>Cálculo de la socavación local en estribos</i>	26
1.3.2.2. <i>Determinación de la longitud del estribo que se opone al flujo</i>	26
1.3.2.2.1. <i>Flujo en el cauce principal y en las laderas</i>	26
1.3.2.3. <i>Método de Liu, Chang y Skinner</i>	28
1.3.2.4. <i>Método de Artamonov</i>	30
1.3.2.5. <i>Método de Laursen</i>	32
1.3.2.6. <i>Método de Froehlich</i>	33

1.3.2.7.	<i>Método HIRE</i>	36
1.3.3.	Impacto Ambiental	37
1.3.4.	Seguridad y Salud Ocupacional	37
1.3.5.	Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres	38
1.3.6.	Estimación de Costos	39
1.3.7.	Normativa	40
1.3.8.	Estado de Arte	40
1.3.9.	Definición de Términos	41
1.5.	Justificación e importancia	42
1.6.	Hipótesis	43
1.7.	Objetivos	43
1.7.1.	Objetivo general	43
1.7.2.	Objetivos específicos	43
II.	MATERIAL Y MÉTODOS	45
2.1.	Tipo y diseño de la investigación	45
2.2.	Población y muestra	45
2.3.	VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN	45
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	48
2.4.1.	Técnicas:	48
2.4.2.	Instrumentos de recolección de datos	48
2.5.	Procedimiento de análisis de datos	49
2.5.1.	Recolección de datos	50
2.5.2.	Extracción de muestras	50
2.5.3.	Estudio de mecánica de suelos	53
2.6.	Criterios éticos	62
2.6.1.	Ética de recolección de datos	62
2.6.2.	Ética de la publicación	63
2.6.3.	Ética de aplicación	63
2.7.	Criterios de rigor científico	63
2.7.1.	Veracidad de la registración	63
2.7.2.	Anunciar patrocinadores e intenciones	63
2.7.3.	Respeto por las personas	63
2.7.4.	Beneficencia	63
III.	RESULTADOS	65
3.1.	Resultado en tablas y figuras	65

A) Levantamiento topográfico de 1Km, 500m aguas arriba del puente y 500m aguas abajo.	65
B) Estudio de Mecánica de suelos	67
C) Estudio hidrológico	68
D) Estudio hidráulico	75
E) Modelamiento en Hec Ras – comparación de las ecuaciones que mejor se ajustan a lo real. (Ver Anexo 5)	85
3.2. Discusión de resultados	92
A. Levantamiento topográfico.....	92
B. Estudio de mecánica de suelos.....	93
C. Estudio hidrológico	93
D. Estudio hidráulico	94
E. Comparación de las fórmulas científicas y el Hec –Ras.....	94
3.3. Aporte práctico.....	95
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	101
4.1. Conclusiones	101
4.2. Recomendaciones	102
REFERENCIAS	103
ANEXOS	106
.....	278

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficiente de corrección $K\theta$	31
Tabla 2: Coeficiente de corrección KQ	31
Tabla 3: Coeficiente de corrección Km	32
Tabla 4: Coeficiente por forma del estribo Kf . Método de Froehlich	34
Tabla 6: Variable Independiente	46
Tabla 7: Variable Dependiente.....	47
Tabla 8: Equipos y Materiales para resultado	54
Tabla 9: Resultado del levantamiento topográfico.....	65
Tabla 10: Coordenadas UTM.....	66
Tabla 11: Resultados de ensayos en laboratorio	67
Tabla 12: Registro hidrométrico de la estación Zapatero	68
Tabla 13: Descarga máxima anual de la estación zapatero	69
Tabla 14: Periodos de consistencia de la medida.....	71
Tabla 15: Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov. Kolmogorov Δ , para varios valores de N y niveles de significación α	72
Tabla 16: Distribución estadística de los diferentes métodos para diversos periodos de retorno ..	74
Tabla 17: Métodos que determinan del ancho estable del rio	76
Tabla 18: Coeficiente de Contracción u	78
Tabla 19: Valores de X para suelos cohesivos y suelos no cohesivos	79
Tabla 20: Valores del coeficiente β	80
Tabla 21: Datos de Puente Cascajal (Caudal, pendiente, rugosidad).....	80
Tabla 22: Datos para determinar el tirante hidráulico.....	81
Tabla 23: Resultado de Tirante hidráulico	81
Tabla 24: Datos para determinar el radio hidráulico y la velocidad media.....	82
Tabla 25: Resultados: Radio hidráulico y velocidad media	82
Tabla 26: Datos para determinar la profundidad de socavación	82
Tabla 27: Cuadro resumen de los diferentes métodos de socavación	84
Tabla 28: Cuadro comparativo de las ecuaciones teóricas vs Software	92
Tabla 29: Descargas Máximas anuales.....	96
Tabla 30: Distribución estadística.....	97
Tabla 31: Matriz de Luna Leopold - Puente Cascajal.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Puente Cascajal - Olmos longitud de 93 m	17
Figura 2: Pilares que fallaron por el fenómeno del 98 y se instaló un puente Bailey que se apoya en los pilares	23
Figura 3: Puente Cascajal, sobre el Río Cascajal.....	24
Figura 4: Vista de la ubicación del Puente Cascajal por el satélite.....	25
Figura 5: Algunos de los casos que se pueden presentar dependiendo de la ubicación del estribo y de los niveles de inundación tanto en la zona del puente como en la sección transversal aguas arriba.	27
Figura 6: Estribos que se prolongan hasta el cauce principal y no existe flujo en la zona de inundación.....	28
Figura 7: Esquema para aplicar el método de Artamonov	30
Figura 8: Formas comunes de estribos . Método de Froehlich	34
Figura 9: Factor de corrección $K\theta$. Método de Froehlich.....	35
Figura 10: Modelamiento Hidráulico del Río en el Software Hec- RAS, por US ARMY CORPS OF ENGINEERS.....	41
Figura 11: Modelamiento Hidráulico del Río en el Software Hec- RAS, por US ARMY CORPS OF ENGINEERS	41
Figura 12: Zona de la extracción de muestras de las diferentes calicatas, adaptado al google earth, imagen satelital.....	50
Figura 13: Calicata 1, extracción de muestra 1	51
Figura 14: Calicata 2, extracción de muestra 2.....	51
Figura 15: Calicata 3, se extrajeron 3 muestras	52
Figura 16: calicata 4, extracción de 1 muestra.....	52
Figura 17: Calicata 5 , extracción de 1 muestra.....	53
Figura 18: Peso húmedo con todo tara, de la muestra 7 - calicata 5	55
Figura 19: Peso de la muestra 7 seca al horno de la calicata 5	55
Figura 20: Tamizado de las muestras obtenidas en el rio Cascajal.....	56
Figura 21: Tamizado de la muestra para hacer el ensayo de limites.....	57
Figura 22: Muestra en el equipo de casa grande, que nos permitirá encontrar el número de golpes.	57
Figura 23: Cálculo de socavación por Froehlich	61
Figura 24: Cálculo de socavación por el método de Hire	62
Figura 25: Ubicación geográfica del puente Cascajal.....	66
Figura 26: Análisis visual de la estación Zapatero	70
Figura 27: Distribución Normal para Weibull - pruebas de bondad.....	73
Figura 28: Gráfica de las distribuciones estadística vs registros históricos	75
Figura 29: Vista en planta del perfil longitudinal de Río y puente Cascajal en el Software Hec - Ras.....	86
Figura 30: Sección transversal del río en la progresiva 1 + 00	87
Figura 31: Sección transversal del río en la progresiva 1 + 500	87
Figura 32: Sección transversal del río en la progresiva 1 + 500	87
Figura 33: Sección transversal en la progresiva 0 + 000	88
Figura 34: Modelamiento en Hec- Ras - ecuación de Froehlich.....	88
Figura 35: Resultados de la ecuación de Froehlich en el software	89

Figura 36: Modelamiento en Hec - Ras - ecuación de Hire	90
Figura 37: Resultados de la Ecuación de Hire	91
Figura 38: Distribución estadística vs los registros históricos	97
Figura: Sección transversal de Río Cascajal	111
Figura : Vista panorámica del puente aguas arriba	115
Figura : Calicata 3, se extrajeron 3 muestras	121
Figura : calicata 4, extracción de 1 muestra.....	122
Figura : Calicata 5 , extracción de 1 muestra.....	122
Figura : Peso húmedo con todo tara, de la muestra 7 - calicata 5	124
Figura : Tamizado de las muestras obtenidas en el rio Cascajal.....	125
Figura : Tamizado de la muestra para hacer el ensayo de limites.....	126
Figura : Muestra en el equipo de casa grande, que nos permitirá encontrar el número de golpes	126
Figura : Matriz de resultados en inmediaciones del puente Cascajal.....	262
Figura : Tesista Aguinaga Ramírez, en el puente Cascajal; vista panorámica del puente carretera a Piura.	275
Figura : Calicata 1, extracción de muestra 1	277
Figura : Muestra en el equipo de casa grande, que nos permitirá encontrar el número de golpes	278

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 01: Levantamiento topográfico.....	
Anexo N° 02: Estudio de mecánica de suelos	
Anexo N° 03: Estudio hidrológico.....	
Anexo N° 03.01: Registros del ANA.....	
Anexo N° 03.02: Resultados de los registros de Primer orden.....	
Anexo N° 03.03: Resultados de los métodos estadísticos.....	
Anexo N°04: Estudio hidráulico.....	
Anexo N° 04.01: Cálculo del ancho estable.....	
Anexo N° 04.02: Cálculo de la socavación general.....	
Anexo N° 04.03: Cálculo de la socavación local.....	
Anexo N° 05: Modelamiento en Hec- Ras.....	
Anexo N° 05.01: Cálculo de la ecuación Hire.....	
Anexo N° 05.02: Cálculo de la ecuación de Froehlich.....	
Anexo N° 06: Presupuesto de investigación.....	
Anexo N° 07: Aporte práctico.....	
Anexo N° 07.01: Impacto ambiental.....	
Anexo N° 07.02: Movilización y desmovilización de maquinaria	
Anexo N° 07.03: Planilla de metrados.....	
Anexo N° 07.04: Cálculo de flete.....	
Anexo N° 08: Cronograma.....	
Anexo N° 09: Panel Fotográfico.....	
Anexo N° 10: Planos.....	

CAPÍTULO I

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

1.1.1. Internacional

1.1.1.1. Chile

Al sur de Chile dos puentes colapsaron durante la temporada de máximas avenidas, donde se produjeron lamentables pérdidas y daños a personas. Según especialistas existen tres problemas fundamentales, primero la falta de una ley que norme la extracción de áridos, como siguiente punto la ausencia de monitoreo del estado de la infraestructura de los puentes y por último la necesidad de incorporar técnicas para diseñar, construir, mantener y reparar y prevenir la erosión del suelo que soporta este tipo de estructuras. El hidrólogo Pablo García indica que el principal enemigo de un puente es la erosión causada por el río durante las máximas avenidas, de los cuales mucho se desconoce la inmensa capacidad del agua en movimiento, por lo que resulta en la socavación de la estructura. (Universidad De Chile, 2018)

1.1.1.2. México

Las fallas más frecuentes en puentes donde cruzan corrientes de agua es la socavación local, estas fallas se producen en épocas de máximas avenidas. De ahí proviene la importancia de la profundidad de desplante de la subestructura de estos. De un estudio realizado por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua a obtenidos resultados aplicados directamente al diseño hidráulico de lo cual se obtuvieron de las pruebas en un canal de 60 cm de ancho, las pilas con rugosidad resultaron más eficientes en la reducción de la profundidad de socavación en un 17%. (Instituto Mexicano De Tecnología Del Agua, 2018)

1.1.1.3. Ecuador

El colapso de un puente que une al cantón Baba con la parroquia Isla de Bejucal en Ecuador dejó incomunicadas más de diez mil personas, la caída del puente se produjo por la socavación de uno de sus estribos provocando un asentamiento de súbito de dos metros de profundidad. (El Universo noticias, 2015)

1.1.2. Nacional

1.1.2.1. Junín

Debido a las constantes lluvias producidas al sur de Huancayo en el distrito de Pucará, estas han generado la crecida del río Paccha, la fuerte corriente generada arrastro las bases de concreto del puente provocando su colapso. Dentro de los factores se encuentran a la falta de encausamiento en la zona del puente y el mal diseño hidráulico de la estructura. (El Comercio, 2018)

1.1.2.2. Lima

El colapso del puente Talavera que atraviesa el río Rímac colapso pese a no llegar este último a sus máximas avenidas, Según el Ingeniero Juan Arboleda a cargo de la dirección de hidrología del SENAMHI, aproximadamente hace un siglo el río Rímac presento un caudal máximo de $600 \text{ m}^3/\text{seg}$; así como también en los años 1997 y 1998 durante el fenómeno El Niño, el caudal del río llego a los $200 \text{ m}^3/\text{seg}$. De ahí viene la pregunta si el puente estuvo diseñado para soportar estas máximas avenidas porque colapso. Para el ingeniero Zenón Aguilar el principal error es que la subestructura del puente fue cimentada por encima del nivel del cauce, craso error en la estructura ya que lo habitual es que se realicen cimentaciones por debajo del cauce para evitar la posible erosión y socavación. (El Comercio, 2017)

El elevado caudal del río Rímac erosiono y derribo uno de los seis pilares que conforman el Puente Girasoles que une los distritos de Chaclacayo y Chosica. Se realizaron evaluaciones para realizar reforzamientos de la estructura empleando enrocados. (Peru 21, 2013)

1.1.3. Local

Por causas del fenómeno el niño se generó un aumento de caudal en el río Chancay, que produjo el colapso del puente tablazos; en Lambayeque; generando un gran problema para varias localidades. Dentro de las principales causas de su colapso se encuentra el problema de socavación en la subestructura del puente como consecuencia de las máximas avenidas. (RPP Noticias, 2017)

En la región Lambayeque, durante el Niño del 2017 muchas ciudades fueron inundadas, por el desborde de los ríos; tras las intensas lluvias. También se vio afectada la infraestructura vial, 180 puentes se desplomaron por las lluvias e inundaciones. (República, 2017)

El puente Cascajal- Olmos se encuentra ubicado en la antigua carretera de la panamericana norte Chiclayo – Olmos – Piura, en el kilómetro 98 + 350, la longitud del puente es de 93m y 2 tramos con 4 pilares de 1m de diámetro. El ancho del puente es de 10.40m con 2 calzadas de 3.20m c/u, 2 bermas de 1.20m, 2 veredas con un ancho de 0.60m c/u y 2 barandas de 0.20m c/u. El rio actualmente está tiempo de estiaje.



1.2. Antecedentes de Estudio

1.2.1. Internacional

1.2.1.1. Ecuador

(Mora & Navarro, 2015). Para **optar** el título profesional de ingeniería civil en la **Escuela Superior Politécnica del Litoral** de Guayaquil-Ecuador con la **tesis** denominada comparación de diversas metodologías para estimación de socavación en varios puentes de la provincia de Esmeraldas, bajo la **investigación** experimental plantea como **problema** cuan similar es el grado de magnitud de socavación general para puentes ubicados en el sector noroccidental de la costa ecuatoriana, para lo cual plantea como **objetivo** principal estimar la profundidad de socavación general empleando las variantes metodológicas como Lischtvan Lebediev y Laursen. Sus **resultados** obtenidos de la investigación que al aplicar las metodologías nombradas anteriormente muestra que la socavación general varía para cada río así se parezcan geomorfológicamente; en **conclusión**, existen factores que pueden modificar la socavación como la ubicación del puente en el río, el tipo de estructura, la vegetación presente en el río y el tamaño de las partículas del río. El autor **recomienda** que, si los resultados de un análisis por socavación local y general son mínimas o nulas, tendría que ubicarse de todas maneras estructuras de protección para garantizar un grado alto de seguridad.

1.2.1.2. Colombia

(Bedoya & Cerón, 2015). Para **optar** el título profesional de ingeniería civil en la universidad Javeriana de Bogotá-Colombia con la **tesis** denominada modelación numérica de la socavación local en los estribos del puente sobre el río Sunuba según las características hidrodinámicas de la zona, bajo una **investigación** cuasi-experimental plantea como **problema** determinar la socavación local de los estribos del puente sobre el río Sunuba teniendo en cuenta las características hidrodinámicas de la zona, su **objetivo** principal es evaluar mediante un modelo numérico el fenómeno de socavación local en los estribos del Puente sobre el río Sunuba. Dentro de los **resultados** obtenidos se pudo determinar que en épocas de máximas avenida la socavación en los estribos del Puente era considerable llegando a la **conclusión** el puente requiere la implementación de medidas de protección por lo que se **recomienda** como solución emplear micro pilotes para ambos estribos del puente.

1.2.1.3. México

(Aguando, 2012). Para **optar** el título profesional de ingeniería civil en la **universidad** Nacional Autónoma de México con la **tesis** estimación de la socavación en puentes para el uso en el cálculo del riesgo físico, realizo una **investigación** experimental que propone como **problema** calcular el riesgo físico de los puentes a partir de la socavación que estos presentan y su **objetivo** principal estimar el riesgo físico de los puentes obteniendo como **resultado** que la socavación total presentada en los estribos es mucho mayor que los que se dan en las pilas, y mucho mayor si se utiliza el cálculo por contracción propuesto por Laursen o de la Universidad Tecnológica de Michigan. En **conclusión**, se determinó que para disminuir el efecto de socavación en un puente se deben considerar elementos que disminuyan la velocidad del flujo **recomendando** que en puentes donde las dimensiones de sus estribos invadan parte del lecho del río de deberá encausar aguas arriba y aguas abajo para disminuir la socavación por contracción en los estribos.

1.2.2. Nacional

1.2.2.1. Piura

(Elbio, 2016). Para **optar** el grado de master en ingeniería civil en la **universidad** de Piura, con la **tesis** denominada socavación producida por el río Huallaga al puente Colpa Alta en la provincia de Huánuco, utilizando los métodos de Artamanov, Straub y Maza, en el HEC-RAS. Bajo una **investigación** aplicada el autor Plantea como **problema** principal en qué medida los métodos Artamanov, Straub y Maza serán más prácticos para calcular la socavación, valiéndose en parámetros hidráulicos obtenidos en el HEC-RAS, producidos por el río en estudio de donde como **objetivo** principal es conocer los resultados de los métodos aplicados para calcular la socavación producida en el puente Colpa Alta. Como **resultados** de la investigación muestran presencia de socavación en los estribos así como en la sección del río, en **conclusión** el autor afirma que estos métodos son confiables y aceptables por el manual de hidrología hidráulica y drenaje; donde se **recomienda** que para la realización del modelamiento hidráulico con el programa HEC-RAS, es muy importante tener un levantamiento topográfico preciso que nos permita tener secciones transversales reales para garantizar resultados más reales y considerar la granulometría de la zona de estudio.

1.2.2.2. Ayacucho

(Enciso, 2015). Para **optar** el título profesional de Ingeniero civil en la **universidad** Nacional de San Cristóbal de Huamanga, con la **tesis** denominada estudio hidráulico y estimación de socavación en el puente interconexión Muyurina-Ayacucho; planteando como **problema** principal cual es la socavación máxima estimada en la base al desarrollo de modelos determinísticos para el puente Muyurina y como **objetivo** fijar y desarrollar los fundamentos para la estimación de la socavación máxima, estimada a partir del desarrollo de modelos para el puente Muyurina. Como **resultado** de la investigación el autor realiza una comparación entre la socavación especificada en el expediente técnico del puente y la calculada por formulas empíricas teniendo una variación en la profundidad de socavación aproximadamente de un metro, así como la variación en el caudal estimado para un periodo de retorno de 200 años. El autor **concluye** que utilizar dos ecuaciones HIRE Y FROEHLICH, en la que se obtiene mayor profundidad de socavación es en

FROEHLICH con un porcentaje de 10%. Se **recomienda** tener precaución para el cálculo del caudal de diseño.

1.2.2.3. Junín

(Soto, 2013) Para **optar** el grado de Ingeniero civil en la **universidad** Nacional del Centro del Perú, con su **tesis** denominada modelo de socavación en la base del pilar del puente Mariscal Cáceres que tiene como **problema** como influyen los parámetros geomorfológicos, hidráulicos, geotécnicos, y la geometría del puente en la socavación local en la base del pilar del puente Mariscal Cáceres, con una **investigación** aplicada el autor plantea como **objetivo** determinar la influencia de los parámetros geomorfológicos, hidráulicos, geotécnicos y la geometría del puente en la socavación local en la base del pilar del puente Mariscal Cáceres. De los **resultados** obtenidos el autor expresa que la socavación real medida en campo varía con la calculada en un 31.54% y plantea que esto se debe a que en la etapa de construcción del puente y otros factores del modelo debido a la complejidad de realizar un modelo exacto del comportamiento del río; por lo que el autor **recomienda** saber interpretar estas variaciones y usar el criterio para estimar valores cercanos a la realidad.

1.2.3. Local

(Arriola & Trujillo, 2013). Para **optar** el grado de ingeniero civil en la **universidad** Señor de Sipán con la **tesis** denominada “Estudio de los métodos de análisis basados en la superposición de los componentes de socavación para pilares complejos aplicados al puente Reque”, bajo una investigación aplicada plantea como **problema** que métodos de análisis basados en la superposición de los componentes de socavación para pilares complejos serán los más recomendables para aplicar al puente Reque; plantea como **objetivo** analizar los métodos de análisis basados en la superposición de los componentes de socavación para pilares complejos que se aplicaran al puente en estudio. En los **resultados** obtenidos se muestra que, si existe socavación aplicando los diferentes métodos, de igual manera **recomienda** analizar todas las variables de los diferentes métodos para estimar la socavación local y general, así como la decisión de que profundidad de desplante considerar bajo criterio.

(Acosta & Aguilar, 2015). Para **optar** el grado de ingeniero civil en la **universidad** Señor de Sipán con su tesis denominada “Estudio de la confiabilidad de los pilares del puente Pucalá por efectos de la socavación, los autores plantean como **problema** determinar el análisis adecuado para ver el grado de confiabilidad de los pilares del puente Pucalá por efectos de la socavación para el cual determinaron como **objetivo** evaluar a través de un estudio de la confiabilidad, los pilares del Puente Pucalá por efectos de la socavación; para ello se considera las características granulométricas del material que conforma el cauce, pendiente del cauce, caudales para diferentes períodos de retorno, niveles de socavación tanto local como general, profundidad de cimentación, ángulo de fricción y factor de resistencia del suelo.

(Hurtado, 2014). En su libro de diseño de cimentaciones profundas para puentes el indica el tipo de cimentaciones y los pesos y cargas que debe soportar cada cimentación en un puente, fallas y asentamientos de las estructuras que fallaron en los fenómenos del año 1998. El indica que en el fenómeno del niño del año de 1998 falló 2 tramos y un pilar de puente Cascajal, en donde las ciudades aledañas quedaron aisladas.



Figura 2: Pilares que fallaron por el fenómeno del 98 y se instaló un puente Bailey que se apoya en los pilares

Fuente: Elaboración propia

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Variable Independiente:

El puente Cascajal-Olmos

El puente Cascajal es una estructura metálica, que está conformado por 4 pilares centrales, 2 estribos, una losa de 10.40 m, con una longitud de 93 m y una altura de 9.40 m.



Figura 3: Puente Cascajal, sobre el Río Cascajal

Fuente: Elaboración propia

1.3.1.1. Ubicación

El puente Cascajal se encuentra ubicado a 15 minutos de la ciudad de Olmos.

Caserío : La playa Cascajal - Garbanzal

Distrito : Olmos

Provincia : Lambayeque

Región : Lambayeque

Departamento : Lambayeque

Longitud de Trazo : 1+020 km.



Figura 4: Vista de la ubicación del Puente Cascajal por el satélite

Fuente: Elaboración propia

1.3.1.2. Vías de acceso

El puente Cascajal, se ubica a 98 + 350 Km de la ciudad de Lambayeque y a 108 + 350 km de la ciudad de Chiclayo. La ciudad se encuentra ubicada de 2:30 horas de la ciudad de Chiclayo y a 15 minutos de la ciudad de Olmos.

Para llegar al lugar de estudio tomamos la carretera Panamericana Norte y la Carretera Fernando Belaunde Terry. A la altura del kilómetro 98 +350 se encuentra ubicado el puente Cascajal.

1.3.2. Variable dependiente:

Socavación en estribos

La causa más frecuente de falla que afecta las cimentaciones de los puentes es la socavación, este es un fenómeno hidrodinámico que abarca distintos procesos unos a largo plazo y otros de manera transitoria cuando hay máximas avenidas. La socavación en un puente es de carácter estimativo y se analiza como erosión potencial, este fenómeno se produce por el estrechamiento del cauce debido a la construcción del puente donde se ocasiona la socavación local alrededor de los

pilares y estribos rodeados por la corriente del río. (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011).

1.3.2.1. Cálculo de la socavación local en estribos

Existen algunos métodos para la determinación de la socavación local en estribos: Liu, Chang & Skinner; Laursen; Artamonov; Froehlich; Hire. La incertidumbre existente con relación a la aplicabilidad y a los resultados de las ecuaciones es mayor que para las pilas. (Guevara Álvarez, 2016)

Las ecuaciones han sido desarrolladas para cauces de lecho arenoso y no tienen en cuenta la posibilidad de acorazamiento. Las ecuaciones para el cálculo de socavación en estribos se basan en información de laboratorio y muy poca información de campo para su verificación.

1.3.2.2. Determinación de la longitud del estribo que se opone al flujo

La socavación local en estribos depende de la interacción del flujo obstruido por el estribo y el aproche o terraplén de relleno de la vía y el flujo en el cauce principal. El caudal que retorna al cauce principal no es una función simple de la longitud de la estructura, es precisamente la longitud del estribo; incluyendo el relleno que se opone al paso del agua, parámetro importante el cálculo de la profundidad de socavación. (Guevara Álvarez, 2016)

1.3.2.2.1. Flujo en el cauce principal y en las laderas

Para determinar la longitud del estribo que se opone al cauce paso del agua es definiendo en el campo los bordes del cauce principal, es decir el que lleva agua durante crecientes de cierta frecuencia

L1: Longitud entre el borde del cauce principal y la pared del estribo (izquierdo o derecho)

L2: Longitud entre el borde del cauce principal y el punto de intersección del agua con la margen.

L: Longitud del estribo que se opone al paso del agua.

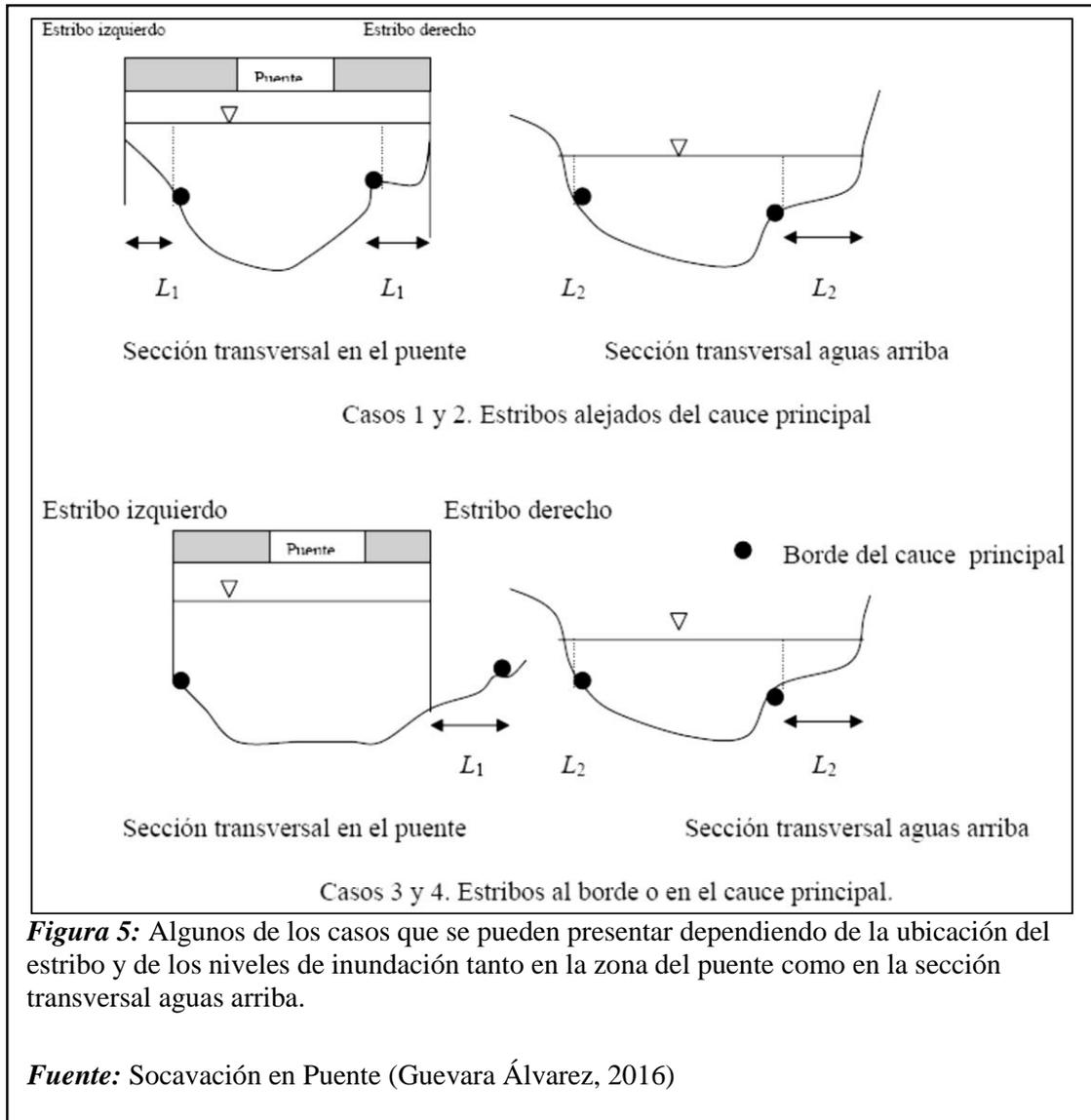


Figura 5: Algunos de los casos que se pueden presentar dependiendo de la ubicación del estribo y de los niveles de inundación tanto en la zona del puente como en la sección transversal aguas arriba.

Fuente: Socavación en Puente (Guevara Álvarez, 2016)

Las longitudes se consideran positivas cuando se miden desde el borde del cauce principal hacia el exterior y negativas si se miden hacia el interior del cauce.

Caso 1: Estribo izquierdo, $L_1 > L_2$

$L = L_2 - L_1$, es negativo y por lo tanto el estribo no obstruye el paso del agua se asume $L=0$

Caso 2: Estribo izquierdo, $L_2 > L_1$

$$L = L_2 - L_1$$

Caso 3: Estribo izquierdo, $L_1 = 0$

$$L = L_2 - L_1 = L_2$$

Caso 4: Estribo derecho, L_1 negativo

$$L = L_2 - (-L_1)$$

$$L = L_2 + L_1$$

1.3.2.3. Método de Liu, Chang y Skinner

El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional, realizada en 1961 y se aplica para las siguientes condiciones que se ilustran en la Figura: (MANUAL DE HIDROLOGÍA, 2011)

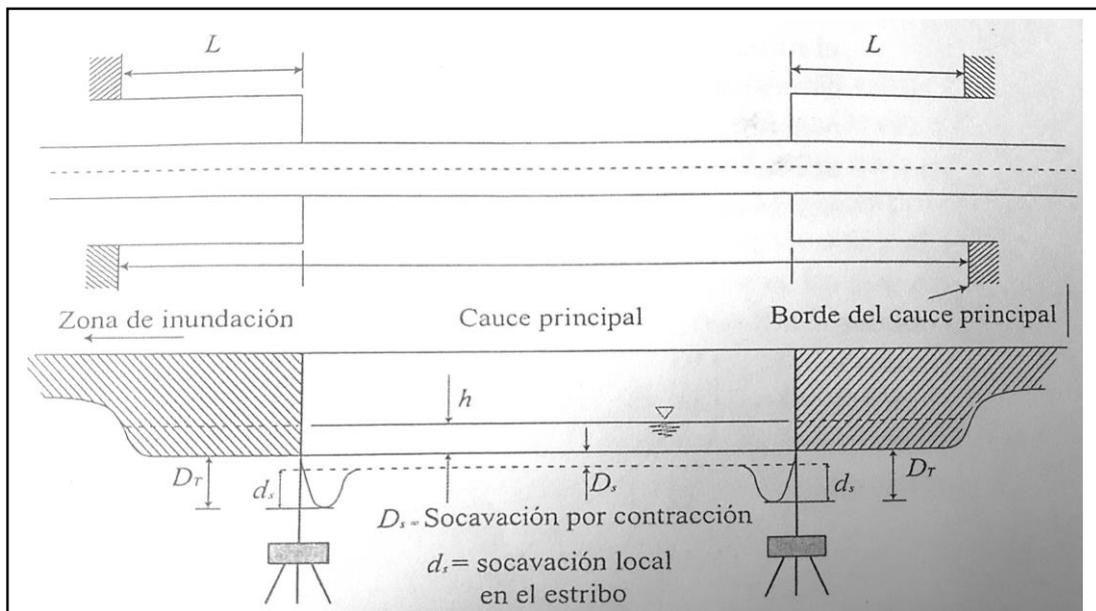


Figura 6: Estribos que se prolongan hasta el cauce principal y no existe flujo en la zona de inundación

Fuente: (Richardson, E.V., Harrison, L.J., Richardson, Dr J.R., & Davis, S.R., 1993)

Consideraciones:

Socavación en lecho móvil.

Estribos que se proyectan dentro del cauce principal

No existe flujo sobre las llanuras de inundación

El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua

$$\left(\frac{L}{H} < 25\right)$$

Flujo subcrítico.

Lecho del cauce arenoso

Las ecuaciones deben ser ajustadas por un factor de corrección K_θ para considerar el ángulo de ataque del flujo.

Los valores de las profundidades de socavación deben ser incrementados en un 30% cuando se presentan dunas en el cauce de aproximación al estribo.

Si existe lecho plano o lecho con antidunas, las ecuaciones deben aplicarse tal como se exponen a menos que las antidunas ocurran en el estribo, caso para el cual la profundidad de socavación debe incrementarse en un 20%.

$$\frac{d_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} F_r^{0.33}$$

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gh}}$$

Donde:

d_s : Profundidad de socavación de equilibrio medida desde el nivel medio del lecho hasta el fondo del hoyo de la socavación (m)

H: Profundidad media del flujo aguas arriba en el cauce principal (m)

L: Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m)

F_r : Número de Froude en la sección de aguas arriba

V: Velocidad media del flujo aguas arriba.

K_f : Coeficiente de corrección por forma del estribo.

K_f : = 1.10 para estribos con pared inclinada hacia el cauce

K_f : =2.15 para estribos con pared vertical.

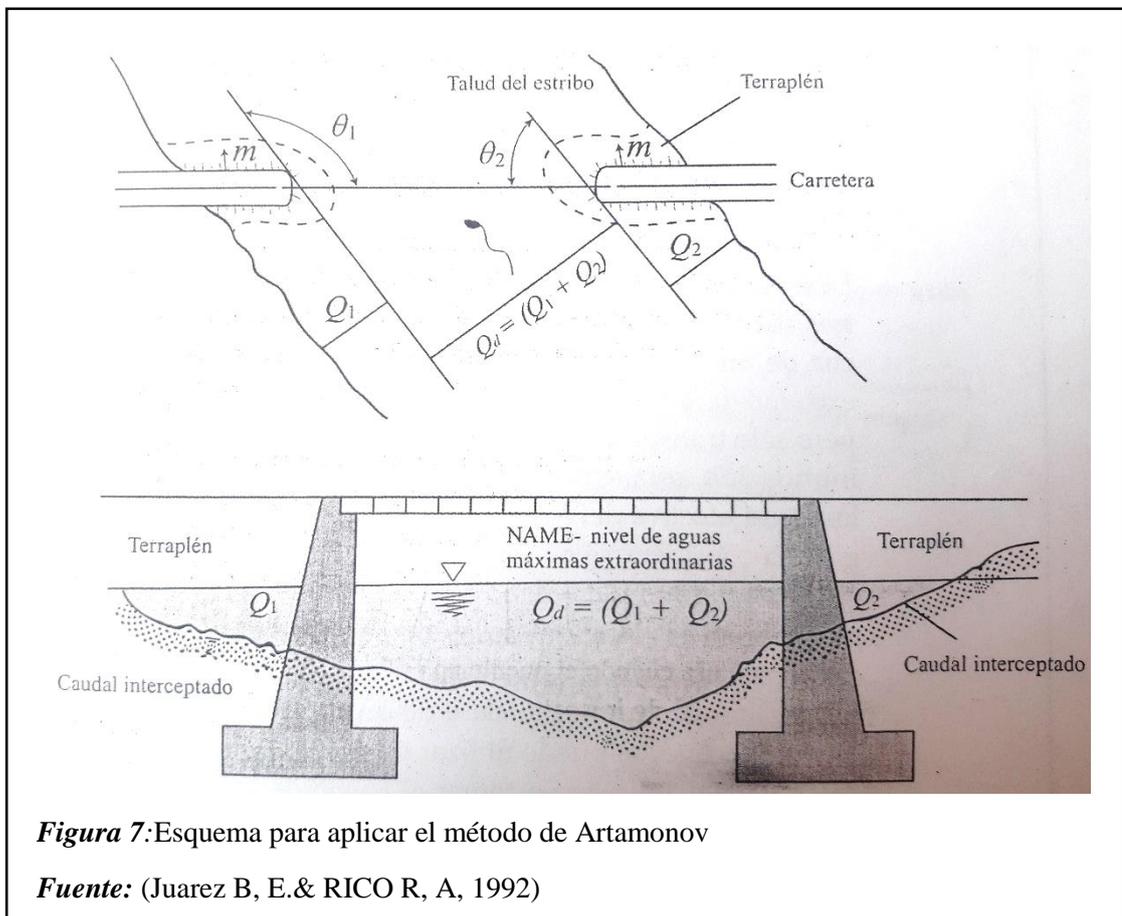
1.3.2.4. Método de Artamonov

Este método permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espolones o espigones. Depende de los siguientes factores: (MANUAL DE HIDROLOGÍA, 2011).

Porción de caudal que es interceptado por la estructura al meterse dentro de la corriente Q_1 o Q_2

Talud que tienen los lados del estribo (H: 1.0V)

Ángulo entre el eje longitudinal del puente y la corriente (θ).



$$H_T = K_\theta K_Q K_m h$$

Donde:

H_T : Profundidad del agua al pie del estribo o espigón medida desde la superficie libre de la corriente.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal del puente (Ver Tabla 1).

K_Q : Coeficiente que depende de la relación entre el gasto teórico interceptado por el estribo Q_1 o Q_2 y el caudal total dQ que escurre por la sección transversal. (Ver Tabla 2)

K_m : Coeficiente que depende del talud que tienen los lados del estribo (Ver Tabla 3).

h : Tirante de agua en la zona cercana al estribo o al espigón antes de la socavación.

Tabla 1:

Coeficiente de corrección K_θ

θ	20°	60°	90°	120°	150°
K_θ	0.84	0.94	1.00	1.07	1.19

Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992.

Tabla 2:

Coeficiente de corrección K_Q

Q_1 / Q_d	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
K_Q	2.00	2.65	3.22	3.45	3.67	3.87	4.06	4.20

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

Tabla 3:

Coefficiente de corrección K_m

Talud m	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	3.0
K_m	1.00	0.91	0.85	0.83	0.61	0.50

(Fuente: Juárez Badillo, E. y Rico Rodríguez, A., 1992).

La siguiente ecuación se usa cuando el puente no está sesgado respecto al flujo ($\theta=90^\circ$) y la pared de los estribos es vertical:

$$H_T = K_Q h$$

1.3.2.5. Método de Laursen

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011) Laursen propuso dos ecuaciones basándose en el razonamiento sobre el cambio en las relaciones de transporte debido a la aceleración del flujo causada por el estribo, una para socavación en lecho móvil y otra para socavación en agua clara aplicables para las siguientes condiciones:

- ✓ Estribos que se proyectan dentro del cauce principal.
- ✓ Estribos con pared vertical.
- ✓ No existe flujo sobre las llanuras de inundación.
- ✓ El largo del estribo es menor que 25 veces la profundidad media del agua ($L/h < 25$).

Las ecuaciones dan profundidades de socavación máximas e incluyen los efectos de la socavación por contracción, por lo que para estas ecuaciones no se debe incluir el efecto de la contracción del cauce para obtener la socavación total.

Se recomienda que las ecuaciones se apliquen para valores máximos de Y_S/h igual a 4.0.

Las ecuaciones dadas por Laursen se resuelven por tanteos.

Las ecuaciones deben ser ajustadas por un factor de corrección K_θ para considerar el efecto del ángulo de ataque del flujo.

Socavación en lecho móvil

$$\frac{L}{h} = 2.75 \frac{y_s}{h} \left[\left(\frac{y_s}{11.5h} + 1 \right)^{1.7} - 1 \right]$$

1.3.2.6. Método de Froehlich.

(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011) La ecuación dada por Froehlich está basada en análisis dimensional y en análisis de regresión de laboratorio para 170 mediciones de socavación en lecho móvil. HEC-18 (1993) recomienda su uso para socavación tanto en lecho móvil como en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce principal o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo sobre las zonas de inundación.

Socavación en agua clara y en lecho móvil

La ecuación de Froehlich que a continuación se expone es muy utilizada en los Estados Unidos de América.

$$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} Fr_e^{0.61} + 1$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h_e : Profundidad media del flujo (profundidad hidráulica) en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente (m).

K_f : Coeficiente que depende de la forma del estribo. Ver Tabla y Figura.

K_θ : Coeficiente que depende del ángulo de ataque del flujo. Ver Ecuación y Figura

L: Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua proyectada normalmente al flujo (m).

F_{re} : Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo.

Tabla 4:

Coefficiente por forma del estribo K_f . Método de Froehlich

DESCRIPCIÓN	K_f
Estribo con pared vertical	1.00
Estribo con pared vertical y aletas	0.82
Estribo con pendiente hacia el cause	0.55

Fuente: HEC-18., 1993.

$$K_{\theta} = (\theta/90)^{0.13}$$

Donde:

θ : Ángulo de inclinación del estribo. (Ver Figura)

($\theta < 90^\circ$), si el estribo está inclinado hacia aguas abajo.

($\theta > 90^\circ$), si el estribo está inclinado hacia aguas arriba.

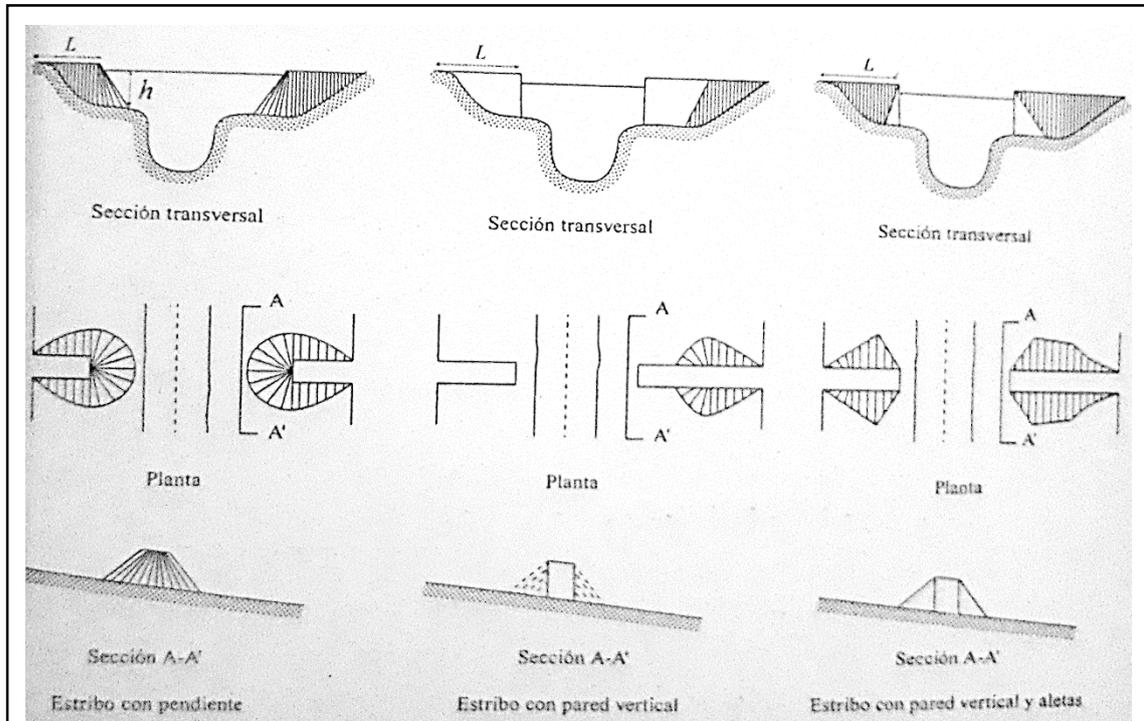
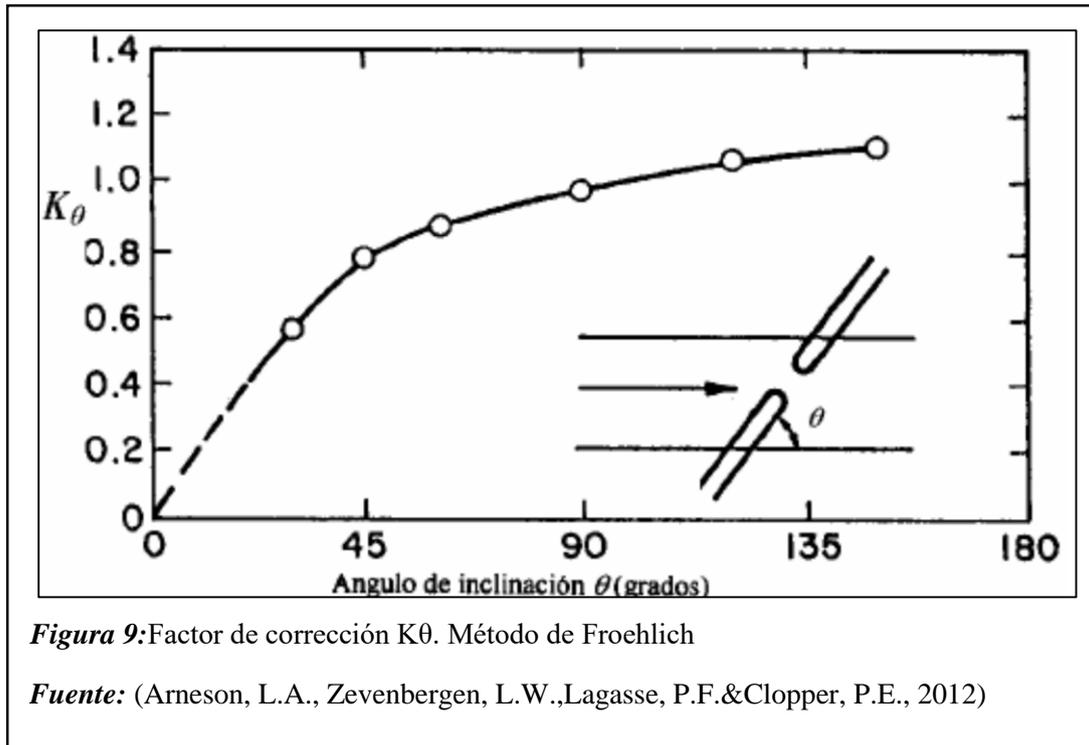


Figura 8: Formas comunes de estribos . Método de Froehlich

Fuente: (HEC-18., 1993).



$$h_e = A_e / L$$

$$F_{re} = \frac{V_e}{\sqrt{gh_e}}$$

$$V_e = \frac{Q_e}{A_e}$$

Donde:

V_e : Velocidad del flujo obstruido por el estribo y los accesos al puente en la sección de aguas arriba (m/s).

Q_e : Caudal obstruido por los estribos o accesos, medido aguas arriba del puente (m³/s).

A_e : Área de flujo de la sección aguas arriba obstruida por los estribos (m²).

1.3.2.7. Método HIRE

HEC-18 (1993), incluye otra ecuación desarrollada a partir de datos del Cuerpo de Ingenieros Militares de los Estados Unidos para la socavación que se produce en la punta de los espigones o espolones construidos en el río Mississippi. La ecuación HIRE es por lo tanto aplicable cuando el estribo penetra en el cauce principal. (MANUAL DE HIDROLOGÍA, 2011).

$$y_s = 4h \left(\frac{K_f}{0.55} \right) K_\theta F_r^{0.33}$$

Donde:

y_s : Profundidad de socavación (m)

h : Profundidad media del flujo al pie del estribo en el cauce principal, considerando la sección transversal inmediatamente aguas arriba del puente (m)

F_r : Número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie justo aguas arriba del estribo.

K_f : Factor de corrección por forma del estribo. Tabla N° 4.

K_θ : Factor de corrección por ángulo de ataque del flujo.

En general, la erosión en estribos se ha estudiado menos que la de los pilares. En un estudio realizado por la administración de Carreteras de los Estados Unidos en 383 puentes, el 25% de las fallas se originó en los pilares y el 72% en los estribos, según señala Martínez Marín. Una forma de interpretar estos resultados es que los cálculos relativos a los estribos tienen menor confiabilidad que los de los pilares. (Felices, 2013).

El mismo autor señala que los factores que determinan la socavación en estribos son:

- ✓ La distribución granulométrica.
- ✓ El tamaño de los granos.
- ✓ El flujo.
- ✓ La longitud del estribo (es muy importante)

- ✓ La inclinación del estribo con respecto a la corriente.
- ✓ La relación ancha/longitud del estribo.

1.3.3. Impacto Ambiental

El impacto ambiental de un puente mayormente se produce en la etapa de mantenimiento y funcionamiento, donde la finalidad es implementar diferentes medidas de mitigación.

Para desarrollar un estudio de impacto ambiental se empleará la Matriz de Luna B. Leopold, para su desarrollo se tomará en cuenta los factores y acciones ocurridos en las zonas de estudio. Este puede causar alteraciones o impactos negativos sobre la población aledaña, zonas agrícolas, ganaderas entre otras. (LUNA B.)

Se hará un análisis adecuado de la matriz de Leopold ubicando en primer lugar las acciones y factores que pudieran causar impacto ambiental, una vez armada la matriz y sin rellenar las cuadrículas se observará cada una de las cuadrículas situadas bajo cada acción propuesta y se examinará si causarían impacto en el factor correspondiente; de ser el caso, se hizo una diagonal para las acciones que sí podrían causar impacto. Para las cuadrículas será necesario trazar la diagonal, se rellenaron de la siguiente manera, siguiendo el procedimiento que indica Echarri, L (1998): (LUNA B.)

Se colocó en la izquierda de la cuadrícula con diagonal un valor asignado del 1 al 10 indicando la magnitud del impacto, (+) si el impacto es positivo, (-) si es negativo.

Se colocó para la parte inferior derecha de la misma manera, valores del 1 al 10, (+) si el impacto es positivo y (-) si es negativo indicando la importancia del impacto, es decir, si es regional o solo local.

1.3.4. Seguridad y Salud Ocupacional

La Seguridad y Salud Ocupacional (SySO) es una multidisciplina en asuntos de protección, seguridad, salud y bienestar de las personas involucradas en el trabajo. Los programas de seguridad e higiene industrial buscan fomentar un ambiente de

trabajo seguro y saludable. El SySO también incluye protección a los compañeros de trabajo, familiares, empleadores, clientes, y otros que podan ser afectados por el ambiente de trabajo. (APAZA, 2014).

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) “La salud ocupacional debe tener como objetivo la promoción y mantenimiento del más alto grado de bienestar físico, mental y el bienestar social de los trabajadores en todas las ocupaciones, la prevención entre los trabajadores de las desviaciones de salud causados por sus condiciones de trabajo, la protección de los trabajadores en su empleo contra los riesgos resultantes de factores adversos a la salud; la colocación y el mantenimiento del trabajador en un entorno de trabajo adaptado a sus capacidades fisiológicas y psicológicas y, para resumir: la adaptación del trabajo al hombre y cada hombre a su puesto de trabajo. (OIT Y OMS, 1950).

1.3.5. Gestión de Riesgos y Prevención de Desastres

La gestión del riesgo abarca formas de intervención muy variadas, que van desde la formulación e implementación de políticas y estrategias, hasta la implementación de actividades y acciones relacionadas con los siguientes procesos: (MINISTERIO DE SALUD, 2015).

Estimación del riesgo: Acciones y procedimientos que se realizan para generar el conocimiento de los peligros o amenazas, analizar la vulnerabilidad y establecer los niveles de riesgo que permitan la toma de decisiones en la Gestión del Riesgo de Desastres.

Prevención y reducción del riesgo: Acciones que se orientan a evitar la generación de nuevos riesgos en la sociedad y a reducir las vulnerabilidades y riesgos existentes en el contexto de la gestión del desarrollo sostenibles.

Preparación, respuesta y rehabilitación: Acciones que se realizan con el fin de procurar una óptima respuesta de la sociedad en caso de desastres, garantizando una adecuada y oportuna atención de personas afectadas, así como la rehabilitación de los servicios básicos indispensables, permitiendo normalizar las actividades en la zona afectada por el desastre.

Reconstrucción: Acciones que se realizan para establecer condiciones sostenibles de desarrollo en las áreas afectadas, reduciendo el riesgo anterior al desastre y asegurando la recuperación física, económica y social de las comunidades afectadas.

Proclama el Decenio Internacional para la Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN, 1990-1999), con el propósito de concientizar sobre la importancia que representa la reducción de los desastres. (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU), 2000).

La ley N°29664 tiene por finalidad identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos, preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios y lineamientos de políticas, componentes, procesos e instrumentos de gestión de riesgo de desastres. (EL PERUANO, 2011).

1.3.6. Estimación de Costos

(PMBOK), es el proceso que permite desarrollar una aproximación de los recursos económicos necesarios para completar las actividades del proyecto. Los costos están basados en la información disponible del lugar a estudiar, como su identificación y consideración de las diversas actividades a realizar dentro del proyecto.

- A. El Juicio de Expertos: Se hace en base a los conocimientos y experiencias de personas que han realizado un trabajo igual o semejante.
- B. Estimación por analogía: se toma su teoría de Top- Down, esta es utilizada en la experiencia de proyectos anteriores, que sirven como referencia, es más rápida y menos costosa.
- C. El Valor Monetario Esperado: es el impacto del riesgo en dinero por su probabilidad.

$$\text{VME} = \text{Impacto} \times \text{Probabilidad}$$

- D. Análisis de propuestas: es el trabajo de proveedores, con el cual se obtiene un costo aproximado a lo que costará una actividad o varias actividades del proyecto.

1.3.7. Normativa

La normativa que se empleará para el estudio de la socavación en los estribos del puente Cascajal tenemos:

Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje

Manual de Puentes

Libro Socavación en Puentes (Autora: Guevara Álvarez María Elvia)

NTP 339.128 Método de ensayo para Análisis Granulométrico

ASTM D422 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado

NTP 339.129 / ASTM D4318 Límites Líquido, Plástico

NTP 339.131 / ASTM D854 Gravedad Especifica

LEY N° 29664

1.3.8. Estado de Arte

Software Hec Ras

Benayas Rebeca Master Hidrología y Gestión de Recursos Hídricos, público en su blog dicho Software que se obtiene de una manera gratuita, sea generalizado y está en proceso de constante actualización para mejorar su desarrollo. “Esto ha hecho que poco a poco la gran mayoría de administraciones hayan comenzado a exigir el estudio del impacto que pueden representar sobre la dinámica de los cauces cualquier tipo de actuación con un modelo hidráulico suficientemente fiable, como es el caso de HEC-RAS”, recalcó Benayas. (BENAYAS POLO, 2014).

El software Hec Ras es desarrollado por el Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers, este programa permite realizar el cálculo de flujos no estacionarios unidimensionales y bidimensionales, calidad de agua y lecho móvil y temperatura del agua. (US ARMY CORPS OF ENGINEERS, 2014)

El programa Hec Ras permite simular flujos en cauces naturales y artificiales

El programa Hec Ras permite simular flujos en cauces naturales y artificiales para determinar el nivel de agua y zonas de inundación. (GRUPO TYC GIS, 2014)



Figura 10: Modelamiento Hidráulico del Río en el Software Hec- RAS, por US ARMY CORPS OF ENGINEERS

Fuente: HEC- RAS

1.3.9. Definición de Términos

Socavación: es la remoción de materiales del río de un cauce debido a la acción erosiva del flujo de agua alrededor de una estructura hidráulica.

Estribo: es la parte de la sub estructura del puente que recibe y soporta las cargas de la estructura (losa del puente).

Puente: es una estructura que se construye sobre un río, canal, foso, etc. este sirve para unir dos ciudades o islas.

Flujo: es el movimiento de agua que transporta un río.

Máximas avenidas: es la elevación del nivel de un curso de agua, provocando una invasión en el lecho mayor. Este puede desbordarse y puede afectar a muchas zonas aledañas.

Cauce: hoyo del terreno natural o artificial por donde corre un río, canal o cualquier corriente.

Sedimento: se les llama así a las partículas procedentes de las rocas y suelos que son acarreadas por las aguas de los escurrimientos y por el viento.

Fuentes de los sedimentos: se encuentra en la cuenca, y básicamente lo conforman las rocas y los suelos, siendo el agua el principal agente de erosión y transporte.

Río: un río se va formando al caer la lluvia sobre la superficie terrestre crenado así pequeños surcos sobre ella que con el paso del tiempo se van profundizando y formando arroyos y riachuelos en las montañas. Posteriormente están escurren aguas abajo y van formando las afluentes o ríos secundarios y estos a su vez forman el río.

1.4. Formulación del problema

¿Cómo estudiar la socavación en los estribos del puente Cascajal-Olmos ante máximas avenidas?

1.5. Justificación e importancia

Justificación científica porque (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011) El Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje considera dentro de sus parámetros para el diseño de puentes el cálculo de la socavación local y general producida tanto en la sub estructura del puente como en la sección del río.

Justificación social porque (Dr. Alva) El puente cascajal durante el niño del año 1983 sufrió un asentamiento en uno de sus pilares, para lo cual se reparó el pilar en el año 1995. Pero en el fenómeno del niño de 1998 nuevamente sufrió un asentamiento en otro de sus pilares. Considerando estas referencias el fin de este proyecto tiene como uno de sus objetivos realizar un plan de mitigación que permita prevenir posibles daños a futuro en la estructura.

Justificación económica porque (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2011) menciona que en el Perú la causa hidráulica que produce más falla en los puentes es la socavación. La realización de investigaciones que abarquen estos temas permite tener una base de datos para futuros proyectos o mejoras del puente

en estudio así la incertidumbre de resultados será menor mientras se realicen investigaciones de este tipo.

Justificación ambiental porque Dentro de unos de los objetivos del proyecto se encuentra un plan de mitigación que nos permitirá saber el comportamiento del río en la sección del puente ante máximas avenidas y reducir el riesgo de colapso del puente ante los efectos de socavación o problemas de desbordamiento que afecten al ecosistema alrededor del río.

1.6. Hipótesis

El estudio que se realizará determinará la socavación del puente Cascajal – Olmos ante máximas avenidas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar el estudio de la socavación del puente Cascajal- Olmos ante máximas avenidas, enfocado desde la hidrología e hidráulica aplicada en puentes.

1.7.2. Objetivos específicos

- A. Realizar un levantamiento topográfico de un 1 kilómetro, 500m aguas arriba del puente y 500m aguas abajo.
- B. Realizar un estudio de mecánica de suelos.
- C. Realizar un estudio hidrológico.
- D. Realizar un estudio hidráulico.
- E. Comparar las fórmulas científicas con el software Hec-Ras, y determinar la ecuación que más se ajusta.

CAPÍTULO II

II. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de la investigación

2.1.1. Tipo:

Cuantitativa, porque se busca contestar las preguntas de investigación y comprobar la hipótesis, mediante el análisis realizado

2.1.2. Diseño

El tipo de la investigación realizada es experimental, debido a los principios encontrados en el método científico; dichos experimentos se basan en ensayos, los cuales se desarrollaron en laboratorio para la precisión de su análisis.

2.2. Población y muestra

La población y la muestra fue el Puente Cascajal - Olmos, al que se aplicó los diferentes métodos para el estudio de la socavación en los estribos de puentes.

2.3. Variables y operacionalización

Variable dependiente: Socavación para el análisis de estribos

Variable independiente: El puente Cascajal – Olmos

Tabla 5:

Variable Independiente

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Índice	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumento de medición
Puente Cascajal - Olmos	Sección transversal	Área Hidráulica	(m ²)	Levantamiento topográfico y Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Recolección de datos
		Radio Hidráulico	(m)	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Recolección de datos
	Nivel de agua	Tirante hidráulico	(m)	Observación y Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Recolección de datos
	Velocidad del agua	Velocidad	(m/s)	Observación y Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Recolección de datos
	Desniveles	Pendiente	(m/m)	Levantamiento Topográfico	Guía de análisis de documentos	Estación Total
	Caudal de rio	Caudal	(m ³ /s)	Observación y Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Recolección de datos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6:*Variable Dependiente*

Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Sub Indicadores	Índice	Técnicas de recolección de datos	Instrumentos de recolección de datos	Instrumento de medición
Socavación en los Estribos del puente	Análisis Granulométrico	Granulometría	Peso	(kg)	Ensayos de laboratorio	Guía de análisis de documentos	Balanza calibrada
			Diámetro	(mm)	Análisis de documentos y ensayos de laboratorio	Guía de análisis de documentos	Recolección de datos y muestreo de suelo
	Estudio Hidrológico	Precipitaciones	Caudales máximos	(Q _{máx})	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Estación pluviométrica
			Sección transversal	(m)	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	Levantamiento topográfico
Estudio Hidráulico	Máximas avenidas	Caudal máximo	(Q _{máx})	Observación y análisis de documentos	Guía de análisis de documentos	H canales – Hec RAS	

Fuente: Elaboración propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas:

Observación

Permitió estudiar la socavación en los estribos del Puente Cascajal- olmos, donde se un estudio de mecánica de suelos, levantamiento topográfico un estudio hidrológico e hidráulico para así tener los tirantes del cauce y poder calcular la profundidad de socavación.

Análisis de documentos

Se obtuvo como documentos de apoyo; tesis, libros, artículos, ensayos, etc., relacionados al tema de investigación, con la finalidad de tener más clara la información faltante para desarrollar un buen trabajo de investigación.

Ensayos en laboratorio

Se realizaron los ensayos para así obtener el tamaño de la partícula, el contenido de humedad y la densidad específica

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Guía de observación

Se aplicaron los siguientes formatos:

Formato y guías para el estudio y ensayos de suelos.

Formato para el estudio topográfico.

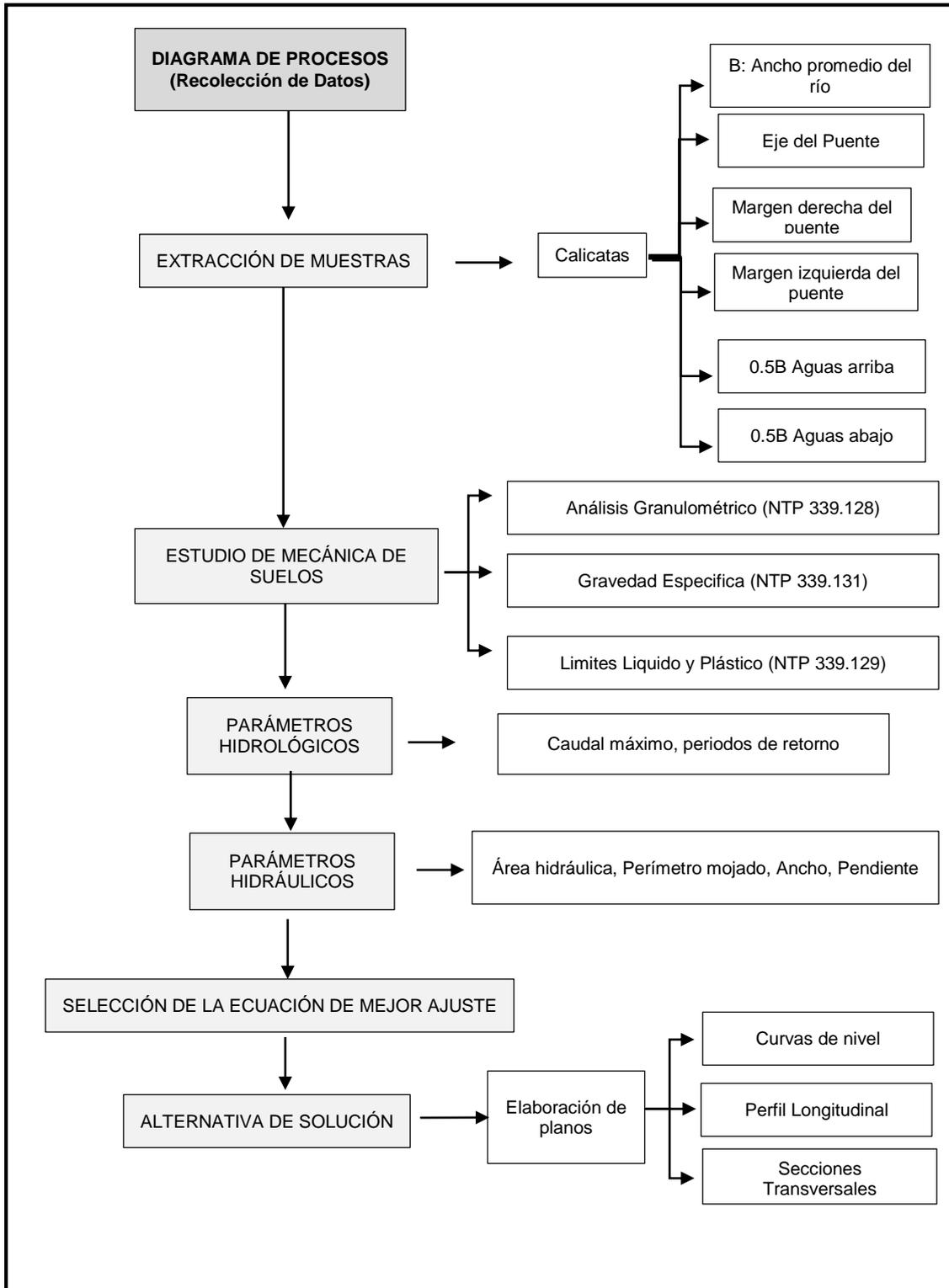
Formato para el estudio hidrológico.

Formato para el estudio hidráulico.

Guía de análisis documental

Como guía documental para la realización ensayos se tuvo la norma técnica peruana, siguiendo el proceso establecido en cada una de ellas, teniendo como referencia la norma NTP 339.127; NTP 339.128; NTP 339.131; el manual de hidrología, hidráulica y drenaje, socavación en puentes, manual de puentes.

2.5. Procedimiento de análisis de datos



2.5.1. Recolección de datos

Se indagó y recopiló toda la información necesaria de libros, tesis, artículos, e investigaciones que se realizaron anteriormente, con el objetivo de tener un trabajo de investigación que acredite.

2.5.2. Extracción de muestras

Se visitó el puente Cascajal (río Cascajal), para la extracción de muestras a través de 5 calicatas que se hicieron en dicho río.

Se extrajo 7 muestras de las 5 calicatas, la primera en el eje del puente, la segunda a la margen izquierda del puente, la tercera, cuarta y quinta se extrajo de la margen derecha del río, la sexta se obtuvo de la cuarta calicata 300m aguas abajo y la séptima muestra se obtuvo 500m aguas arriba del eje de puente.

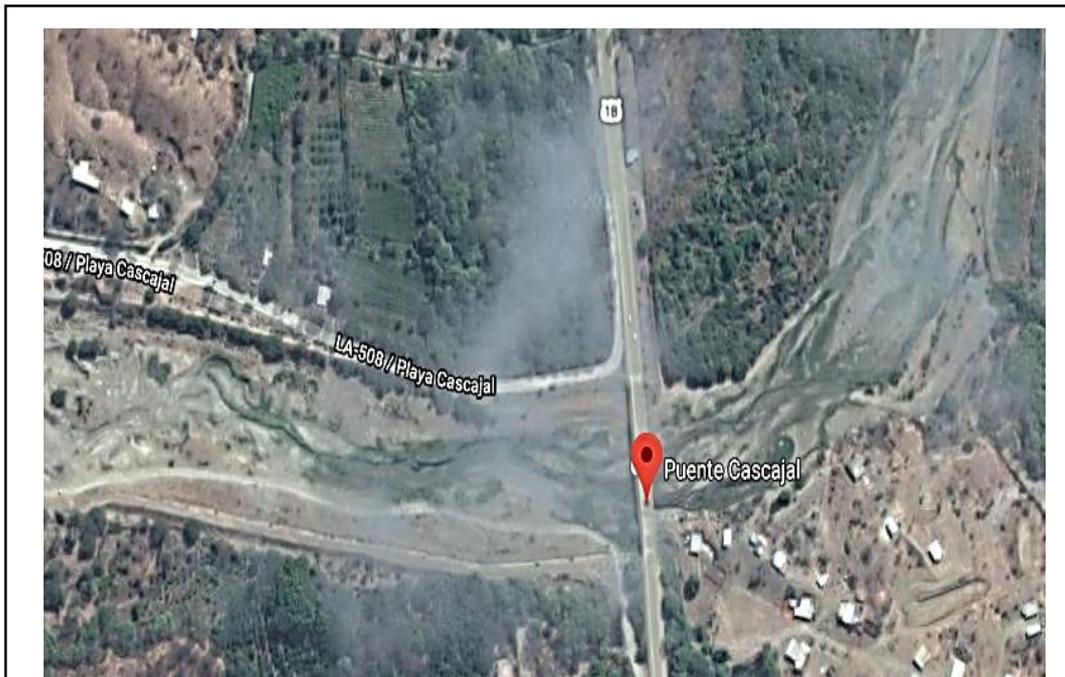


Figura 12: Zona de la extracción de muestras de las diferentes calicatas, adaptado al google earth, imagen satelital.

Fuente: Google earth



Figura 13: Calicata 1, extracción de muestra 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 14: Calicata 2, extracción de muestra 2

Fuente: Elaboración propia



Figura 15: Calicata 3, se extrajeron 3 muestras
Fuente: Elaboración propia



Figura 16: calicata 4, extracción de 1 muestra
Fuente: Elaboración propia



Figura 17: Calicata 5 , extracción de 1 muestra

Fuente: Elaboración propia

2.5.3. Estudio de mecánica de suelos

Se realizaron los ensayos de granulometría, donde las muestras se tamizaron en las diferentes mallas, con el objetivo de obtener los diámetros de las muestras donde fueron utilizadas las fórmulas mostradas anteriormente, también se realizó el ensayo de contenido de humedad, ensayos de límites líquido y plástico, otro ensayo realizado es la gravedad específica, y la clasificación de los suelos.

La normativa utilizada para los ensayos es la siguiente:

Contenido de Humedad: NTP 339.127 / ASTM D 2216

Análisis granulométrico por tamizado: NTP 339.128 / ASTM D 422

Límites plástico y líquido: NTP 339.129 / ASTM D 4318

Gravedad específica: NTP 339.131 / ASTM D854

Se necesitó los siguientes equipos y materiales:

Tabla 7:

Equipos y Materiales para resultado

Ítem	Descripción
	Equipo topográfico (estación total)
	Horno
Equipos	Balanza Calibrada
	Cocina eléctrica
	Copa de casa grande
	Bomba de vacíos
Materiales	Material obtenido por las muestras del río Cascajal
	Tamices
	Taras
Instrumentos	Bandejas
	Fiola
	Ranurador
	Espátula

Fuente: Elaboración propia

La fórmula que se utilizó para obtener el contenido de humedad es la siguiente:

$$\% w = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \times 100$$



Figura 18: Peso húmedo con todo tara, de la muestra 7 - calicata 5
Fuente: Elaboración propia



Figura 19: Peso de la muestra 7 seca al horno de la calicata 5
Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del ensayo de análisis granulométrico se utilizó las siguientes ecuaciones

$$Pasa\ 0.074 = \frac{PesoTotal - Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz\ de\ 0.074}{PesoTotal} \times 100$$

El porcentaje retenido sobre cada tamiz se obtuvo:

$$\%Retenido = \frac{Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz}{Peso\ Total} \times 100$$

Se calcula el porcentaje más fino, restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido\ acumulado$$



Figura 20: Tamizado de las muestras obtenidas en el río Cascajal

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de límites líquido y Plástico se utilizó la copa de casa grande y el tamiz N°40, para encontrar el número de golpes se coloca una porción de muestra en el instrumento antes mencionado y luego se grafica para encontrar el contenido de humedad de acuerdo a los golpes.



Para el ensayo de gravedad específica se utilizó la siguiente fórmula

$$Ma(Tx) = \frac{\text{Densidad del agua } Tx}{\text{Densidad del agua } Ti} * (Ma - Mf) + Mf$$

Donde:

Ma: Masa de la Fiola + Agua

Mf: Masa de la Fiola

Tx: temperatura del ensayo

Ti: Temperatura calibrada

Obtención de la gravedad específica:

$$Gs = Ma(Tx) * K$$

2.5.4. Estudio hidrológico e hidráulico, características de la sección del puente

Se inició con el levantamiento topográfico de 1Km del puente y río Cascajal, considerando como primer punto de estación la margen izquierda del puente aguas arriba y como segundo punto la margen izquierda del puente aguas abajo; donde se incluyó la elaboración del perfil longitudinal y las secciones transversales, con el cual me permite calcular los parámetros hidráulicos de la sección de dicho puente.

Los parámetros que se encontraron son: Área hidráulica, perímetro, pendiente, radio hidráulico y ancho del río.

a) El radio hidráulico se calculó con la siguiente expresión:

$$Rh = \frac{\text{Área de la sección}(m^2)}{\text{Perímetro de la sección}(m)}$$

b) Ancho del río se calculó con la siguiente expresión

$$B = \frac{\text{Area de la seccion}(m^2)}{\text{Tirante promedio de la seccion}(m)}$$

c) Para encontrar el Caudal (Q) se utilizó la siguiente expresión:

$$Q \left(m^3/s \right) = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n: Rugosidad

S: Pendiente del río (m/m)

A: Área de la sección del río (m^2)

R: Radio hidráulico (m)

2.5.5. Selección de ecuaciones de mejor ajuste

Para la selección de ecuaciones de mejor ajuste se realizó el cálculo de profundidad de socavación, donde se utilizaron las ecuaciones teóricas de Lui, Chang y Skinner, Artamonov, Laursen, Froehlich y Hire. Donde se realizó su cálculo para determinar la profundidad de socavación para los diferentes métodos.

Métodos para el cálculo de socavación se presenta por las siguientes ecuaciones:

<p>Liu, Chang y Skinner</p>	$\frac{Y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} F_r^{0.33}$ <p> Y_s: Profundidad de socavación, (m) H: Profundidad del flujo en el cauce principal (m) L: Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m) F_r: Número de Froude aguas arriba K_f: Coeficiente de corrección por forma del estribo </p>	<p>Socavación local en los estribos</p>	<p>El método se basa en una ecuación resultante de estudios de laboratorio y análisis dimensional, realizada en 1961. Toma en cuenta socavación en lecho móvil. Estribos se proyectan dentro del cauce principal. No existe flujo en la llanura de inundación. Flujo subcrítico. Lecho del cauce arenoso</p>
<p>Artamonov</p>	$H_T = K_\theta K_Q K_m h$ $H_T = K_\theta h$ <p> H_T: Profundidad del agua al pie del estribo K_θ: Coeficiente que depende del ángulo que forma la corriente con el eje longitudinal del puente K_Q: Coeficiente en función del gasto K_m: Coeficiente en función del talud que los lados del estribo h: Tirante de agua en la zona cercana al estribo. </p>	<p>Socavación local en los estribos</p>	<p>Ecuación que permite determinar no solamente la profundidad de socavación que se produce al pie de estribos sino también al pie de espigones o espigones</p>
<p>Froehlich</p>	$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e}\right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$ <p> y_s: Profundidad de socavación (m) h_e: Profundidad media del flujo en la zona de inundación obstruida por el estribo aguas arriba del puente (m). K_f: Coeficiente que depende de la forma del estribo. K_θ: Coeficiente que depende del ángulo de ataque. L: Longitud del estribo y accesos al puente que se opone al paso del agua (m). F_{re}: Número de Froude en la sección de aproximación obstruida por el estribo. </p>	<p>Socavación local en los estribos</p>	<p>Ecuación basada en análisis dimensional y en análisis de regresión laboratorio para socavación en lecho móvil y en agua clara, para estribos que se proyectan dentro del cauce o no y para flujo concentrado en el cauce principal o combinado con flujo en las llanuras de inundación.</p>
<p>Hire</p>	$y_s = 4h \left(\frac{K_f}{0.55}\right) K_\theta F_r^{0.33}$ <p> y_s: Profundidad de socavación (m) h: Profundidad del flujo aguas arriba en el cauce principal, (m). F_r: Número de Froude basado en la velocidad y profundidad al pie justo aguas arriba del estribo. K_f: Factor de corrección por forma del estribo. K_θ: Factor de corrección del ángulo de ataque. </p>	<p>Socavación local en los estribos</p>	<p>Ecuación desarrollada a partir de los datos obtenidos de otra ecuación US ARMY de los EUA para la socavación que se produce en la punta de los espigones construidos en el río Mississippi.</p>

De las 4 ecuaciones que brinda el manual, solo dos son las que más se ajustan a lo real, por lo cual se hizo la comparación con el software Hec- Ras. Solo dos ecuaciones se consideró la ecuación de Froehlich y Hire.

En el software Hec – Ras se introdujo los parámetros hidráulicos obtenidos en el levantamiento topográfico, el programa cuenta con dos ecuaciones que es Froehlich y Hire.

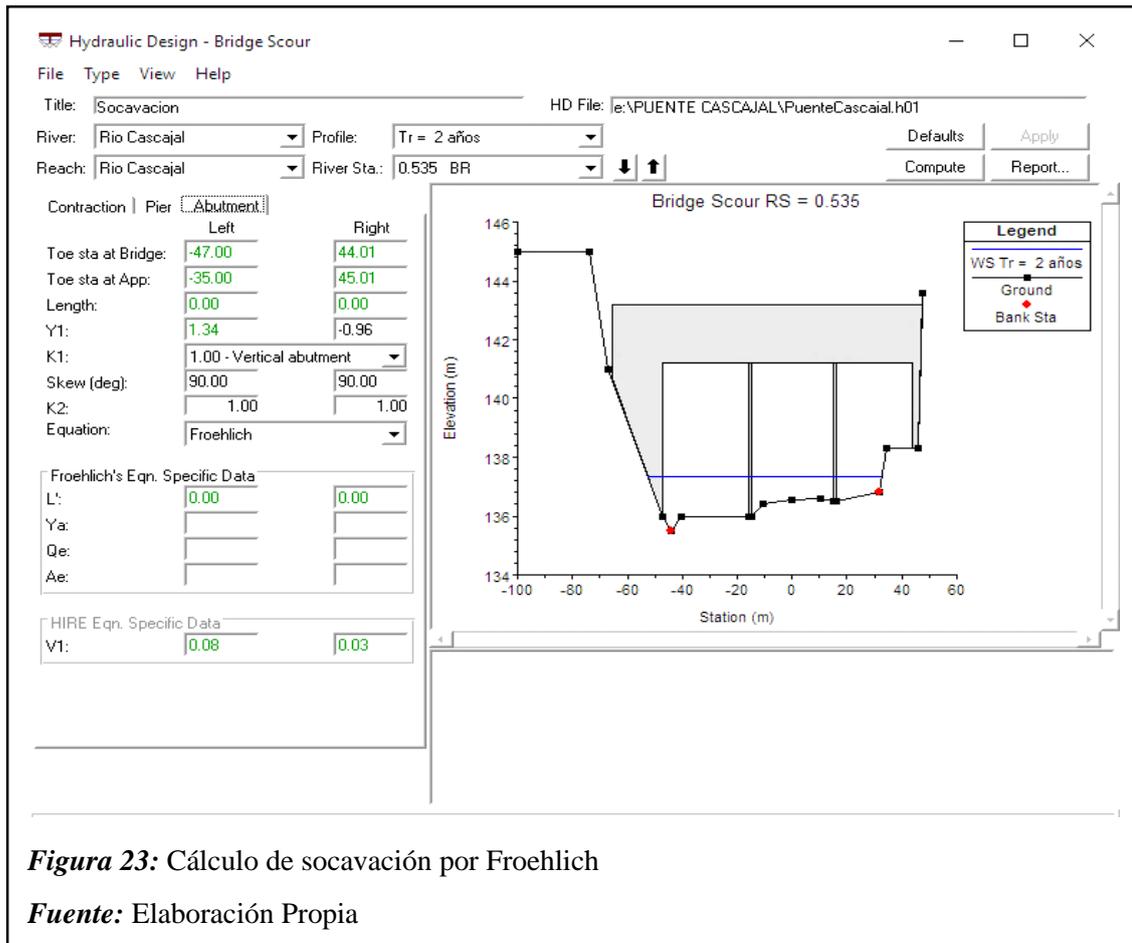


Figura 23: Cálculo de socavación por Froehlich

Fuente: Elaboración Propia

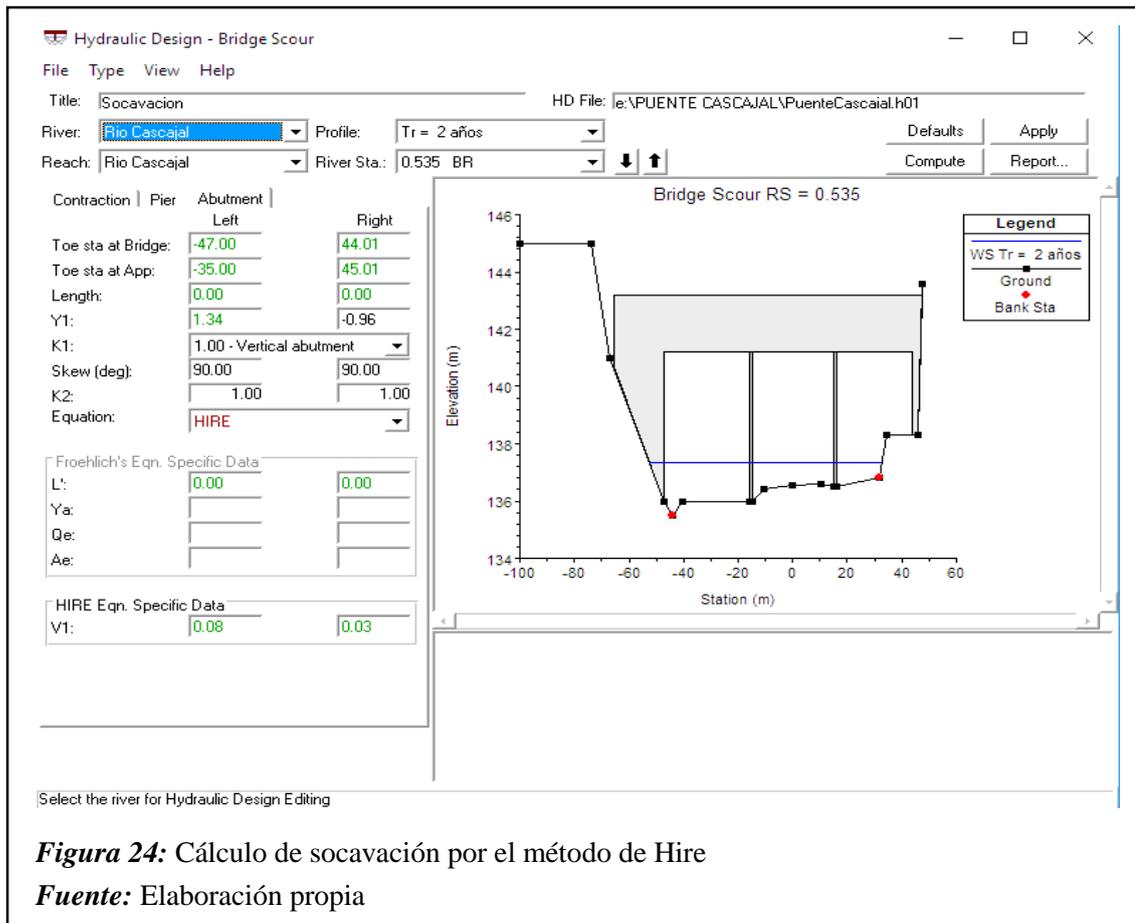


Figura 24: Cálculo de socavación por el método de Hire

Fuente: Elaboración propia

Haciendo la comparación entre lo teórico y lo que el software brinda se determina que la ecuación de mejor ajuste es el método de Froehlich.

2.5.6. Elaboración de planos

La elaboración de los planos se realizó utilizando el software AUTOCAD, donde se obtuvo el plano de ubicación del puente, plano de curvas de nivel, plano de perfil longitudinal del tramo en estudio, planos de las secciones transversales tanto aguas arriba como aguas abajo del puente.

2.6. Criterios éticos

2.6.1. Ética de recolección de datos

La recolección de datos topográficos cuenta con instrumentos calibrados y actualizados, estos se concretaron en los formatos de taquimetría y nivelación.

Se utilizaron normas, bases teóricas y artículos actualizados, los cuales sirvieron como guía para reunir la información necesaria para la investigación en estudio.

Se consideró lo estipulado en la norma técnica peruana para la recopilación de las muestras in situ del estudio de mecánica de suelos.

2.6.2. Ética de la publicación

Se tendrá que valorar y reconocer el esfuerzo que empleo la autora de la investigación, dicho aporte servirá como un antecedente más para futuras investigaciones, y será una medida de prevención en caso de plagio.

2.6.3. Ética de aplicación

Dicho estudio de investigación creará beneficios económicos, sociales y de impacto ambiental, esto dependerá de los resultados de la investigación. Un buen estudio de impacto ambiental generará que la investigación se acredite.

2.7. Criterios de rigor científico

2.7.1. Veracidad de la registración

En la investigación, todos los resultados sobre socavación en estribos de puentes son ensayos que se realizaron teórico-experimental. Dichos ensayos son valores reales que se tomaran del mismo puente.

2.7.2. Anunciar patrocinadores e intenciones

En el proyecto de investigación, se mencionan todas las fuentes y autores, de donde se recolecto información para validar los ensayos y las teorías que se mencionan en cada método del proyecto de investigación.

2.7.3. Respeto por las personas.

En la investigación todos los estudios que se realizaron, y la información que busco es información verídica, esta información se sacó las investigaciones y teorías y métodos que a lo largo han ido contribuyendo con información.

2.7.4. Beneficencia

Las personas que deseen hacer un trabajo similar, obtendrán información que les servirá para que puedan hacer un buen proyecto.

CAPÍTULO III

III.RESULTADOS

3.1. Resultado en tablas y figuras

A) Levantamiento topográfico de 1Km, 500m aguas arriba del puente y 500m aguas abajo.

1. El levantamiento topográfico, facilitó obtener el perfil longitudinal y las secciones transversales, es una topografía plana con una de pendiente = 0.27%.

Tabla 8: Resultado del levantamiento topográfico

Resultado del levantamiento topográfico

Ítem	Descripción	Cota
Eje del puente	Nivel de terreno	136.54
	Nivel de agua	137.75
0 + 500		
0 + 260	Nivel de terreno	137.35
	Nivel de Agua	138.40
Aguas arriba	Nivel de terreno	138.11
	Nivel de Agua	139.11
0 + 000		
0 + 750	Nivel de terreno	135.90
	Nivel de Agua	137.05
Aguas abajo	Nivel de terreno	135.35
	Nivel de agua	136.35
1 + 020		

Fuente: Elaboración propia

Con estos puntos se determinó la pendiente, el plano de secciones transversales y el plano de perfil longitudinal con el cual sirvió para poder encontrar el caudal máximo para diferentes períodos de retorno. (Ver Anexo 1)

2. Las coordenadas UTM, sirvió para tener la ubicación exacta del puente, con el cual se hizo el plano de ubicación.

Tabla 9:

Coordenadas UTM

PUNTOS EN LOS PILARES DE PUENTE				
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA	DESCRIPCION
36	637043.199	9344304.41	138.534	PILAR
68	637052.968	9344275.81	137.231	PILAR
69	637047.486	9344275.78	136.989	PILAR
113	637054.073	9344245.13	136.044	PILAR
114	637048.43	9344244.74	136.379	PILAR
122	637045.38	9344200.19	137.025	PILAR
123	637045.126	9344196.22	137.131	PILAR

Fuente: Elaboración propia

Con las coordenadas se obtuvo el plano de ubicación geográfica del puente y Río Cascajal.

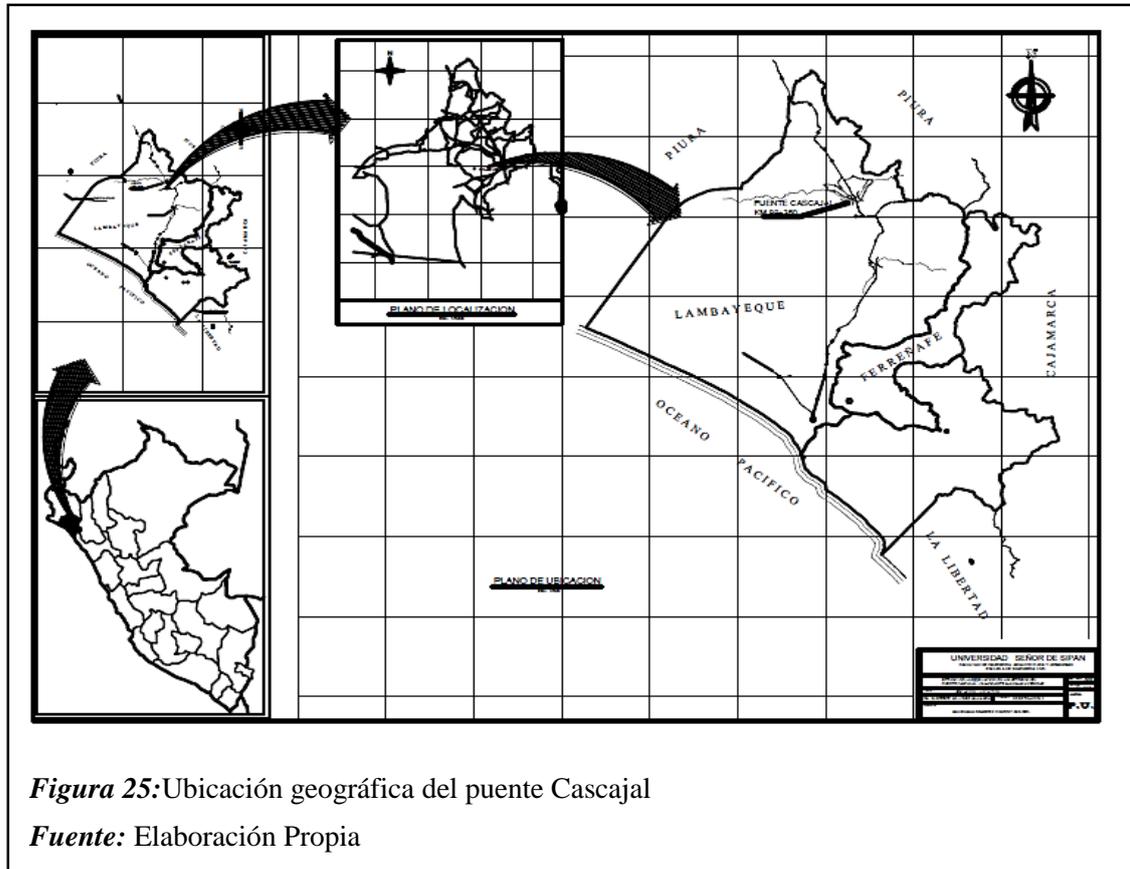


Figura 25: Ubicación geográfica del puente Cascajal

Fuente: Elaboración Propia

B) Estudio de Mecánica de suelos

De todas las muestras que se extrajeron de las calicatas del río Cascajal, fueron llevadas a laboratorio para realizar diferentes ensayos de laboratorio. Que como resultados se obtuvieron:

Tabla 10:

Resultados de ensayos en laboratorio

Ensayo	Parámetros	Unidad	Muestra	Resultado
Contenido de humedad	Muestra saturada	%	1	13.09
			2	7.12
			3	7.12
			4	3.46
			5	7.15
			6	7.56
			7	6.55
Límites Plástico Líquido	Muestra seca parcialmente húmeda	Índice de plasticidad	1	-
			2	-
			3	3.01
			4	-
			5	-
			6	-
			7	-
Análisis Granulométrico	Clasificación (S.U.C.S.)	-	1	SP
			2	SP
			3	SC
			4	GW
			5	GP
			6	GP
			7	GP

Fuente: Elaboración propia

Para los resultados de contenido de humedad, se determina que la muestra 1 es la que tiene más contenido de humedad debido a que se encuentra en contacto directo con el agua.

Para los resultados de límites solo se obtuvo resultados de la muestra 3, puesto que era la única muestra con presencia de limos y arcilla, las demás muestras son arenas con gravas.

Para los resultados del análisis granulométrico, las partículas se clasifican en SP (arena pobremente graduada), GW (grava bien graduada con arena), GP (grava pobremente graduada con arena), SC (arena arcillosa). (Ver Anexo 2).

C) Estudio hidrológico

1. Los registros hidrométricos diarios, mensuales y anuales de la estación Zapatero, permitirán encontrar los caudales máximos de cada año.
2. La descarga máxima de la estación Zapatero y periodos de correlación para el análisis de consistencia dio como resultado lo siguiente: (Ver Anexo 3)

Tabla 11:

Registro hidrométrico de la estación Zapatero

m	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Q max (m3/s)
1	0.0680	0.376	0.185	1.536	0.619	0.085	0.619	0.160	0.160	0.112	0.080	0.083	1.5360
2	0.0710	0.159	0.058	0.125	0.111	1.363	0.111	0.278	0.147	0.134	0.125	0.060	1.3630
3	1.3350	52.121	73.241	0.021	16.297	1.739	16.297	0.067	0.083	0.097	0.094	0.037	73.2410
4	0.5430	5.198	10.514	54.896	4.408	0.520	4.408	0.752	0.491	0.711	0.623	0.052	54.8960
5	0.2960	0.48	4.721	4.656	1.084	0.926	1.084	0.338	0.471	0.600	0.458	0.700	4.7210
6	0.5550	0.533	4.125	2.025	0.948	1.578	0.948	0.395	0.351	0.268	0.180	0.306	4.1250
7	0.2110	0.696	10.161	3.768	3.462	0.193	3.462	0.746	0.515	0.382	0.347	0.252	10.1610
8	0.3810	0.583	0.474	20.596	0.187	0.050	0.187	0.866	0.521	0.429	0.386	0.304	20.5960
9	0.1010	0.095	0.063	0.282	0.052	0.058	0.052	0.056	0.127	0.097	0.093	0.385	0.3850
10	0.0290	4.009	1.124	0.054	0.004	1.052	0.004	0.075	0.042	0.026	0.194	0.116	4.0090
11	0.6020	4.262	0.137	0.428	0.067	0.918	0.067	0.526	0.386	0.271	0.103	0.103	4.2620
12	0.0600	0.102	5.523	10.649	2.196	0.049	2.196	0.551	0.323	0.201	0.013	0.098	10.6490
13	0.0270	5.623	9.182	3.042	1.425	0.768	1.425	0.014	0.002	0.009	0.102	0.035	9.1820
14	0.0530	0.06	0.137	0.085	0.081	0.030	0.081	0.520	0.271	0.158	0.160	0.160	0.5200
15	0.2900	0.25	0.023	3.701	1.417	0.100	1.417	0.028	0.006	0.004	0.0456	0.2974	3.7010
16	0.0023	0.74	10.661	0.111	0.050	0.020	0.050	0.950	0.720	0.470	0.2154	0.1171	10.6610
17	0.3284	0.27	0.058	1.090	0.200	1.480	0.200	0.180	0.160	0.160	0.325	0.2435	1.4800
18	0.2453	2.19	2.450	0.620	0.210	0.180	0.210	0.3721	0.2637	0.0589	0.1523	0.1717	2.4500
19	0.2051	8.1472	0.540	6.620	2.030	0.9162	2.030	0.0881	0.437	0.1132	0.1113	0.2991	8.1472
20	0.1101	0.5543	15.090	0.470	0.180	1.2501	0.180	0.5102	0.0028	0.3924	0.1848	0.1648	15.0900
21	0.0525	3.6184	0.260	1.9217	11.5518	0.2722	0.6665	0.1252	0.1735	0.3223	0.0352	0.3594	11.5518
22	0.3302	4.4163	26.9921	0.6098	3.4453	0.225	11.3496	0.6563	0.5355	0.1035	0.1079	0.7075	26.9921
23	0.0767	6.4181	1.0621	17.9733	0.7254	1.0143	4.8236	1.0489	0.0765	0.0042	0.4136	0.2273	17.9733
24	0.1006	2.293	0.5327	34.2104	1.7296	1.1834	4.183	0.5175	0.4718	0.3721	0.4819	0.3836	34.2104

Fuente: Elaboración propia

Para obtener todos los registros hidrométricos diarios, mensuales y anuales completos de la estación zapatero, se tuvo que completar mediante las curvas de variación estacional. En la tabla 12 se tiene 14 registros completos y 10 que están incompletos, donde se optó completar mediante las curvas de variación estacional.

Una vez obtenidos todos los registros hidrométricos completados desde el año 1993 al 2018 hallamos el caudal máximo para los diferentes años.

Tabla 12:

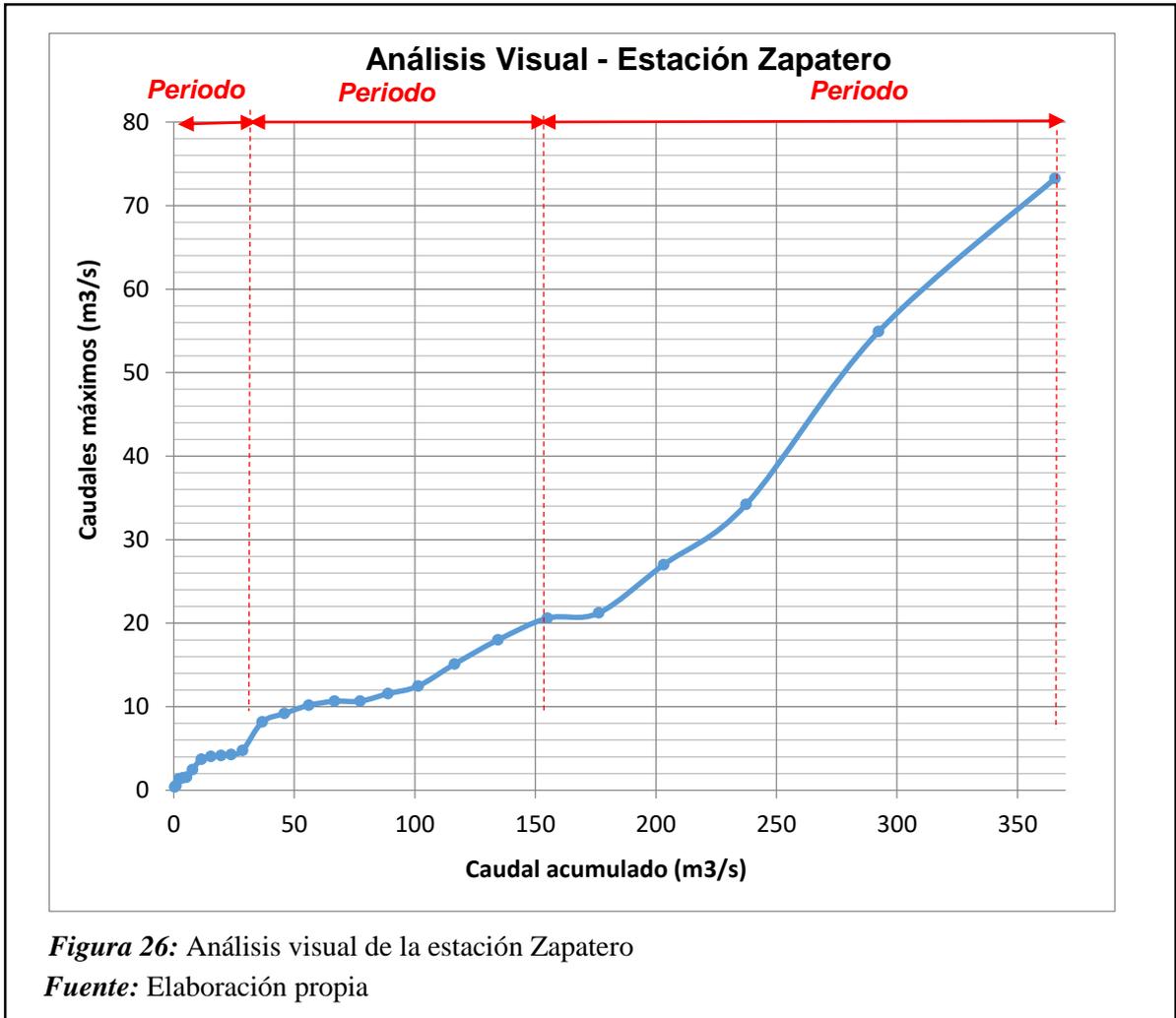
Descarga máxima anual de la estación zapatero

m (orden)	Q máx	Q Acum	m (orden)	Q máx	Q Acum
1	0.3850	0.3850	15	10.65	66.69
2	0.5200	0.9050	16	10.66	77.35
3	1.3630	2.2680	17	11.55	88.90
4	1.4800	3.7480	18	12.45	101.36
5	1.5360	5.2840	19	15.09	116.45
6	2.4500	7.7340	20	17.97	134.42
7	3.7010	11.4350	21	20.60	155.02
8	4.0090	15.4440	22	21.21	176.22
9	4.1250	19.5690	23	26.99	203.22
10	4.2620	23.8310	24	34.21	237.43
11	4.7210	28.5520	25	54.90	292.32
12	8.1472	36.6992	26	73.24	365.56
13	9.1820	45.8812			
14	10.1610	56.0422			

Fuente: Elaboración propia

Con los registros hidrométricos completados, se obtienen las descargas máximas para los diferentes periodos de retorno. Con datos obtenidos por el ANA de los 26 años desde 1993 – 2018 se obtuvo un total de 26 registros con diferentes caudales para diferentes periodos de retorno.

En la gráfica de análisis visual de los caudales máximos (m^3/s) vs caudales máximos acumulados (m^3/s), para los diferentes periodos de retorno .



- Para análisis estadístico y consistencia de la media para determinar los saltos. Debido a que los datos calculados por la media y desviación estándar en ambos periodos son estadísticamente diferentes $S1(x) \neq S2(x)$, se corrige la información original por no ser consistente con el 95 % de probabilidad.

Tabla 13:*Periodos de consistencia de la medida*

PERIODO 1			PERIODO 1	
m	Año	Q Corr.	$x_1 - \bar{x}_1$	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$
1	1993	7.136	-5.510	30.362
2	1994	7.473	-5.174	26.767
3	1995	9.574	-3.072	9.440
4	1996	9.866	-2.781	7.733
5	1997	10.005	-2.641	6.976
6	1998	12.284	-0.363	0.132
7	1999	15.402	2.755	7.591
8	2000	16.169	3.523	12.411
9	2001	16.459	3.812	14.532
10	2002	16.800	4.154	17.252
11	2003	17.944	5.298	28.064
N =		11.00	$\Sigma(x_1 - \bar{x}_1)^2$ 161.257	

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, debido a que exceden hasta en 4 veces los caudales estadísticamente corregidos con respecto a los caudales iniciales, se decide NO CORREGIR LA INFORMACIÓN. Finalmente, tal y como se demostrará en la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov - Smirnov (K-S) el delta tabular (Δ_t) en menor que el delta crítico (Δ_o) para $P = 95\%$ para los caudales iniciales y los completados con el Modelo Markoviano Auto regresivo de 1º Orden (AR 1).

4. Para las pruebas de bondad de ajuste K dio como resultado

Tabla 14:

Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov. Kolmogorov Δ , para varios valores de N y niveles de significación α

Tabla 5.3. Valores críticos de Δ_0 del estadístico Smirnov . Kolmogorov Δ, para varios valores de N y niveles de significación α.					
Tamaño N	Nivel de significación α				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.332	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.2	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N > 35	1.07	1.14	1.22	1.36	1.63
	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}	\sqrt{N}

Fuente: M. Villon - Hidrología Estadística. Tabla 5.3

Valores para determinar las pruebas de bondad de ajuste K-S, mediante los valores críticos y valores de significación.

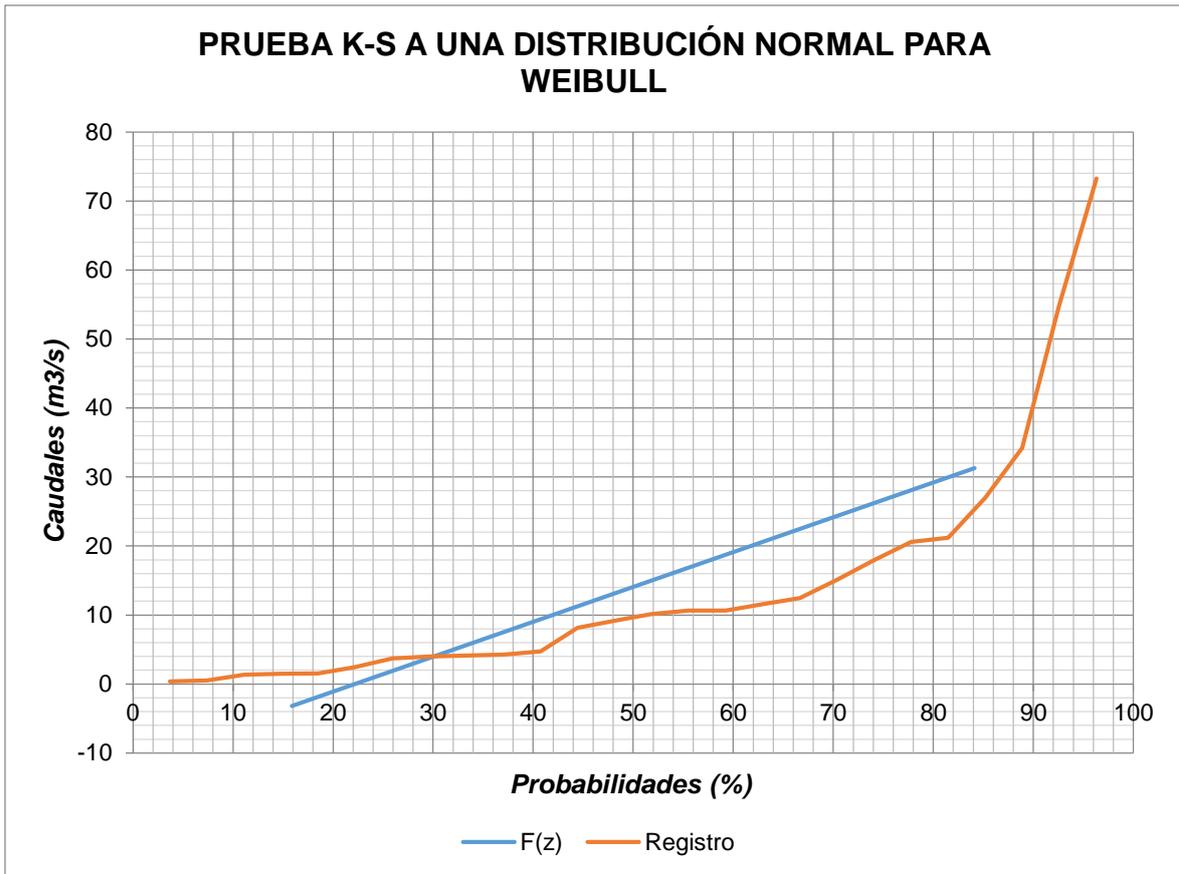


Figura 27: Distribución Normal para Weibull - pruebas de bondad

Fuente: Elaboración propia

En la gráfica de distribución normal para Weibull, se representa mediante caudales vs probabilidad. Donde se observa la distribución normal para Weibull de color azul la línea y para los registros hidrométricos la línea de color rojo.

5. Distribución estadística para los diferentes métodos estadísticos donde se utilizó los diferentes métodos para diferentes periodos de retorno. Así mismo se hizo el cálculo de donde se determinó cuál de todos los parámetros es el que más se ajusta al registro hidrométrico. (Ver en tabla 15)

Tabla 15:

Distribución estadística de los diferentes métodos para diversos periodos de retorno

Tr (años)	DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS							
	NORMAL	LN 2P	LN 3P	GM 2P	GM 3P	LP T III	GUMBEL	LOG GUMBEL
	Δ tabular = 0.2667							
	Δ teórico							
	0.2038	0.1000	0.0794	0.0864	0.1036		0.1746	0.1703
2	14.06	7.02	8.08	9.07	8.24		11.23	5.64
5	28.57	21.50	20.46	22.90	23.73		26.46	18.28
10	36.16	38.61	32.56	33.70	36.07		36.55	39.80
25	44.25	72.06	52.98	48.10	52.76	NO SE	49.30	106.36
50	49.48	107.83	72.34	59.24	65.56	AJUSTA	58.75	220.53
100	54.18	154.94	95.59	70.33	78.44		68.14	454.82
140	56.31	182.62	108.44	75.72	84.71		72.68	645.63
200	58.48	215.88	123.26	81.42	91.35		77.49	935.53
500	63.69	322.67	167.57	96.01	108.36		89.83	2422.67

Fuente: Elaboración propia

De todos métodos que se aplicaron el que más se ajusta al registro hidrométrico es el logaritmo normal 2 parámetros así mismo se presentará en una gráfica donde se apreciará cuál de los 7 métodos es el que más se ajusta a los registros hidrométricos.

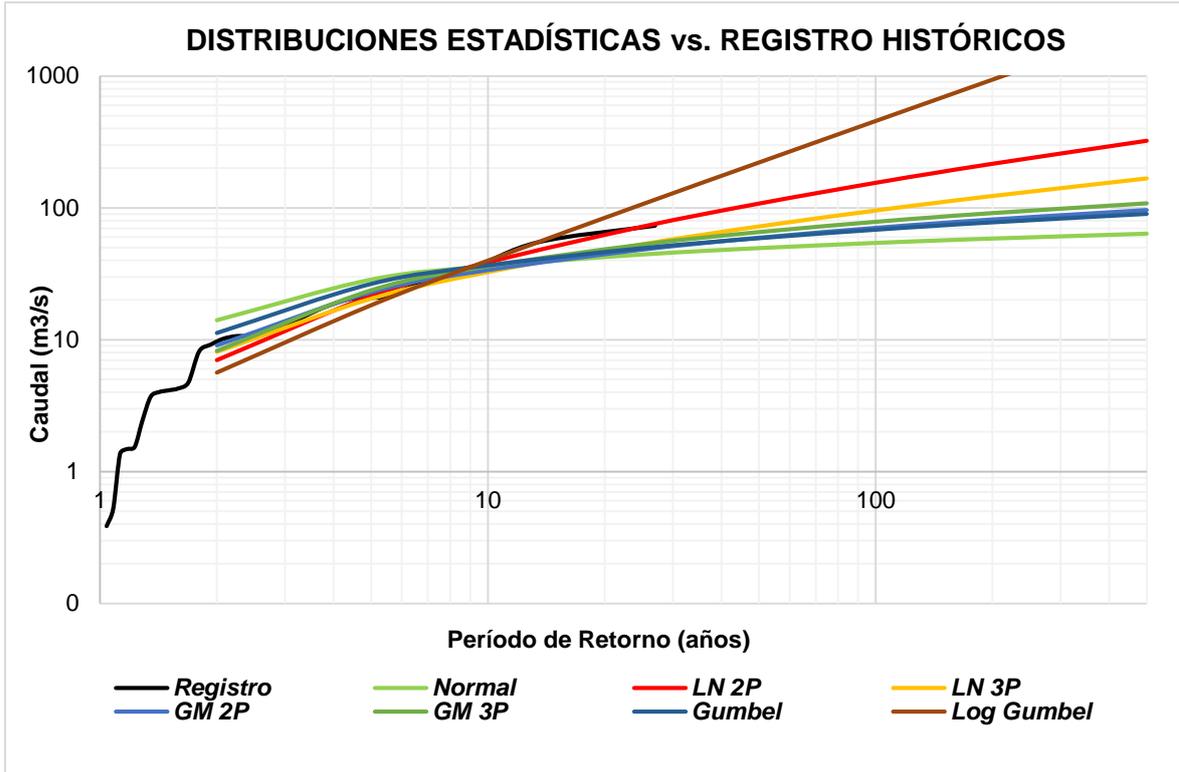


Figura 28: Gráfica de las distribuciones estadística vs registros históricos

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados mostrados, habría dos opciones de escoger el caudal máximo, la primera sería en función del delta tabular (Δt) y el delta teórico (Δo), bajo esa condición el de menor Δo será el método que más se ajuste al registro histórico.

Sin embargo, existe la segunda opción que corresponde al graficar el registro histórico para cierta probabilidad empírica "P(x)" con respecto a todas las distribuciones estadísticas para los períodos de retorno considerados en el análisis.

D) Estudio hidráulico

Para determinar el ancho estable del río Cascajal se utilizaron diferentes métodos:

Tabla 16:

Métodos que determinan del ancho estable del río

MÉTODO	PARÁMETROS	VALORES	ANCHO ESTABLE "B"
1. MÉTODO DE PETITS $B = 4.44\sqrt{Q}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 150 años.	Q= 182.62 m ³ /s	B = 60.00 m
2. MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON $B = K_1\sqrt{Q}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 150 años. K1: Condiciones del fondo del cauce (Adimensional) Fondo y orillas de arena K1= 5.70 Fondo arena y orillas de mat. cohesivo K1= 4.20 Fondo y orillas de material cohesivo K1= 3.60 Fondo y orillas del cauce de grava K1= 2.90 Fondo arena y orillas de mat. No cohesi K1= 2.80	Q= 182.62 m ³ /s K1= 5.70	B= 77.03 m
3. MÉTODO DE BLENCH $B = 1.81 \left(\frac{F_b Q}{F_s} \right)^{1/2}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. Fb: Factor de fondo Fs: Factor de orilla Valores de Fb y Fs Material grueso Fb= 1.20 Material fino Fb= 0.80 Material suelto Fs= 0.10 Material ligeramente cohesivo Fs= 0.20 Material cohesivo Fs= 0.30	Q= 182.62 m ³ /s Fb= 1.20 Fs= 0.10	B= 84.73 m
4. MÉTODO DE ALTUNIN $B = E \left(\frac{Q}{S^{1/2}} \right)^{\frac{3}{3+5m}}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. S: Pendiente del fondo del cauce m/m. m: Coeficiente del tipo de río (Adimensional) Rios en zona montañosa m= 0.50 Cauces aluviales m= 1.00 Cauces arenosos m= 0.70 E: Coeficiente de altunin $E = (nK^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}$ n: Rugosidad del cauce K: Coeficiente de forma. Cauces en material aluvial K= 8 a 12 Rios con orillas difícil de erosionar K= 3 a 5 Rios con orillas erosionables K= 16 a 20 Valor práctico K= 10	Q= 182.62 m ³ /s S= 0.0033 m/m m= 0.70 E= 1.9 n= 0.04 K= 16	B= 78.97 m
5. MÉTODO DE MAZA - CRUICKSHANK $B = \frac{0.37D_{84}^{0.261}K^{0.714}Q^{0.596}}{w_{50}^{0.406}\Delta^{0.19}g^{0.048}D_{35}^{0.095}Q_{BT}^{0.095}}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. D84: Diametro de partículas menores al 84% del total (m). K: Coeficiente de forma de Altunin. w50: Velocidad de caída para partículas D50 (m/s). Δ: Densidad relativa de las partículas (Kg/m3). g: Aceleración de la gravedad (m/s2). D35: Diametro de partículas menores al 35% del total (m). Qbt: Caudal de transporte de fondo total (m3/s).	Q= 182.62 m ³ /s D84= 0.000463 m K= 16 w50= 0.0817 m/s Δ= 1.679 g= 9.81 m/s2 D35= 0.000262 m Qbt= 0.1296 m ³ /s	B= 48.01 m
6. RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	Q (m3/s) B (m) Según el valor del caudal de diseño para un periodo de retorno Tr=150 años, se tienen los siguientes valores de B: 3000 200 2400 190 1500 120 1000 100 500 70	Q= 182.62 m ³ /s	B= 70.00 m

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se selecciona un ancho estable "B" de acuerdo a la zona en estudio, en este caso se toma la longitud total del puente que es 93 m

Para el cálculo de socavación general se utilizó el método de Lischtvan – Levedieben, donde se determinó la profundidad de socavación en suelos homogéneos, para ello se empleó dos ecuaciones para suelos cohesivos y suelos no cohesivos.

Suelos cohesivos

$$Hs = \left[\frac{a * h^{5/3}}{0.60 * w^{1.18} * \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

Suelos no cohesivos

$$Hs = \left[\frac{a * h^{5/3}}{0.68 * D^{0.28} * \beta} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

Donde:

$$a = Qd / (H_m^{5/3} B_e \mu)$$

Qd = caudal de diseño (m^3/seg)

Be = ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal

μ = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1

Hm = profundidad media de la sección

x = exponente variable que depende del diámetro del material y se encuentra en la tabla N° 2

Dm = diámetro medio (en mm)

\emptyset = Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos, generalmente es igual a 1.

h = Ho = Tirante antes de la erosión.

Tabla 17:*Coefficiente de Contracción u*

Velocidad media en la sección, en m / seg	Longitud libre entre dos estribos												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Fuente: Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje

Tabla 18:*Valores de X para suelos cohesivos y suelos no cohesivos*

SUELOS COHESIVOS		SUELOS NO COHESIVOS	
P. ESPECIFICO	x	dm	x
d (Tn/m³)		(mm)	
0.80	0.52	0.05	0.43
0.83	0.51	0.15	0.42
0.86	0.50	0.50	0.41
0.88	0.49	1.00	0.40
0.90	0.48	1.50	0.39
0.93	0.47	2.50	0.38
0.96	0.46	4.00	0.37
0.98	0.45	6.00	0.36
1.00	0.44	8.00	0.35
1.04	0.43	10.00	0.34
1.08	0.42	15.00	0.33
1.12	0.41	20.00	0.32
1.16	0.40	25.00	0.31
1.20	0.39	40.00	0.30
1.24	0.38	60.00	0.29
1.28	0.37	90.00	0.28
1.34	0.36	140.00	0.27
1.40	0.35	190.00	0.26
1.46	0.34	250.00	0.25
1.52	0.33	310.00	0.24
1.58	0.32	370.00	0.23
1.64	0.31	450.00	0.22
1.71	0.30	570.00	0.21
1.80	0.29	750.00	0.20
1.89	0.28	1000.00	0.19
2.00	0.27		

Fuente: Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje

Tabla 19:

Valores del coeficiente β

Periodo de retorno del gasto de diseño (en años)	Coeficiente
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
500	1.05

Fuente: Manual de Hidrología, hidráulica y drenaje

Las tablas anteriores, permiten hacer el cálculo de profundidad de socavación para suelos homogéneos.

Para el cálculo de socavación tenemos caudal para un periodo de retorno de 500 años, pendiente y rugosidad. En el manual de hidrología, hidráulica y drenaje, recomienda para el cálculo de socavación en puentes un periodo de retorno de 500 años.

Tabla 20:

Datos de Puente Cascajal (Caudal, pendiente, rugosidad)

Qd =	322.67	m3/s	Caudal
S% =	0.027		Pendiente tramo
n =	0.0515		Rugosidad

Fuente: Elaboración propia

Según los métodos de Petits, Simons & Henderson, Blenchs, Altunin y Maza; se concluye una sección estable de: B=70m

Tirante de diseño

$$t = \left[\frac{Qd}{Ks * B * S^{0.5}} \right]^{3/5}$$
$$k_s = \frac{1}{n}$$

Datos para determinar la ecuación de tirante de diseño

Tabla 21: Datos para determinar el tirante hidráulico

Datos para determinar el tirante hidráulico

Qd =	322.67	m³/s
S% =	0.2700	
n =	0.0515	

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado se obtuvo:

Tabla 22:

Resultado de Tirante hidráulico

Ks =	19.417	
t =	0.625	m

Fuente: Elaboración Propia

Ks: coeficiente de rugosidad = 19.417

T: tirante hidráulico teórico = 0.625 m

Se determinó la velocidad media, mediante la siguiente fórmula

$$Vm = Ks * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

Datos para determinar el radio hidráulico y la velocidad media

Tabla 23:

Datos para determinar el radio hidráulico y la velocidad media

A =	185.01	m²
P =	87.50	m
Yn =	1.20	m

Fuente: Elaboración Propia

Resultados se obtuvo: radio hidráulico y velocidad media

Tabla 24:

Resultados: Radio hidráulico y velocidad media

Rh =	2.11	m
Vm =	1.74	m/s

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo de la socavación general en el cauce

Tabla 25:

Datos para determinar la profundidad de socavación

Hs= cálculo de la socavación	m	
Qd = caudal de diseño (Tr= 500 años)	322.67	m ³ /s
Be = ancho efectivo de la superficie de agua	93.00	m
Ho = tirante antes de la erosión	0.62	m
Vm = velocidad media en la sección	1.74	m/s
m = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 18	0.99	
gd = peso específico del suelo del cauce	2.71	Tn/m ³
Dm = diámetro medio	3.55	mm
x = exponente variable. Ver tabla N° 19	0.37	
Tr = Periodo de retorno del gasto de diseño	500.00	años
b = coeficiente que depende de la frecuencia del caudal de diseño. Ver tabla N° 20	1.05	

Fuente: Elaboración propia

$$a = \frac{Qd}{Hm^{5/3} * B * \mu}$$

Como resultado se obtuvo una profundidad general de socavación de 1.26 m

Para hallar la socavación local se empleó los siguientes métodos que nos indica el manual de hidrología en hidráulica aplicada en puentes

MÉTODO DE LIU, CHANG Y SKINNER

$$\frac{Y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} Fr^{0.33}$$

Datos para determinar la socavación		
coef. corrección forma del estribo Kf	2.15	m
Longitud del estribo L	8.45	m
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	m
Número de Froude (subcrítico)	0.51	m

Resultados		
Socavacion local		
ys =	4.50	m

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gh}} \implies \frac{1.74}{\sqrt{9.81 * 1.29}} \equiv 0.507 \quad \text{Flujo subcritico} \\ Fr < 1$$

Para el método de Liu, chang y Skinner se obtuvo como resultado una socavación local de 4.50m

MÉTODO DE ARTAMONOV

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h \quad H_T = K_\theta h$$

Datos para determinar la socavación		
KQ Coef. depende la relacion Q1/Qd	4.20	m
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	

Resultados		
Socavacion local		
Hs =	5.04	m

$$Q = V * A \implies 1.74 * 185.01 \equiv 321.92$$

$$KQ = Q1/Qd \implies 321.92/322.6 \equiv 0.998$$

Para el método de Artamonov de obtuvo una profundidad de socavación de 5.04m

MÉTODO DE HIRE

$$y_s = 4h \left(\frac{K_f}{0.55} \right) K_\theta F_r^{0.33}$$

Datos para determinar la socavación		
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	m
coef. corrección forma del estribo Kf	1.00	m
coef. corrección ángulo del flujo Kθ	1.00	m

Resultados		
Socavacion local		
ys =	6.97	m

$$K_\theta = 90^\circ/90^\circ = 1$$

Para el método de Hire dio como resultado una profundidad de socavación de 6.97m

MÉTODO DE FROEHLICH

$$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$

Datos para determinar la socavación		
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	m
coef. corrección ángulo del flujo Kθ	1.00	m
coef. corrección forma del estribo Kf	1.00	m
Longitud del estribo L	8.45	m
Número de Froude (subcrítico)	0.507	m

Resultados		
Socavacion local		
ys =	5.37	m

$$K_\theta = 90^\circ/90^\circ = 1$$

Tabla 26:

Cuadro resumen de los diferentes métodos de socavación local

Método de Liu, Chang y Skinner	4.50	m
Método de Artamonov	5.04	m
Método de Hire	6.97	m
Método de Froehlich	5.37	m

Para determinar la socavación total tenemos

$$D_T = D_S + d_S$$

Ds = socavación general

ds = socavación local

Tabla 27:

Cuadro resumen de la profundidad total de socavación

Método de Liu, Chang y Skinner	5.76	m
Método de Artamonov	6.30	m
Método de Hire	8.23	m
Método de Froehlich	6.63	m

Por lo tanto, para determinar la profundidad de socavación se descarta los valores más alejados y se toma el promedio de los valores restantes en donde se obtiene como resultado lo siguiente:

Profundidad de socavación = 6.23m donde el método que más que ajusta al promedio es el método de Artamonov con una profundidad de socavación de 6.30m

E) Modelamiento en Hec Ras – comparación de las ecuaciones que mejor se ajustan a lo real. (Ver Anexo 5)

Levantamiento topográfico vista en planta en el software Hec -Ras

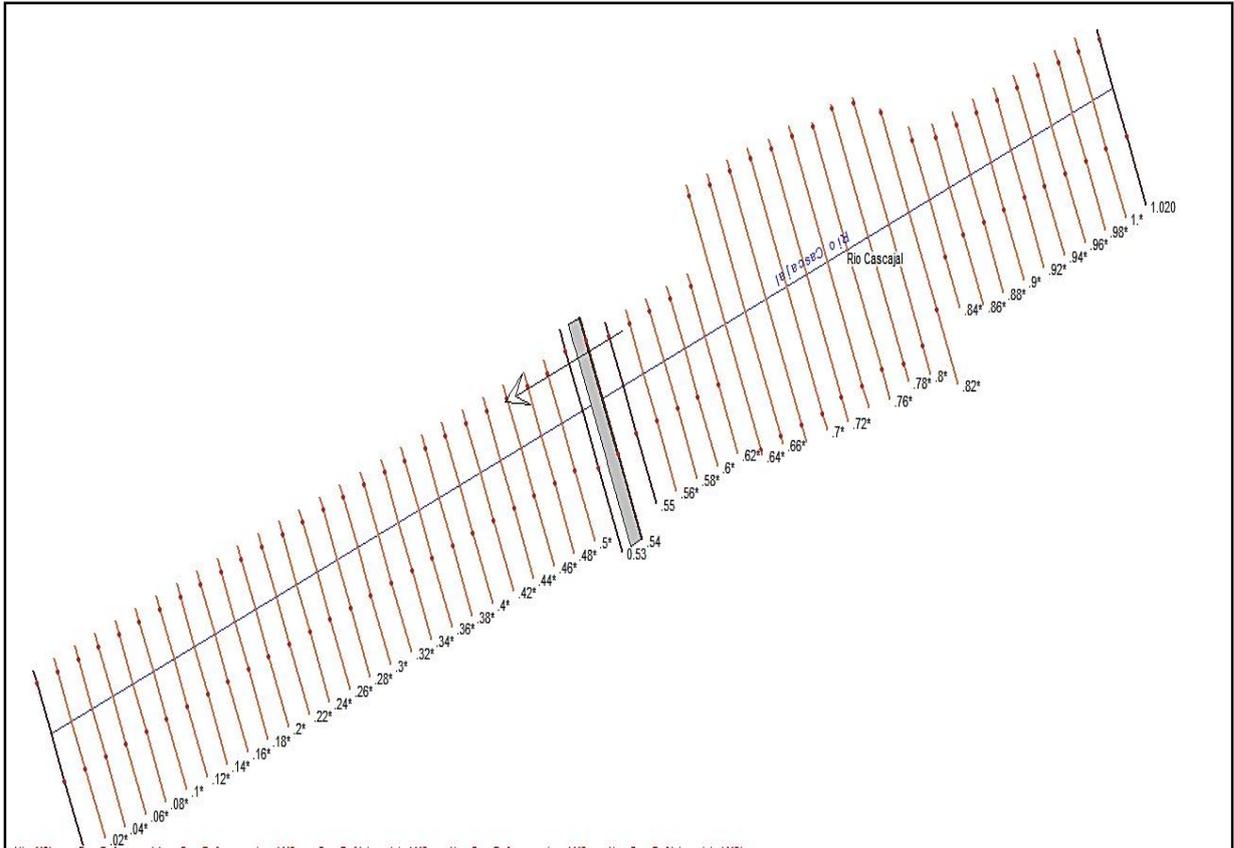
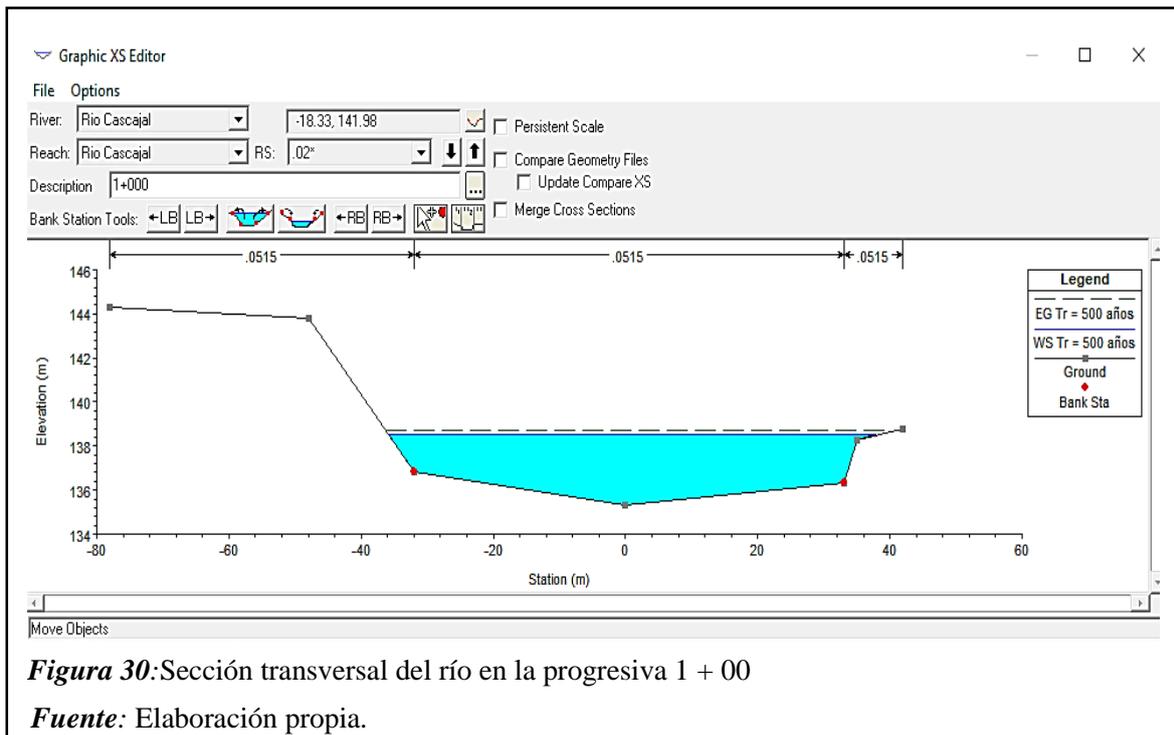


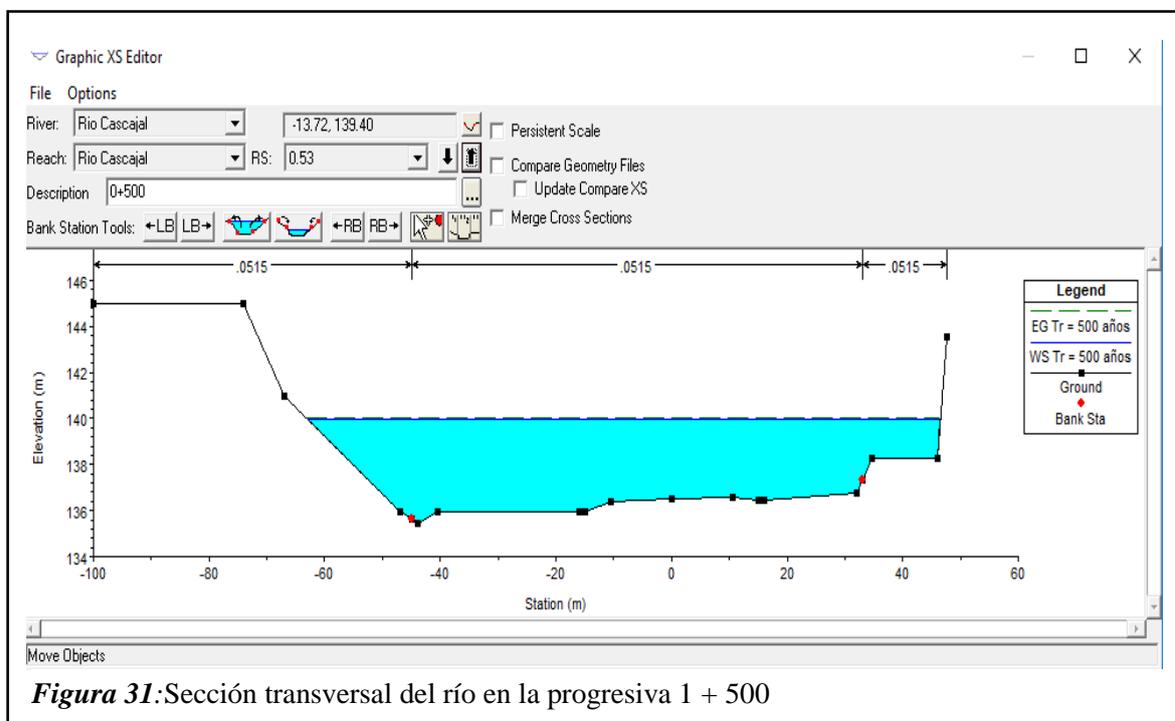
Figura 29: Vista en planta del perfil longitudinal de Río y puente Cascajal en el Software Hec - Ras

Fuente: Elaboración propia.

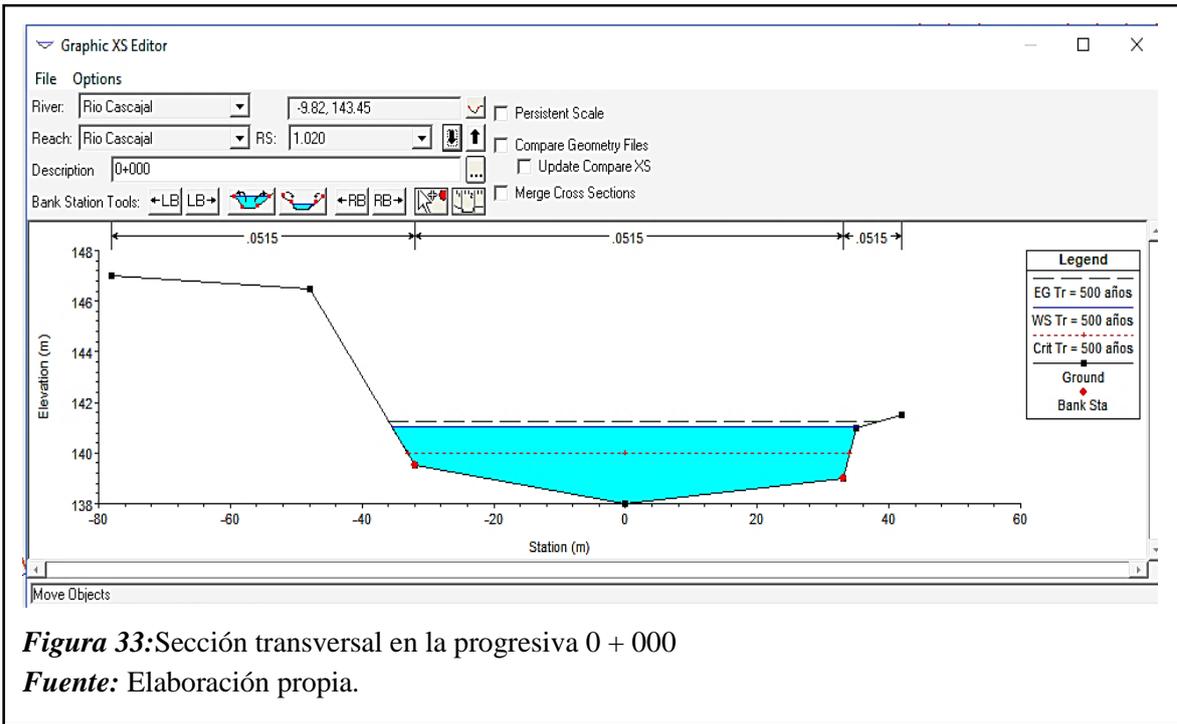
Modelamiento en Hec- Ras del puente y río Cascajal, perfil longitud de un 1kilometro + 20 metros el puente se encuentra la progresiva 0+ 500 del perfil. Con estos puntos se determinó la pendiente y las secciones transversales y perfiles de flujo velocidades.



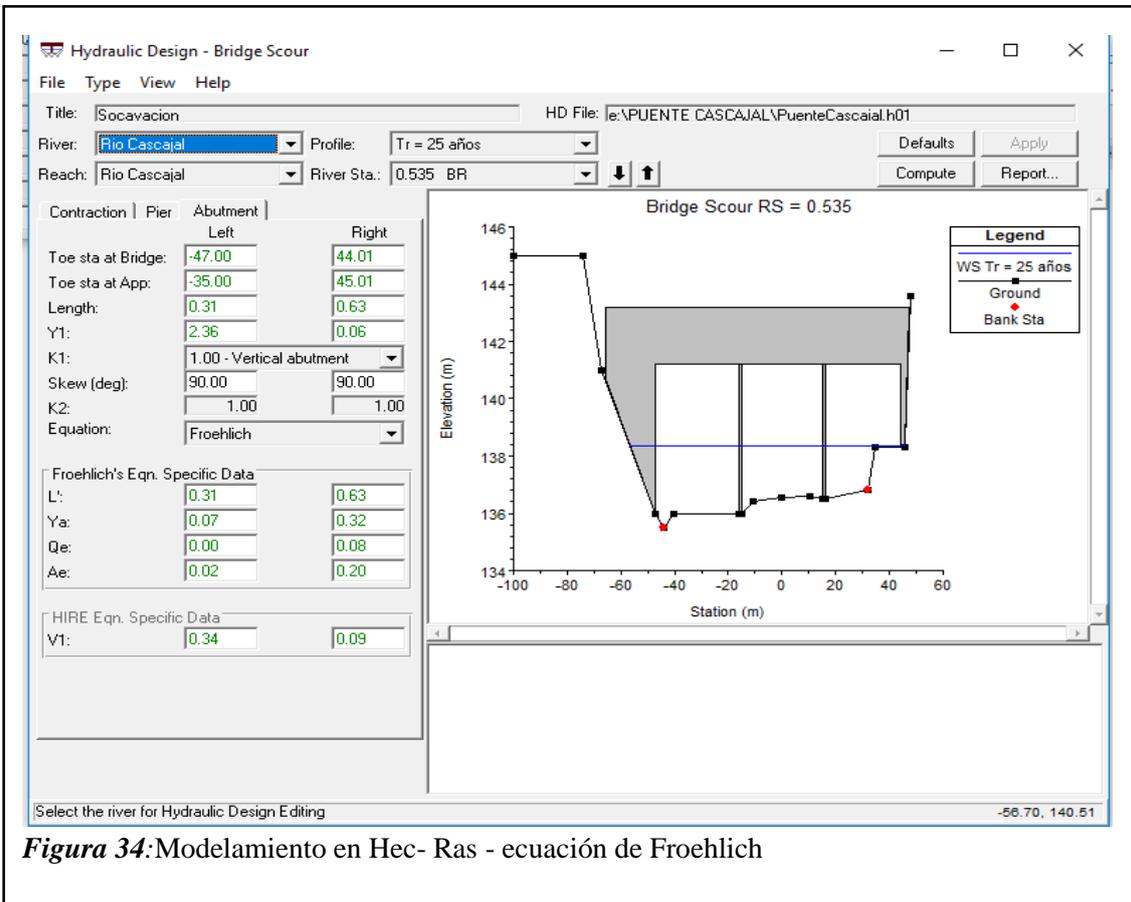
Sección transversal del puente y Río Cascajal, progresiva 1+ 00, modelado en el software Hec. Ras

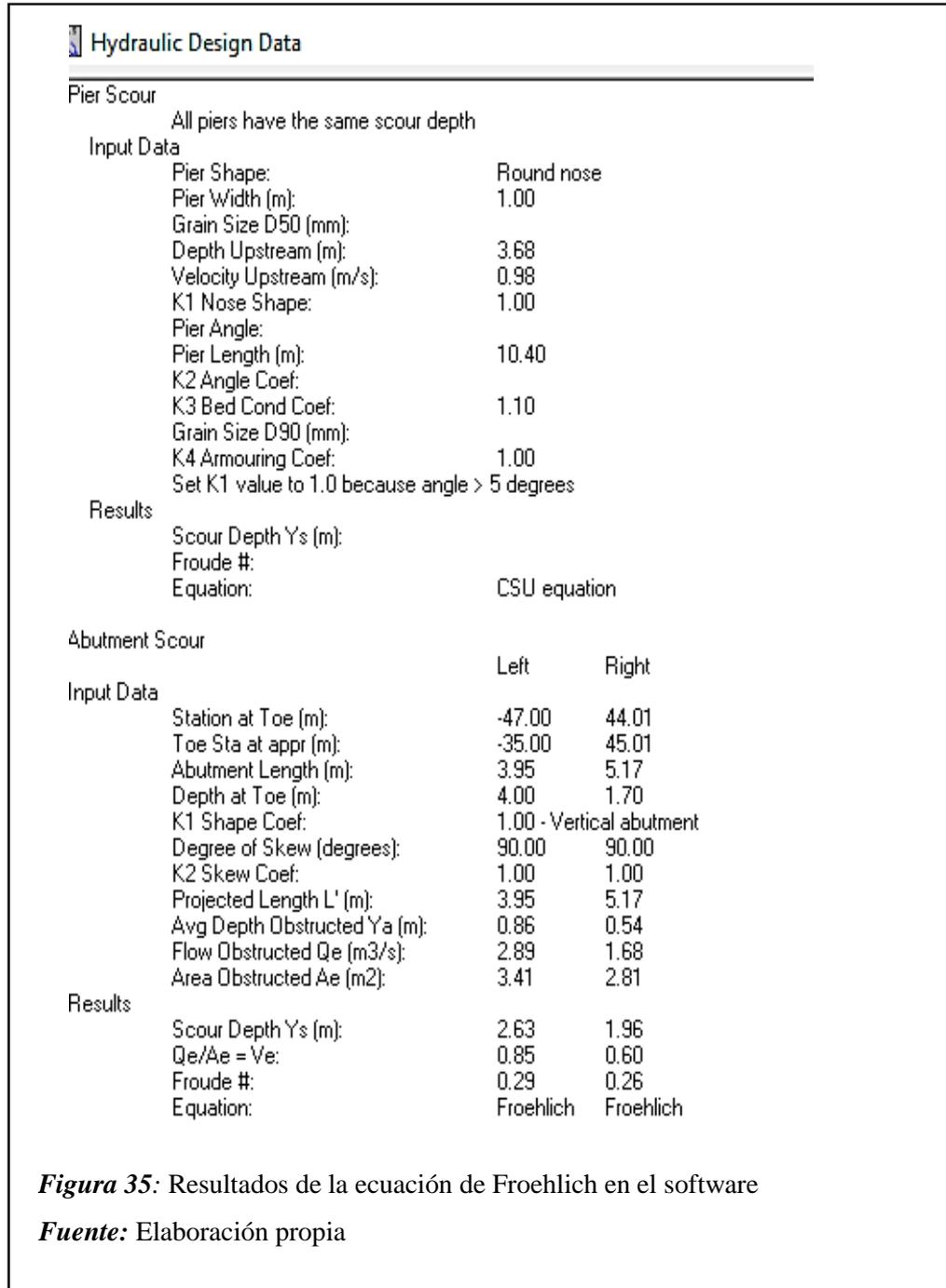


Sección transversal del puente y Río Cascajal, progresiva 0 + 500, modelado en el software Hec- RAS



Modelamiento en el software Hec – Ras de la sección transversal en la progresiva 0 + 00





Una vez ingresado los datos en el software se calculó con la ecuación de Froehlich, se obtuvo como resultados para un periodo de retorno de 500 años tiene una profundidad de socavación de 2.63 m en el estribo izquierdo y para el estribo derecho tiene una profundidad de socavación de 1.96m.

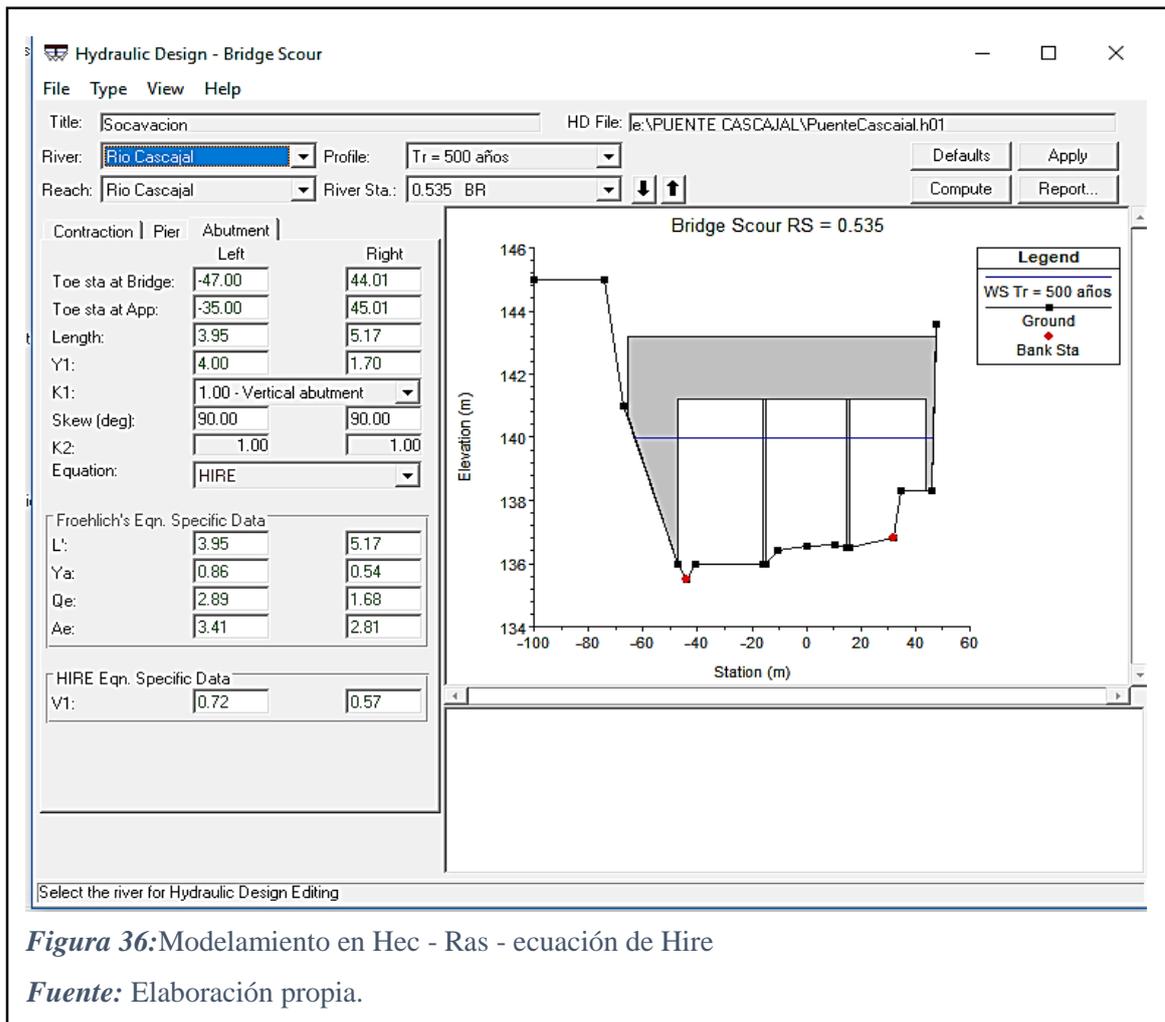
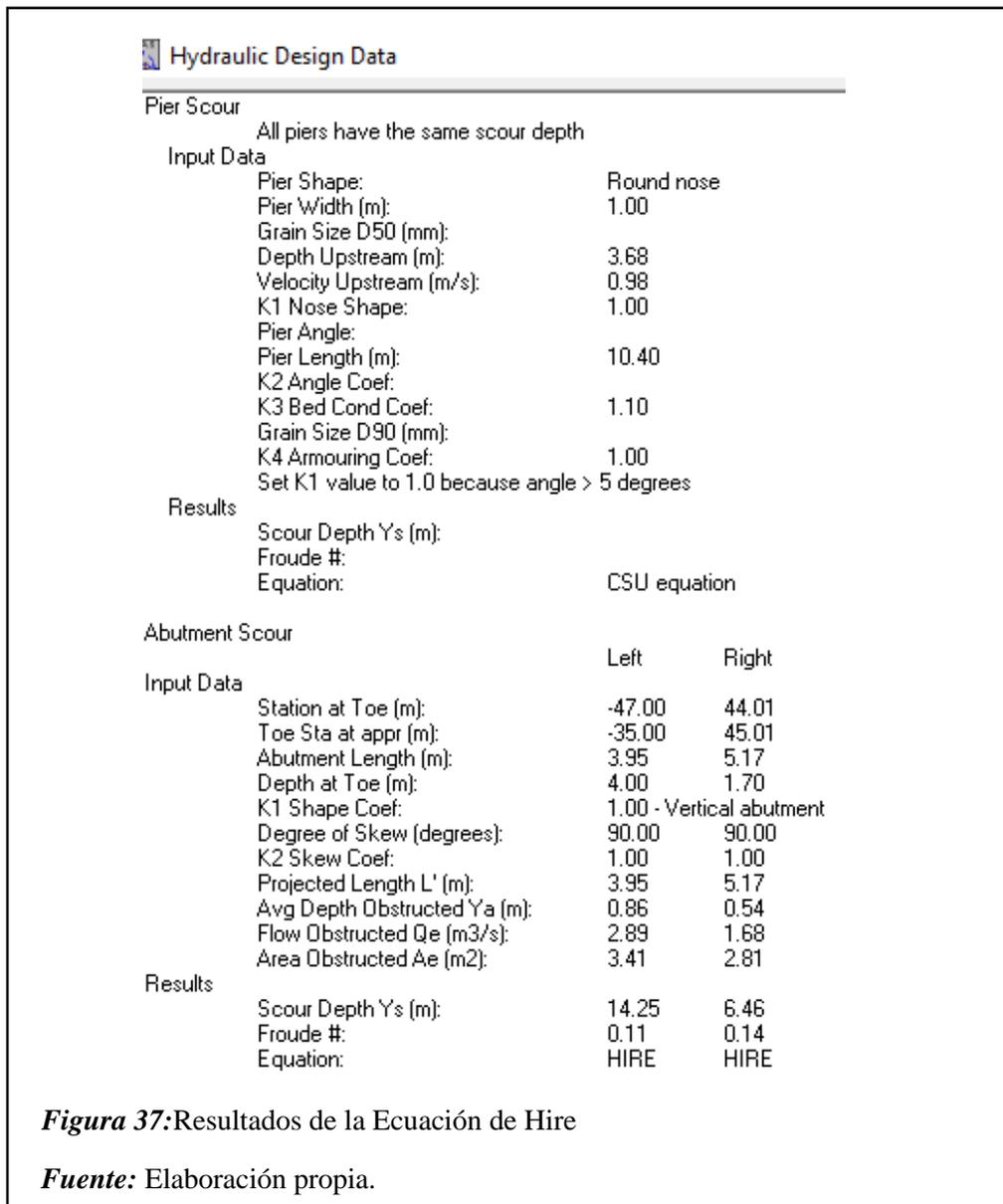


Figura 36: Modelamiento en Hec - Ras - ecuación de Hire

Fuente: Elaboración propia.



Una vez ingresado los datos en el software se calculó con la ecuación de Hire, se obtuvo como resultados para un periodo de retorno de 500 años tiene una profundidad de socavación de 14.25 m en el estribo izquierdo y para el estribo derecho tiene una profundidad de socavación de 6.46m.

De las dos ecuaciones que se hicieron el cálculo en el software, se determinó que la ecuación que más se ajusta con lo real es la ecuación de Froehlich.

Tabla 28:

Cuadro comparativo de las ecuaciones teóricas vs Software

Ecuación	Teórica Profundidad de socavación (m)	Software Hec- ras profundidad de socavación (m)
Hire	6.97 m	14.25m estribo izquierdo 6.46 m estribo derecho
Froehlich	5.37 m	2.63 m estribo izquierdo 1.96 m estribo derecho

Fuente: Elaboración propia

De ambos métodos tanto teóricos como los que se utilizó en software, se determinó lo siguiente que la ecuación que más se ajusta con lo real es de Froehlich, como resultado una profundidad de socavación de 5.37m como ecuación teórica y con el software una profundidad de socavación en el estribo izquierdo de **2.63 m** y una profundidad de socavación para el estribo de izquierdo de **1.96 m** todas estas ecuaciones para un periodo de retorno de 500 años.

3.2. Discusión de resultados

A. Levantamiento topográfico

El objetivo es contribuir el aseguramiento de la cartografía digital e impresa. Con la finalidad de tener una información homogénea, estructurada, confiable y de calidad para que sirvan como base y marco de referencia para las entidades públicas y privadas que desarrollen cartografía a escala 1:5000. (INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, 2011),

La cartografía elaborada por el Instituto geográfico nacional, sirve de aprovechamiento para los siguientes:

- I. La identificación de las zonas expansión de la ciudad
- II. La actualización del nivel de urbanización

- III. La determinación del grado de expansión
- IV. La ubicación, la distribución y extensión de las áreas verdes
- V. La ocupación y uso del suelo de las zonas urbanas y rurales

Según (INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL, 2011), establece que el proceso de modernización del estado, tiene como finalidad fundamental la obtención de mayores niveles de eficiencia del aparato estatal, de tal manera así se logre una mejor atención a la ciudadanía, optimizando y priorizando el uso de recursos públicos.

El proceso de levantamiento topográfico se realizó de acuerdo a los parámetros que te indica el instituto geográfico nacional, donde se obtuvo una información verídica, esto se corroboró con la ejecución de planos.

B. Estudio de mecánica de suelos

Según las normativas del NTP 339.128 / ASTM D2216, NTP 339.129 / ASTM D422, NTP 339.130 y clasificación de suelos. Estos son sometidos a diferentes procesos para así determinar su tamaño de cada partícula.

Los resultados de todos los ensayos de las muestras, permitió obtener el porcentaje finos que se encuentran en cada muestra. como resultados obtuvimos arenas pobremente graduadas y grava bien graduada con arena.

C. Estudio hidrológico

Según el manual de (MANUAL DE HIDROLOGÍA, 2011), la información hidrológica y meteorológica a utilizar en el estudio deberá ser proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI), entidad que es el ente rector de las actividades hidrometeorológicas en el país. En lugares en que no se cuenta con la información del SENAMHI, y de ser el caso se recabará información de entidades encargadas de la administración de los recursos hídricos del lugar, previa verificación de la calidad de la información.

El estudio de cuencas está orientado a determinar sus características hídricas y geomorfológicas respecto a su aporte y el comportamiento hidrológico. El estudio de las máximas avenidas anuales permite determinar, bajo cierto supuestos, la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud para diferentes periodos de retorno.

Según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje para determinar un caudal máximo para puentes se tomará para un periodo de retorno de 500 años, donde se utilizaron los registros hidrométricos de la estación Zapatero, el cual permitió hacer los diferentes cálculos para encontrar el caudal máximo y ver cual modelo de distribución normal se ajusta más a los registros de la estación.

D. Estudio hidráulico

Según el manual de hidrología, hidráulica y drenaje, da parámetros hidráulicos de los cuales parte de ellos se obtienen del levantamiento topográfico y el resto se obtuvo de las fórmulas que brinda el manual. Como parámetros hidráulicos se: Tirante medio (d), Área hidráulica (A), Perímetro mojado (P), Radio hidráulico (Rh), Espejo de agua (T), Ancho medio (BM), Rugosidad del cauce (n), Caudal del río (Q), Velocidad del fluido (V), Caudal unitario (q), Pendiente (S). los valores obtenidos se usaron en los diferentes métodos con el cual se determinaron la profundidad de socavación.

E. Comparación de las fórmulas científicas y el Hec –Ras

Con los cálculos obtenidos tanto en los métodos teóricos y los métodos del Software se obtuvo, de los métodos teóricos empleados los que mejor ajuste real a la sección del puente es Froehlich y Hire de estos dos métodos el que mejor se ajusta es el Froehlich. Por lo tanto, se hizo la comparación con el software se obtuvo que la ecuación que mejor ajuste tiene es Froehlich.

De la ecuación teórica de Froehlich se tiene una profundidad de socavación para un periodo de retorno de 500 años es de 5.37 m y el programa dio como resultado una socavación de 2.63m para un periodo de retorno de 500 años. Para el caso de Hire

dio como resultado teórico de 6.97m de profundidad de socavación y en el software se obtuvo una profundidad de socavación de 14.25 m.

Por lo tanto, se determinó que la ecuación que mejor se ajustó para el puente Cascajal es la ecuación de Froehlich.

3.3. Aporte práctico

3.3.1. Descripción

Para preservar las estructuras como medida de prevención ante máximas avenidas o eventos extremos que amenaza el Fenómeno del niño, que normalmente dicho evento se presenta entre los meses de noviembre a marzo, según los reportes de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), además de la acumulación de partículas de sedimento ya encontrada en la zona por el transporte dejado por las lluvias del Niño costero, se pretende realizar una limpieza del cauce, removiendo la sedimentación existente para permitir el libre curso del agua en el río.

Como aporte de investigación se planteó lo siguiente

“DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO – LAMBAYEQUE”.

Dentro del aporte de investigación se obtendrá el caudal de diseño para el Río Cascajal, los parámetros que se obtuvieron en el estudio hidrólogo e hidráulico, servirá como datos que ayuden a determinar la sección de corte, con finalidad de obtener una adecuada descolmatación en el Río Cascajal.

El registro hidrológico de descargas máximas se obtuvo de la estación Zapatero, desde el año 1993 hasta el año 2018, siendo un total de 26 registros la fuente de información empleada fue obtenida del SNIRH (Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos) del ANA (Autoridad Nacional del Agua).

Con los registros se determinó los caudales máximos para los diferentes años:

Tabla 29:

Descargas Máximas anuales

Año	Q máx	Año	Q máx
1993	1.5360	2011	8.1472
1994	1.3630	2012	15.0900
1995	73.2410	2013	11.5518
1996	54.8960	2014	26.9921
1997	4.7210	2015	17.9733
1998	4.1250	2016	34.2104
1999	10.1610	2017	21.2069
2000	20.5960	2018	12.4543
2001	0.3850		
2002	4.0090		
2003	4.2620		
2004	10.6490		
2005	9.1820		
2006	0.5200		
2007	3.7010		
2008	10.6610		
2009	1.4800		
2010	2.4500		

Fuente: Elaboración propia

Con los registros obtenidos se harán los cálculos para los diferentes métodos de distribución normal.

3.3.2. Análisis estadísticos de datos hidrológicos

La estimación de los caudales máximos para distintos períodos de retorno se realizó por medio de los métodos de Levediev, Nash, Gamma – 2P, Log Pearson tipo III y Gumbel.

Tabla 30:

Distribución estadística.

Tr (años)	DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS							
	NORMAL	LN 2P	LN 3P	GM 2P	GM 3P	LP T III	GUMBEL	LOG GUMBEL
	Δ tabular = 0.2667							
	Δ teorico							
		0.2038	0.1000	0.0794	0.0864	0.1036	NO SE AJUSTA	0.1746
2	14.06	7.02	8.08	9.07	8.24	11.23		5.64
5	28.57	21.50	20.46	22.90	23.73	26.46		18.28
10	36.16	38.61	32.56	33.70	36.07	36.55		39.80
25	44.25	72.06	52.98	48.10	52.76	49.30		106.36
50	49.48	107.83	72.34	59.24	65.56	58.75		220.53
100	54.18	154.94	95.59	70.33	78.44	68.14		454.82
140	56.31	182.62	108.44	75.72	84.71	72.68		645.63
200	58.48	215.88	123.26	81.42	91.35	77.49		935.53
500	63.69	322.67	167.57	96.01	108.36	89.83		2422.67

Fuente: Elaboración propia

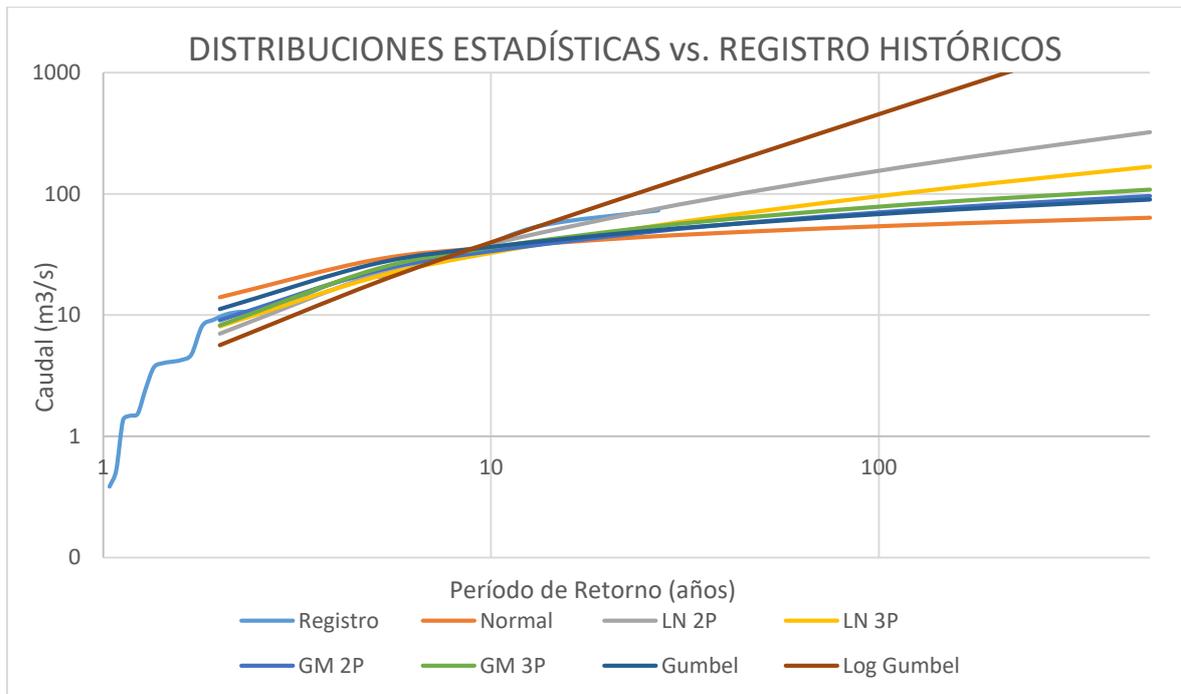


Figura 38: Distribución estadística vs los registros históricos

3.3.3. Impacto ambiental

3.3.3.1. Objetivo

La construcción de Proyecto: “DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”, beneficiará directa e indirectamente a la población de los caseríos de la playa de Cascajal y Garbanzal, debido a que la misma descolmatación le dará al río un libre curso por el cual seguir, evitando desbordarse producto de la sobre sedimentación.

Los objetivos de la evaluación preliminar del **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**, es conocer las características de interacción más relevantes entre las actividades del proyecto y los factores ambientales que van a producir impactos tanto positivos como negativos en el medio ambiente, a las que hay que prever, mitigar y gestionar mejoras.

3.3.3.2. Análisis ambiental

1. Línea base.
2. Descripción del ambiente físico.
3. Descripción del ambiente socio económico.
4. Descripción del ambiente paisajístico.
5. Descripción de los impactos físicos.

Para hacer todo el estudio de impacto ambiental se utilizará la matriz de Luna Leopold

Tabla 31:

Matriz de Luna Leopold - Puente Cascajal

Acciones		Factores		Características físicas y químicas									Condiciones biológicas					Factores culturales					SINTESIS						
				Tierra		Agua			Atmosfera		Procesos			Flora		Fauna			Uso tierra		Recreacion		Interes estético			Nº de interacciones		Σ	
				Suelos	Forma de terreno	Superficial	Subterránea	Calidad del agua	Temperatura	Clima	Temperatura	Erosión	Sedimentación	Estabilidad de taludes	Productos agrícolas	Plantas acuáticas	Animales terrestres	Peces y moluscos	Insectos	Vida silvestre	Agricultura	Pesca	Navegación por placer	Salidas al campo	Calidad vida silvestre				
																										-	+	-	+
Modificación del regimen	Modificación del habitat		+10	+5	+5	-4				+10	+3		-8	-8	-5	-8	-8					-8	+8	+6	7	7	49	47	
	Alteración de la cobertura vegetal del suelo	-5	-5						+6	+8		-8		-5		-5	-5	-8				-5			8	2	46	14	
	Alteración del flujo de agua subterránea		+6		+6	-4																			1	2	4	12	
	Control de rios y modificación de flujo		+10	+8	+8	-2	-4		+8	+10	+5	-4	-4	-5	-5		-6	-4	-2				-6	+8	+6	10	8	42	63
	Ruido y vibraciones	-8		-7	-7			-5						-6	-6		-6		-4	-6	-6	-6	-4		11	0	65	0	
Transformación del terreno y construcción	Caminos y senderos	-4	-4									-5													4	0	18	0	
	Corte y relleno	+7	+7		+8	-4		+8	+10	+5	-4	-8	-5	-5		-6	-4	-2	-6	-6	-6	-4	+8	+6	11	8	54	59	
	Excavación de superficie	+5	+5					+8	+10	+5	-4		-5		-5	-6	-4				-6	-4	+8	+6	7	7	34	47	
Modificación del terreno	Control de erosión	+8	+8					+8	+8	+6								-4							1	5	4	38	
	Paisajismo		+7	+6				+9	+10	+6	-6		-4			-4	-6	-2	+4	+4	-4	+9	+8		6	9	26	63	
Accidentes	Falla operacional	-4	-5	-7	-7	-8	-3	-5	-2				-6	-6		-6		-4	-6	-6	-6	-4	-5		16	0	84	0	
Síntesis	Nº de interacciones	-	4	3	2	2	2	5	2	1	0	0	6	3	8	5	3	8	6	5	3	5	8	1	0	82			
		+	3	7	3	4	0	0	0	0	6	7	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	5		48		
	Σ	-	21	14	14	14	10	19	10	2	0	0	31	20	44	27	18	47	30	14	18	29	39	5	0			426	
		+	20	53	19	27	0	0	0	0	47	66	30	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	41	32			343	
			25	61	22	31	0	0	0	0	53	68	44	0	0	0	0	0	0	6	6	0	41	28			5.19	7.15	
																											5.73	8.02	

CAPÍTULO IV

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- i. Las características geométricas obtenidas mediante el levantamiento topográfico del puente Cascajal- Olmos, en las secciones transversales se determina la pendiente y el caudal este tiene una topografía plana, con una pendiente de 0.27%.
- ii. Los ensayos realizados a las muestras que se extrajeron en el río Cascajal, cuyo diámetro representativo de la distribución granulométrica fue de 3.55mm de la calicata C2- M1, el contenido de humedad en promedio es de 7.42%, las muestras son arenas que presentan ligeros limos y arcillas, la muestra 3 presenta gran porcentaje de arcillas donde se obtuvo un límite líquido de 24.1% y un límite plástico de 21.09% con un índice de plasticidad de 3.01%.
- iii. Los registros hidrológicos anuales y mensuales de la estación Zapatero, nos permite encontrar todos los caudales para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100, 140, 200 y 500 años, donde se aplicaron los diferentes métodos estadísticos de distribución normal. Con el estudio hidrológico se pudo determinar un caudal máximo de $322.67m^3/s$, para un periodo de retorno de 500 años.
- iv. Del estudio hidráulico se determinó los caudales y los parámetros hidráulicos, con el tirante hidráulico se obtuvo la profundidad de socavación con la fórmula que más se adecua es del método de Artamonov con una profundidad de socavación de 6.30m.
- v. Del modelamiento hidráulico en el Software Hec- Ras, se determinó de las diferentes velocidades para diferentes periodos de retorno, donde se emplearon los diferentes métodos de socavación local, donde la ecuación que más efectiva es la de Froehlich.
- vi. Comparando el método científico y el software Hec- Ras, se obtuvo que para el método científico se utilizó para determinar la profundidad de socavación la ecuación que más se ajusta en este caso la ecuación de Froehlich se obtuvo como resultado 5.37m de profundidad de socavación y para el método de Froehlich en

el software Hec - Ras se obtuvo una profundidad de 2.63m en el estribo izquierdo y 1.96m en el estribo derecho. Se determinó que la ecuación que mejor se ajusta a lo real es Froehlich.

4.2. Recomendaciones

- i. Es recomendable verificar el tirante del río, la mayor cantidad posible a distancias cortas para adquirir con mayor precisión el área hidráulica y perímetro de la sección del río, lo mismo será para la realización del levantamiento topográfico, cabe resaltar que dichos equipos deben estar en buen estado y calibrados para una mayor precisión.
- ii. Se recomienda emplear los equipos e instrumentos de laboratorio de suelos absolutamente secos y limpios para la ejecución correcta de los ensayos, previamente se debe verificar que los equipos e instrumentos deben estar calibrados, para que haya una mayor precisión en los resultados.
- iii. Se recomienda tener en cuenta los caudales máximos de cada estación en estudio para los diferentes periodos de retorno, con los cuales se obtendrá un mejor estudio.
- iv. Se recomienda utilizar el programa Hec-Ras ya que este programa está más actualizado y es más preciso en el modelamiento donde se determina las velocidades, caudales, tirantes, socavación entre otros parámetros.
- v. Hacer un modelamiento físico del puente, para determinar y comprobar los métodos científicos y el programa Hec – Ras obtenida en la presente tesis.

REFERENCIAS

- Acosta & Aguilar, A. &. (2015). *Estudio de la confiabilidad de los pilares del puente Pucalá por efectos de la socavación*. Chiclayo.
- Aguando, A. (2012). *ESTIMACIÓN DE LA SOCAVACIÓN EN PUENTES PARA SU USO EN EL CÁLCULO DE RIESGO FÍSICO*. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO. Recuperado el 05 de SEPTIEMBRE de 2018, de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/2414/Tesis.pdf?sequence=1>
- APAZA, R. (28 de Diciembre de 2014). *SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL* . Obtenido de <https://www.rubenapaza.com/2012/12/seguridad-y-salud-ocupacional-definicion.html>
- Arneson, L.A., Zevenbergen, L.W., Lagasse, P.F. & Clopper, P.E. (2012). *EVALUATING SCOUR AT BRIGDES. HEC-18*. Virginia: Depermanet of Transportation.
- Arriola & Trujillo, G. &. (2013). *Estudio de los metodos de análisis basados en la superposición de los componetes de socavación para pilares complejos aplicados al puente Reque*. Lambayeque. Obtenido de https://www.academia.edu/30751325/Estudio_De_Los_M%C3%A9todos_De_An%C3%A1lisis_Basados_en_La_Superposici%C3%B3n_De_Los_Componentes_De_Socavaci%C3%B3n_Para_Pilares_Complejos_Aplicados_Al_Puente_Reque
- Bedoya & Cerón, J. &. (2015). *MODELACIÓN NUMÉRICA DE LA SOCAVACIÓN LOCAL EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE SOBRE EL RÍO SEGÚN LAS CARACTERÍSTICAS HIDRODINÁMICAS EN LA ZONA*. BOGOTÁ, COLOMBIA: PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA-BOGOTÁ. Recuperado el 05 de SEPTIEMBRE de 2018, de <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/21400/BedoyaCristanchoJuanSebastian2015.pdf?sequence=1>
- BENAYAS POLO, R. (20 de Noviembre de 2014). *GRUPO TYC GIS*. Obtenido de <http://www.cursosgis.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Dr. Alva, J. (s.f.). *Diseño y construcción de cimentaciones profundas para puentes*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA.
- El Comercio. (22 de marzo de 2017). *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/lima/puente-cayo-pese-rimac-llego-caudal-maximo-historico-407714>
- El Comercio. (14 de marzo de 2018). *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/huancayo-puente-inaugurado-enero-colapso-noticia-504544>
- EL PERUANO. (2011). *SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE RIESGO DE DESASTRE. EL PERUANO* . Obtenido de <http://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29664.pdf>

- El Universo noticias. (30 de mayo de 2015). *El universo noticias*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2015/05/30/nota/4923871/colapso-puente-que-une-baba-su-mayor-parroquia>
- Elbio, F. (2016). *SOCAVACIÓN PRODUCIDA POR EL RÍO HUALLAGA AL PUENTE COLPA ALTA EN LA PROVINCIA DE HUANUCO, UTILIZANDO LOS METODOS DE ARTAMANOV, STRAUB Y MAZA , EN EL HEC-RAS*. PIURA: UNIVERSIDAD DE PIURA. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2627/MAS_ICIV-L_035.pdf?sequence=3
- Enciso, P. (2015). *ESTUDIO HIDRAULICO Y ESTIMACION DE SOCAVACION EN EL PUENTE INTERCONEXION MUYURINA-AYACUCHO*. AYACUCHO, PERU. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/788/Tesis%20Civ436_Enc.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Felices, A. R. (2013). Erosión en Pilares y Estribos de Puentes. En A. R. Felices, *Introducción a la Hidráulica de las Obras Viales* (pág. 283). LIMA-PERU: Departamento de la Imprenta ICG.
- GRUPO TYC GIS. (20 de Noviembre de 2014). *GRUPO TYC GIS*. Obtenido de <http://www.cursosgis.com/que-es-hec-ras-y-para-que-sirve/>
- Guevara Álvarez, M. E. (2016). *SOCAVACIÓN EN PUENTES*. COLOMBIA, Popayan: UNIVERSIDAD DEL CAUCA.
- Hurtado, D. J. (2014). *DISEÑO Y CONTRUCCION DE CIMENTACIÓN PROPUNDAS PARA PUENTES*. LIMA. Obtenido de <file:///C:/Users/User/Downloads/DISE%C3%91O%20Y%20CONSTRUCCI%C3%93N%20DE%20CIMENTACIONES%20PROFUNDAS%20PARA%20PUENTES.pdf>
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. (Mayo de 2011). *ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA PRODUCCIÓN DE CARTOGRAFÍA BÁSICA ESCALA 1:5000*. MINISTERIO DE DEFENSA. Obtenido de <https://www.ign.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-LA-PRODUCCION-1-5.000.pdf>
- Instituto Mexicano De Tecnologia Del Agua. (23 de Enero de 2018). *El portal del Agua Desde Mexico*. Obtenido de ATL: http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=9108:2018-01-23-17-05-12&catid=171:proyectos-imta&Itemid=863
- Juarez B, E.& RICO R, A. (1992). *MECANICA DE SUELOS. TOMO III, FLUJO DE FLUJO DE AGUA EN SUELOS*. MEXICO: Grupo Noriega Editores.
- LUNA B., L. (s.f.). *MATRIZ DE LUNA B. LEOPOLD*.
- MANUAL DE HIDROLOGÍA, H. Y. (2011). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones*. Lima: Editorial MACRO.
- Melville, B. W. (1992). *Journal of Hydraulic Engineering*. New Zelanda.
- MINISTERIO DE SALUD. (2015). *PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES*. Obtenido de

http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/71AED22D5D78646605257EEE0067FAC8/%24FILE/doc2572-contenido.pdf

- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2011). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Macro. Obtenido de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/octubre/10/RD-20-2011-MTC-14.pdf>
- Mora & Navarro, D. &. (2015). *COMPARACION DE DIVERSAS METODOLOGÍAS PARA ESTIMACIÓN DE SOCAVACIÓN EN VARIOS PUENTES DE LA PROVINCIA ESMERALDAS*. GUAYAQUIL, ECUADOR: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL. Recuperado el 05 de SEPTIEMBRE de 2018, de <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/30984>
- OIT Y OMS. (1950). *SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL*. Obtenido de <https://www.rubenapaza.com/2012/12/seguridad-y-salud-ocupacional-definicion.html>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). (3 de febrero de 2000). PLAN DE PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES. Obtenido de http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/71AED22D5D78646605257EEE0067FAC8/%24FILE/doc2572-contenido.pdf
- Peru 21. (02 de marzo de 2013). *Peru 21*. Obtenido de <https://peru21.pe/lima/chosica-puente-girasoles-punto-colapsar-caudal-rio-rimac-95512>
- PMBOK, L. G. (s.f.). *Gestion de los costos del proyecto*. Obtenido de <https://uacm123.weebly.com/3-gestioacuten-de-los-costes-del-proyecto.html>
- República, D. I. (29 de Abril de 2017). Lluvias en el Perú: El 70 % de los puentes colapsados estaban mal diseñados. *Diario la República*.
- Richardson, E.V., Harrison, L.J., Richardson, Dr J.R., & Davis, S.R. (1993). *HEC-18. EVALUATING SCOUR AT BRIDGES, HYDRAULIC ENGINEERING*. Virginia: U.S. Department of Transportation.
- RPP Noticias. (26 de marzo de 2017). *RPP Noticias*. Obtenido de <https://rpp.pe/peru/lambayeque/el-puente-tablazo-colapso-en-chiclayo-noticia-1039543>
- Soto, A. (2013). *MODELO DE SOCAVACIÓN EN LA BASE DEL PILAR DEL PUENTE MARISCAL CÁCERES*. HUANCAYO, PERU. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/434/TCIV_41.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Universidad De Chile. (04 de JULIO de 2018). *Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza*. Obtenido de CFCN: <http://www.forestal.uchile.cl/noticias/144771/colapso-de-puentes-un-problema-en-el-manejo-del-agua-y-sedimentos>
- US ARMY CORPS OF ENGINEERS. (2014). *HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER*. Obtenido de <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

ANEXOS

ANEXO N° 01: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

PROYECTO

**“ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS
ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL -
OLMOS ANTE MAXIMAS AVENIDAS”**

AUTOR:

AGUINAGA RAMIREZ, HIGEINY ADUBEL.

PIMENTEL, 2019

1. INTRODUCCION

1.1. Nombre del proyecto

“ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS”

1.2. Ubicación política

El proyecto “ESTUDIO DE LA SOVACACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS”, está ubicado a 15 minutos de la ciudad de Olmos.

Caserío	: La playa Cascajal - Garbanzal
Distrito	: Olmos
Provincia	: Lambayeque
Región	: Lambayeque
Departamento	: Lambayeque
Longitud de Trazo	: 1+020 km.

1.3. Vías de acceso

El puente Cascajal, se ubica a 98 + 350 Km de la ciudad de Lambayeque y a 108 + 350 km de la ciudad de Chiclayo. La ciudad se encuentra ubicada de 2:30 horas de la ciudad de Chiclayo y a 15 minutos de la ciudad de Olmos.

Para llegar al lugar de estudio tomamos la carretera Panamericana Norte y la Carretera Fernando Belaunde Terry. A la altura del kilómetro 98 +350 se encuentra ubicado el puente Cascajal.

1.4. Objetivo del levantamiento topográfico

Permite definir la ubicación y las dimensiones del elemento estructural en estudio

Permiten elaborar los planos topográficos

Proporciona información básica para los estudios hidrológicos e hidráulicos, geología, geotecnia.

2. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

El trabajo de campo del levantamiento topográfico del río y del puente nos permite obtener el eje central y los ejes de las márgenes del río tanto aguas arriba como aguas abajo, dicho levantamiento se hizo desde la margen izquierda del puente aguas arriba como primer punto de estación y como segundo punto de estación se tomó la margen izquierda del puente aguas abajo. Este levantamiento nos permite obtener las secciones transversales y perfil longitudinal del puente, adicionalmente con la información obtenida se puede encontrar el caudal de dicho puente.

3. CLIMA

En los caseríos de la Playa de Cascajal y Garbanzal el clima es soleado, con una temperatura ambiente de 30°C aproximadamente y cuando baja la temperatura su promedio es de 24°C.

4. MÉTODO EMPLEADO

Se hizo un análisis visual de la zona, concretando con las medidas del puente y lecho del río

Y el otro un levantamiento taquimétrico, para el cual se utilizó una estación total.

5. EQUIPO Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

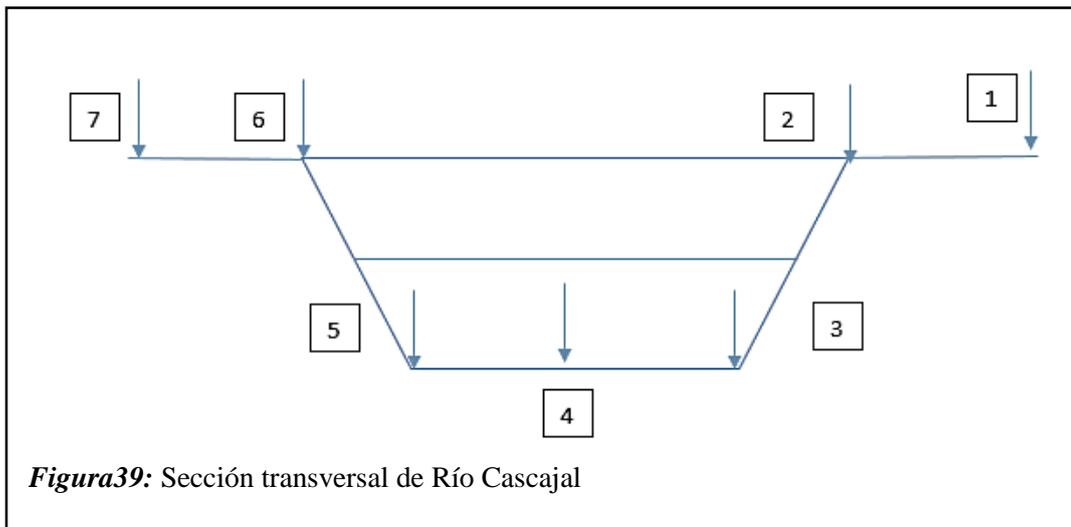
- Una estación total marca Topcon
- Un prisma con su respectivo bastón
- Dos winchas
- GPS
- Celulares para el monitoreo
- Implementos de seguridad

6. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Se tomó un punto de referencia para la estación (E1), y desde allí poder monitorear los demás puntos de estudio, se empezó por la margen derecha del río haciendo una sección trapezoidal.

1. el terreno natural

2. borde del talud
3. fondo de la margen derecha
4. eje del río
5. fondo de la margen izquierda del río
6. del talud de la margen izquierda
7. terreno natural del río de la margen izquierda.



II. TRABAJO DE GABINETE:

Los trabajos de gabinete básicamente se refirieren al procesamiento de los datos obtenidos en campo para la realización de los planos topográficos, los cuales servirán como las plantillas iniciales para luego proceder a su diseño definitivo.

Se utilizó el software AutoCAD, Civil 3d y google Earth los cuales determinarán las curvas de nivel y los rellenos topográficos. se tomaron en consideración para el desarrollo del estudio.

Datum	:	wgs-84
Proyección	:	UTM
Hemisferio	:	Sur
Zona	:	17 m

2.1. Resultados

Elaboración de los planos con curvas de nivel a cada 0.20m los mismos que se pueden apreciar en las diferentes láminas a escalas.

Plano topográfico general 1: 1000

planos topográficos por tramos 1: 500

La longitud total del rio en estudio es de: 1+020 km.

La topografía del terreno es totalmente con una pendiente de 0.27%

2.2. ANEXOS

2.2.1. Panel fotográfico



Figura 1: Levantamiento topográfico aguas abajo

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2: Borde de terreno natural margen derecha del rio, jalón con prisma
Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Levantamiento en uno de los pilares de puente Cascajal
Fuente: Elaboración propia



Figura 4: Sección central del puente

Fuente: Elaboración propia



Figura 5: Vista panorámica del puente Agua abajo

Fuente: Elaboración propia



Figura 40: Vista panorámica del puente aguas arriba

Fuente: Elaboración propia

2.2.2. Perfil longitudinal

2.2.3. Secciones transversales

ANEXO N° 02 ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS

PROYECTO

**“ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS
ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL -
OLMOS ANTE MAXIMAS AVENIDAS”**

AUTOR:

AGUINAGA RAMIREZ, HIGEINY ADUBEL.

PIMENTEL, 2019

1. INTRODUCCION

1.1. Nombre del Proyecto

“ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS”

1.2. Ubicación política

El proyecto “ESTUDIO DE LA SOVACACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS”, está ubicado a 15 minutos de la ciudad de Olmos.

Caserío : La playa Cascajal - Garbanzal

Distrito : Olmos

Provincia : Lambayeque

Región : Lambayeque

Departamento : Lambayeque

Longitud de Trazo : 1+020 km.

1.3. vías de acceso

El puente Cascajal, se ubica a 98 + 350 Km de la ciudad de Lambayeque y a 108 + 350 km de la ciudad de Chiclayo. La ciudad se encuentra ubicada de 2:30 horas de la ciudad de Chiclayo y a 15 minutos de la ciudad de Olmos.

Para llegar al lugar de estudio tomamos la carretera Panamericana Norte y la Carretera Fernando Belaunde Terry. A la altura del kilómetro 98 +350 se encuentra ubicado el puente Cascajal.

1.4. Clima

En los caseríos de la Playa de Cascajal y Garbanzal el clima es soleado, con una temperatura ambiente de 30°C aproximadamente y cuando baja la temperatura su promedio es de 24°C.

1.5. Objetivo del estudio de suelos

Es la obtención de una imagen representativa de los diversos tipos de suelos y horizontes de suelo presentes en el lugar.

1.6. Muestra de suelo

Las muestras de suelos se pueden obtener de diferentes maneras, de acuerdo al tipo de ensayo que se va a realizar.

- ❖ **Muestras alteradas**, que no reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo;
- ❖ **Muestras no alteradas**, que reflejan exactamente como se encontraba el suelo en su estado natural antes del muestreo.

1.7. Extracción de muestras de las calicatas

Se visitó el puente Cascajal (río Cascajal), para la extracción de muestras a través de 5 calicatas que se hicieron en dicho río.

Se extrajo 7 muestras de las 5 calicatas, la primera en el eje del puente, la segunda a la margen izquierda del puente, la tercera, cuarta y quinta se extrajo de la margen derecha del río, la sexta se obtuvo de la cuarta calicata 300m aguas abajo y la séptima muestra se obtuvo 500m aguas arriba del eje de puente.

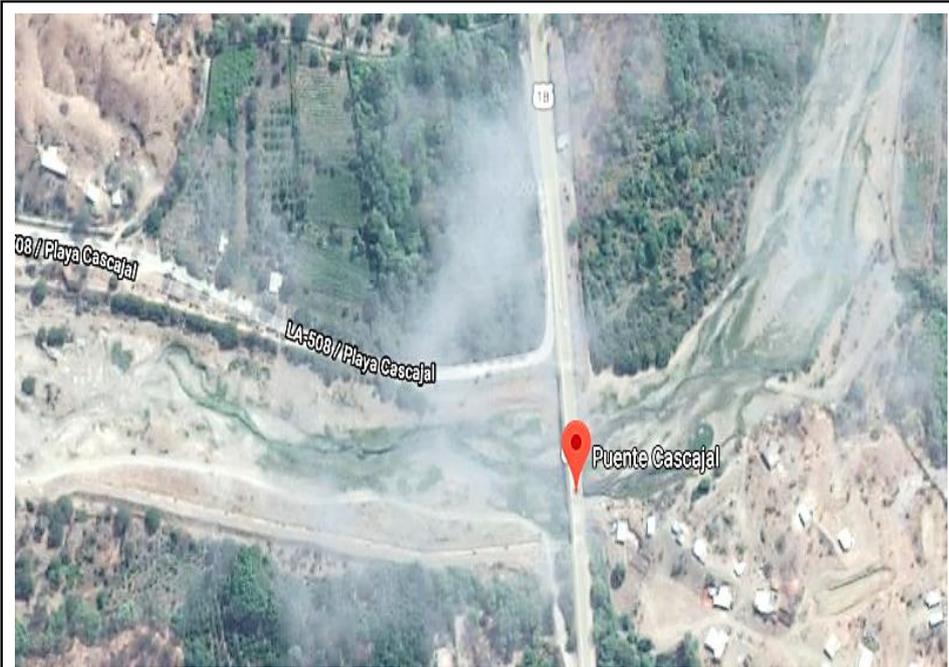


Figura 1: Zona de la extracción de muestras de las diferentes calicatas, adaptado al google earth, imagen satelital.

Fuente: Elaboración Propia



Figura 2: Calicata 1, extracción de muestra 1

Fuente: Elaboración propia



Figura 3: Calicata 2, extracción de muestra 2

Fuente: Elaboración propia.



Figura 41: Calicata 3, se extrajeron 3 muestras

Fuente: Elaboración propia



Figura 42: calicata 4, extracción de 1 muestra

Fuente: Elaboración propia



Figura 43: Calicata 5 , extracción de 1 muestra

Fuente: Elaboración propia

2. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Se realizaron los ensayos de granulometría, donde las muestras se tamizaron en las diferentes mallas, con el objetivo de obtener los diámetros de las muestras donde fueron utilizadas las fórmulas mostradas anteriormente, también se realizó el ensayo de contenido de humedad, ensayos de límites líquido y plástico, otro ensayo realizado es la gravedad específica, y la clasificación de los suelos.

La normativa utilizada para los ensayos es la siguiente:

- ❖ Contenido de Humedad: NTP 339.127 / ASTM D 2216
- ❖ Análisis granulométrico por tamizado: NTP 339.128 / ASTM D 422
- ❖ Límites plástico y líquido: NTP 339.129 / ASTM D 4318
- ❖ Gravedad específica: NTP 339.131 / ASTM D854

Se necesitó los siguientes equipos y materiales:

Tabla 1:

Equipos y Materiales para resultado

Ítem	Descripción
Equipos	Equipo topográfico (estación total)
	Horno
	Balanza Calibrada
	Cocina eléctrica
	Copa de casa grande
Materiales	Bomba de vacíos
	Material obtenido por las muestras del río Cascajal
Instrumentos	Tamices
	Taras
	Bandejas
	Fiola
	Ranurador
	Espátula

Fuente: Elaboración propia

La fórmula que se utilizó para obtener el contenido de humedad es la siguiente:

$$\% w = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \times 100$$



Figura 7: Peso de la muestra 7 seca al horno de la calicata 5

Fuente: Elaboración propia



Figura 44: Peso húmedo con todo tara, de la muestra 7 - calicata 5

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del ensayo de análisis granulométrico se utilizó las siguientes ecuaciones

$$Pasa\ 0.074 = \frac{PesoTotal - Peso\ Retenido\ en\ el\ Tamiz\ de\ 0.074}{PesoTotal} \times 100$$

El porcentaje retenido sobre cada tamiz se obtuvo:

$$\%Retenido = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Se calcula el porcentaje más fino, restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\%Pasa = 100 - \%Retenido \text{ acumulado}$$



Para el ensayo de límites líquido y Plástico se utilizó la copa de casa grande y el tamiz N°40, para encontrar el número de golpes se coloca una porción de muestra en el instrumento antes mencionado y luego se grafica para encontrar el contenido de humedad de acuerdo a los golpes.



Figura 1046: Tamizado de la muestra para hacer el ensayo de
Fuente47: Elaboración propia



Figura 48: Muestra en el equipo de casa grande, que nos permitirá encontrar el número de golpes

Fuente: Elaboración propia

Para el ensayo de gravedad específica se utilizó la siguiente fórmula

$$Ma(Tx) = \frac{\text{Densidad del agua } Tx}{\text{Densidad del agua } Ti} * (Ma - Mf) + Mf$$

Donde:

Ma: Masa de la Fiola + Agua

Mf: Masa de la Fiola

Tx: temperatura del ensayo

Ti: Temperatura calibrada

Obtención de la gravedad específica:

$$G_s = M_a(T_x) * K$$

2.1. Resultados de los ensayos realizados

Los resultados de todas las muestras analizadas se están plasmadas en el siguiente cuadro.

Para los resultados de contenido de humedad, se determina que la muestra 1 es la que tiene más contenido de humedad debido a que se encuentra en contacto directo con el agua.

Para los resultados de límites solo se obtuvo resultados de la muestra 3, puesto que era la única muestra con presencia de limos y arcilla, las demás muestras son arenas con gravas.

Para los resultados del análisis granulométrico, las partículas se clasifican en SP (arena pobremente graduada), GW (grava bien graduada con arena), GP (grava pobremente graduada con arena) y SC (arena arcillosa).

Tabla 2:

Resultados de ensayos en laboratorio

Ensayo	Parámetros	Unidad	Muestra	Resultado
Contenido de humedad	Muestra saturada	%	1	13.09
			2	7.12
			3	7.12
			4	3.46
			5	7.15
			6	7.56
			7	6.55
Límites Plástico Líquido	Muestra seca parcialmente húmeda	Índice de plasticidad	1	-
			2	-
			3	3.01
			4	-
			5	-
			6	-
			7	-
Análisis Granulométrico	Clasificación (S.U.C.S.)	-	1	SP
			2	SP
			3	SC
			4	GW
			5	GP
			6	GP
			7	GP

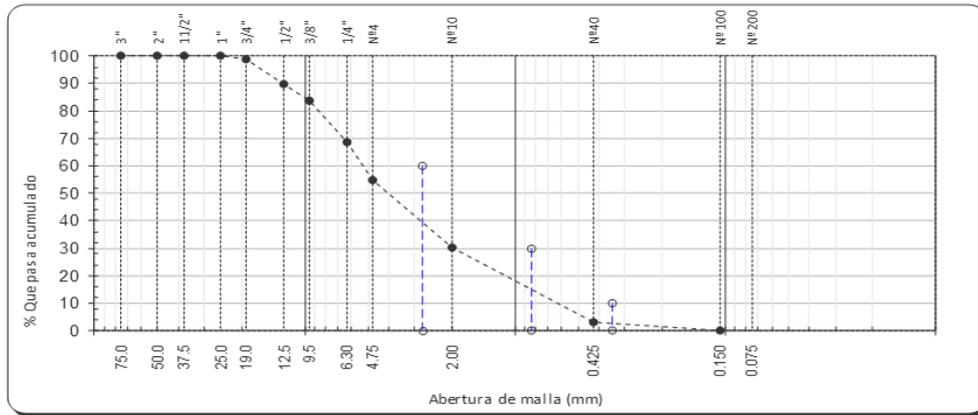
Fuente: Elaboración propia

**ANEXO N° 02.01 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO, CONTENIDO DE
HUMEDAD, LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO**

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999

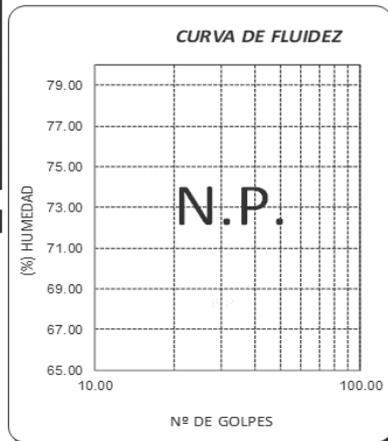
TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 1000.85 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 1000.85 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.17 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	13.13	1.3	1.3	98.7		INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	88.71	8.9	10.2	89.8		CLASF. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.500	60.36	6.0	16.2	83.8		CLASF. SUCS : SP
Nº4	4.750	152.61	15.2	31.4	68.6		DESCRIPCIÓN DEL SUELO : Arena pobremente graduada con grava
Nº10	2.000	135.64	13.6	45.0	55.0		Ensayo Malla Nº200 : P.S.Seco 0.2, P.S.Lav 1001, (%) 200
Nº20	0.850	246.19	24.6	69.6	30.4		% HUMEDAD : P.S.H 600.94, P.S.S. 531.36, (%) Hum. 13.0947
N40	0.425	156.83	15.7	85.3	14.7		MODULO DE FINEZA : 5.559
Nº60	0.250	116.73	11.7	97.0	3.0		Coef. Uniformidad : 8.0
Nº140	0.106	28.93	2.9	99.9	0.1		Coef. Curvatura : 0.7
Nº200	0.075	0.55	0.1	100.0	0.0		
< Nº 200	FONDO	0.17	0.0	100.0	0.0		



Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico		
N° de tarro	-	-	-	-	-	-
N° de golpes	0	0	0	0	0	0
Tarro + suelo húmedo	0	0	0	0	0	0
Tarro + suelo seco	0	0	0	0	0	0
Agua	0	0	0	0	0	0
Peso del tarro	0	0	0	0.00	0.00	0.00
Peso del suelo seco	0	0	0	0	0	0
Porcentaje de humedad						

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plas
Límite Líquido	N.P.	X
Límite Plástico	N.P.	X
Índice de Plasticidad	N.P.	X

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	1	1
Tarro + suelo húmedo	334.52	334.52
Tarro + suelo seco	299.73	299.73
Agua	34.79	34.79
Peso del tarro	34.05	34.05
Peso del suelo seco	265.68	265.68
Porcentaje de humedad	13.09	13.09



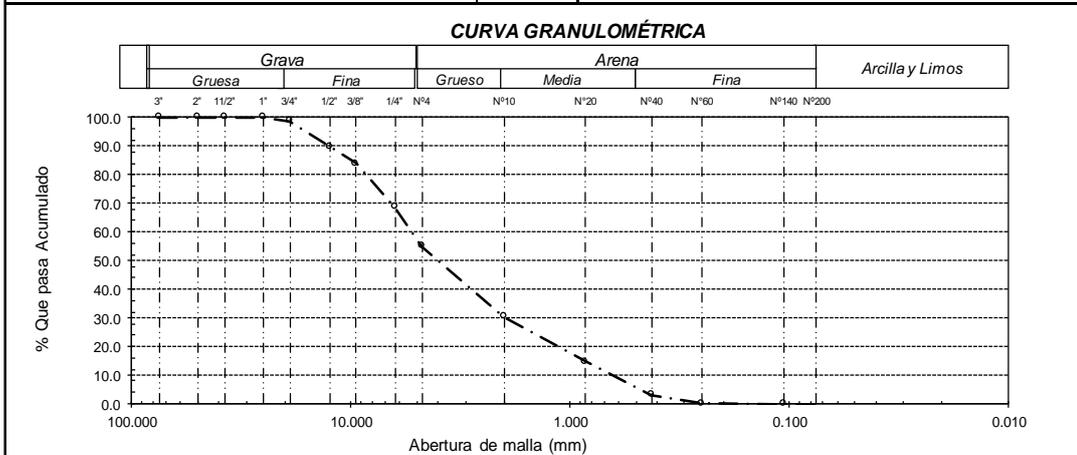
TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 1 -M 1 Profundidad: 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	1.3	98.7		
1/2"	12.500	10.2	89.8		
3/8"	9.500	16.2	83.8		
1/4"	6.300	31.4	68.6		
Nº 4	4.750	45.0	55.0		
Nº 10	2.000	69.6	30.4		
Nº 20	0.850	85.3	14.7		
Nº 40	0.425	97.0	3.0		
Nº 60	0.250	99.9	0.1		
Nº 140	0.106	100.0	0.0		
Nº 200	0.075	100.0	0.0		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	1.3		45.0	
	G.F. %	43.7			
% Arena	A.G. %	24.6		55.0	
	A.M. %	27.4			
	A.F. %	3.0			
% Arcilla y Limo		0.0		0.0	
Total		100.0			
Contenido de Humedad				13.09	

CURVA DE FLUIDEZ

Clasificación (S.U.C.S.)	SP
Descripción del suelo	
Arena pobremente graduada con grava	
Clasificación (AASHTO)	A-1-a (0)
Descripción	
BUENO	



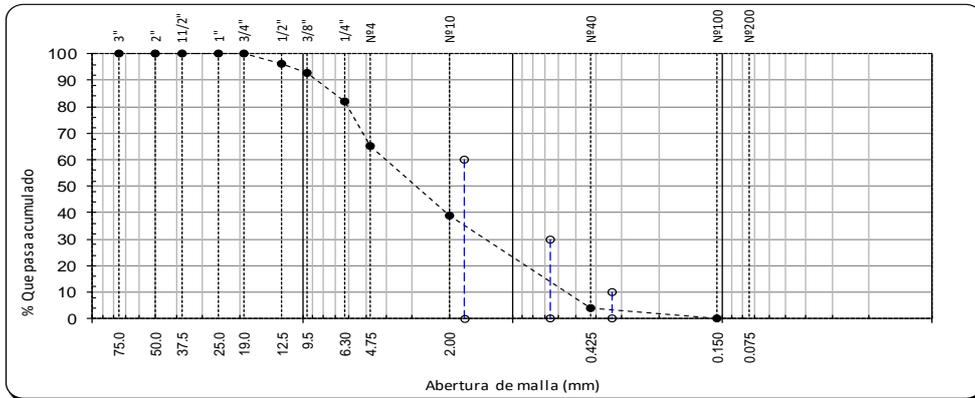
Observaciones:
Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999

Puente: "CASCAJAL" Calicata 2 - M 1 Profundidad: 0.50 m

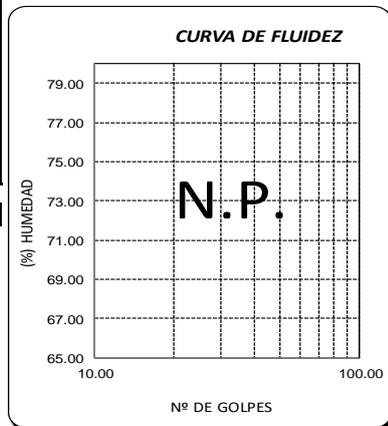
TAMICES		PESO	% RETENIDO		% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 1549.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 1549.02 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.19 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0		INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	59.26	3.8	3.8	96.2		CLASF. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.500	49.01	3.2	7.0	93.0		CLASF. SUCS : SP
Nº4	4.750	172.25	11.1	18.1	81.9		DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº10	2.000	259.71	16.8	34.9	65.1		Arena pobremente graduada con grava
Nº20	0.850	407.37	26.3	61.2	38.8		Ensayo Malla Nº200
N40	0.425	369.65	23.9	85.1	14.9		P.S.Seco : 0.2
Nº60	0.250	165.29	10.7	95.8	4.2		P.S.Lav : 1549
Nº140	0.106	65.76	4.2	100.0	0.0		% HUMEDAD : P.S.S. (%) Hum. : 7.1
Nº200	0.075	0.53	0.0	100.0	0.0		MODULO DE FINEZA : 5.059
< Nº 200	FONDO	0.19	0.0	100.0	0.0		Coef. Uniformidad : 5.1
							Coef. Curvatura : 0.8



Datos de ensayo.	Limite líquido			Limite Plástico	
Nº de tarro	-	-	-	-	-
Nº de golpes	0	0	0		
Tarro + suelo húmedo	0	0	0	0	
Tarro + suelo seco	0	0	0	0	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	0	0	0	0.00	
Peso del suelo seco	0	0	0	0	
Porcentaje de humedad				#DIV/0!	

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plástico
Limite Líquido	N.P.	
Limite Plástico	N.P.	
Índice de Plasticidad	N.P.	

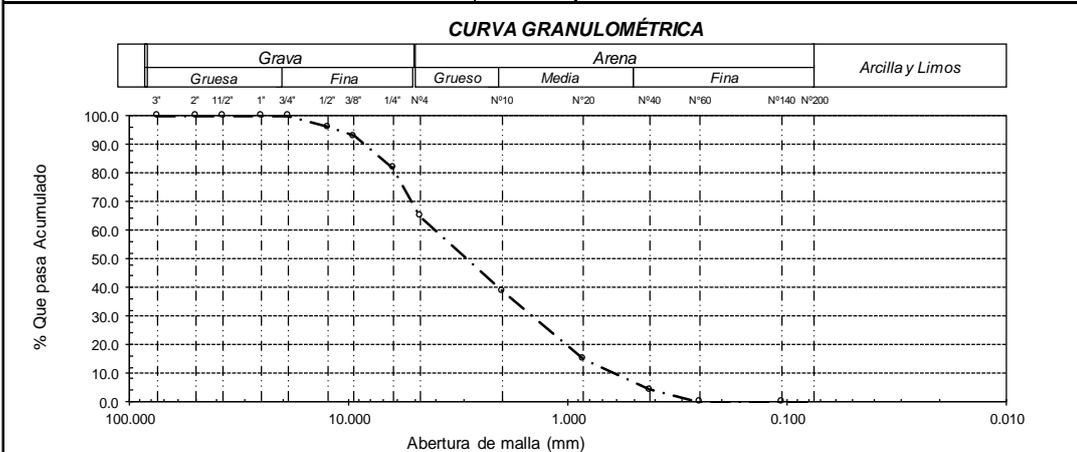
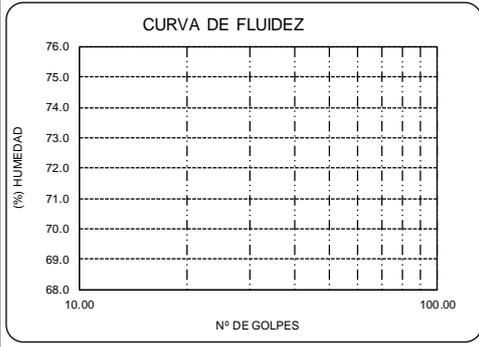
Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
Nº de tarro	2	2
Tarro + suelo húmedo	268.62	268.62
Tarro + suelo seco	252.9	252.9
Agua	15.72	15.72
Peso del tarro	32	32
Peso del suelo seco	220.9	220.9
Porcentaje de humedad	7.12	7.12



TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 2 - M1 Profundidad: 0.50 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	0.0	100.0		
1/2"	12.500	3.8	96.2		
3/8"	9.500	7.0	93.0		
1/4"	6.300	18.1	81.9		
Nº 4	4.750	34.9	65.1		
Nº 10	2.000	61.2	38.8		
Nº 20	0.850	85.1	14.9		
Nº 40	0.425	95.8	4.2		
Nº 60	0.250	100.0	0.0		
Nº 140	0.106	100.0	0.0		
Nº 200	0.075	100.0	0.0		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	0.0		34.9	
	G.F. %	34.9			
	A.G. %	26.3			
% Arena	A.M. %	34.6		65.1	
	A.F. %	4.2			
	% Arcilla y Limo	0.0			
Total			100.0		
Contenido de Humedad				7.12	BUENO



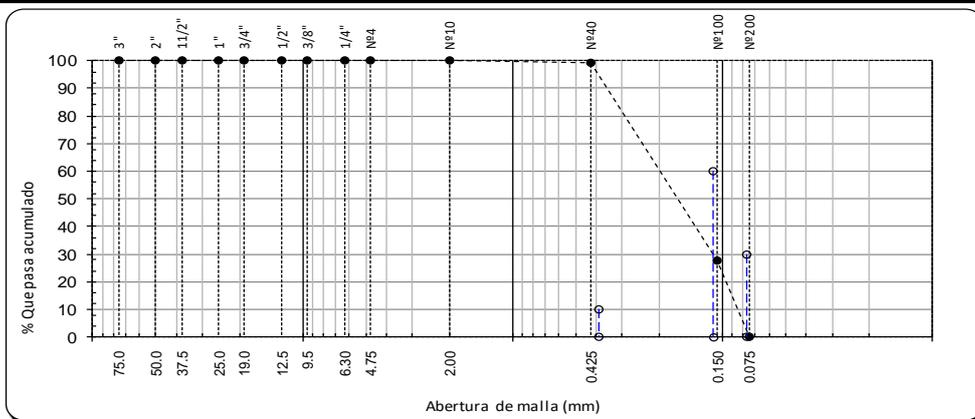
Observaciones:
Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Puente: "CASCAJAL" Calicata 3 - M1 Profundidad: 0.80 m

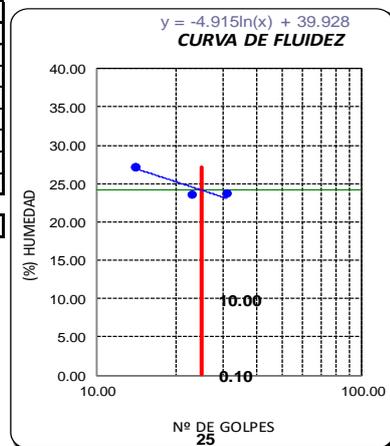
TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 87.0 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 86.96 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.19 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : 24.1 %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : 21.09 %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0		INDICE PLASTICIDAD : 3.01 %
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0		CLASF. AASHTO : A-2-4 (0)
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0		CLASF. SUCS : SC
Nº4	4.750	0.00	0.0	0.0	100.0		DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº10	2.000	0.00	0.0	0.0	100.0		Arena arcillosa
Nº20	0.850	0.00	0.0	0.0	100.0		Ensayo Malla Nº200
N40	0.425	0.37	0.4	0.4	99.6		P.S.Seco : 0.2
Nº60	0.250	0.47	0.5	0.9	99.1		P.S.Lav : 87
Nº140	0.106	35.98	41.4	42.3	57.7		(%) 200
Nº200	0.075	26.28	30.2	72.5	27.5		% HUMEDAD
< Nº 200	FONDO	23.87	27.5	100.0	0.0		P.S.H : 473.24
							P.S.S. : 441.80
							(%) Hum. : 7.1
							MODULO DE FINEZA : 1.161
							Coef. Uniformidad : 0.3
							Coef. Curvatura : 0.1



Datos de ensayo.	Límite Líquido			Límite Plástico	
N° de tarro	1	2	3	1	2
N° de golpes	31	23	14		
Tarro + suelo húmedo	33.25	30.16	29.01	13.62	13.11
Tarro + suelo seco	28.58	26.01	24.66	12.81	12.21
Agua	4.67	4.15	4.35	0.81	0.9
Peso del tarro	8.83	8.4	8.63	8.97	8.09
Peso del suelo seco	19.75	17.61	16.03	3.84	4.12
Porcentaje de humedad	23.65	23.57	27.14	21.09	21.09

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plastico
Límite Líquido	24.11	
Límite Plástico	21.09	
Índice de Plasticidad	3.01	

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	3	3
Tarro + suelo húmedo	268.62	268.62
Tarro + suelo seco	252.9	252.9
Agua	15.72	15.72
Peso del tarro	32	32
Peso del suelo seco	220.9	220.9
Porcentaje de humedad	7.12	7.12



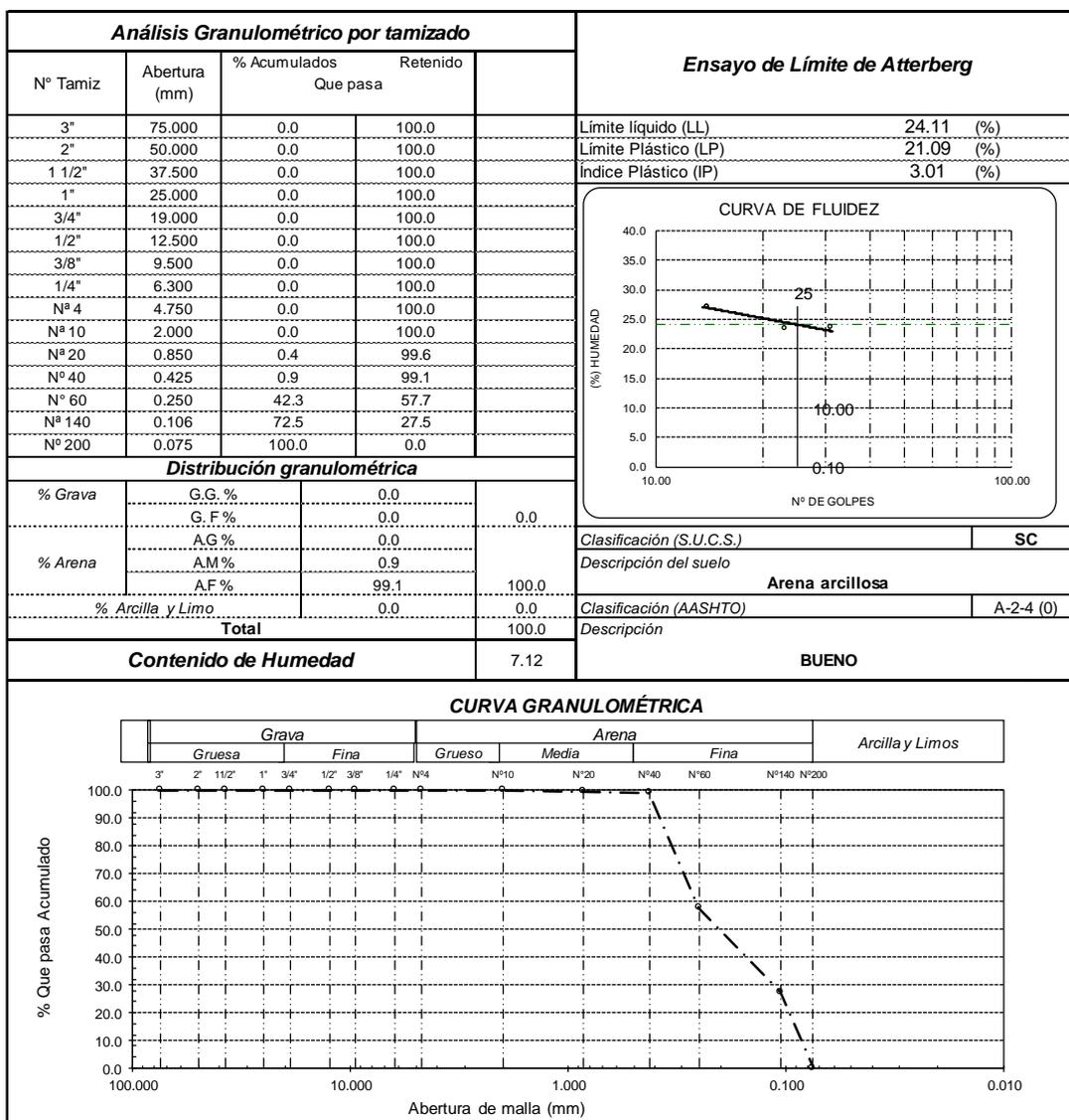
TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 3 - M1 Profundidad: 0.80 m



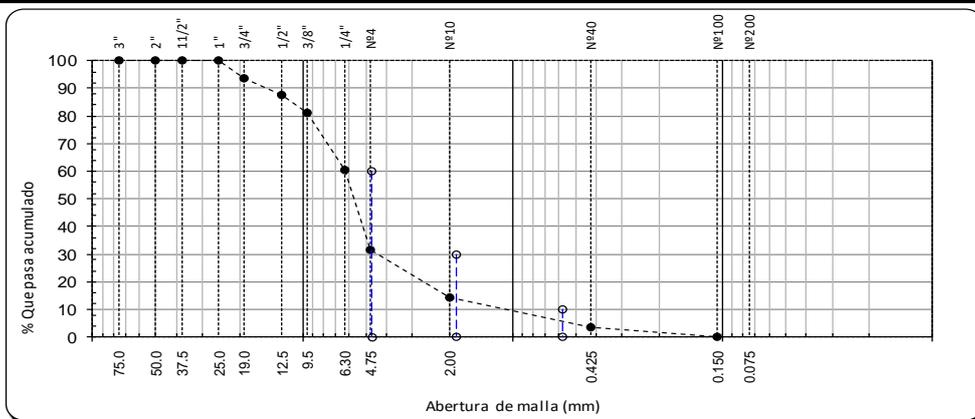
Observaciones:
Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Puente: "CASCAJAL" Calicata 3 - M2 Profundidad: 0.80 m

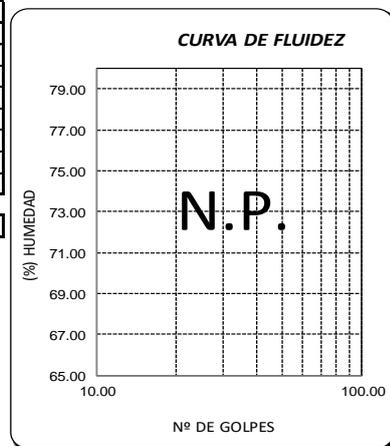
TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 1072.6 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 1072.58 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.46 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	67.23	6.3	6.3	93.7		INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	64.60	6.0	12.3	87.7		CLASF. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.500	69.83	6.5	18.8	81.2		CLASF. SUCS : GW
Nº4	4.750	223.88	20.9	39.7	60.3		DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº10	2.000	308.16	28.7	68.4	31.6		Grava bien graduada con arena
Nº20	0.850	183.68	17.1	85.5	14.5		Ensayo Malla Nº200
N40	0.425	88.10	8.2	93.7	6.3		P.S.Seco : 0.5
Nº60	0.250	29.71	2.8	96.5	3.5		P.S.Lav : 1073
Nº140	0.106	36.04	3.4	99.9	0.1		(%) 200
Nº200	0.075	0.79	0.1	100.0	0.0		P.S.H : 591.74
< Nº 200	FONDO	0.46	0.0	100.0	0.0		P.S.S. : 571.94
							(%) Hum. : 3.5
							MODULO DE FINEZA : 6.211
							Coef. Uniformidad : 8.1
							Coef. Curvatura : 1.2



Datos de ensayo.	Límite Líquido		Límite Plástico	
N° de tarro	-	-	-	-
N° de golpes	0	0	0	0
Tarro + suelo húmedo	0	0	0	0
Tarro + suelo seco	0	0	0	0
Agua	0	0	0	0
Peso del tarro	0	0	0	0.00
Peso del suelo seco	0	0	0	0
Porcentaje de humedad				#DIV/0!

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plast.
Límite Líquido	N.P.	
Límite Plástico	N.P.	
Índice de Plasticidad	N.P.	X

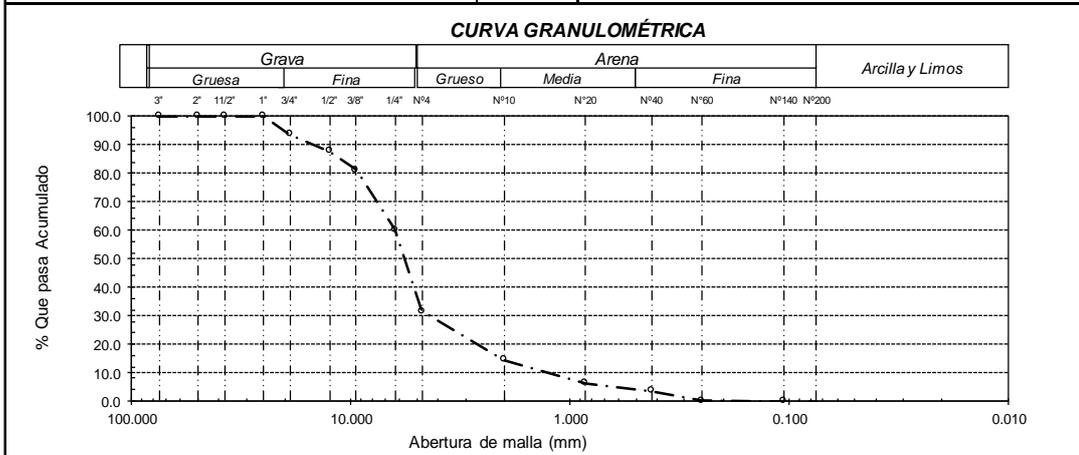
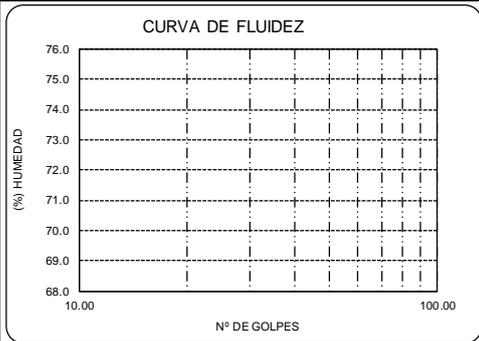
Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	4	4
Tarro + suelo húmedo	326.27	326.27
Tarro + suelo seco	316.37	316.37
Agua	9.9	9.9
Peso del tarro	30.4	30.4
Peso del suelo seco	285.97	285.97
Porcentaje de humedad	3.46	3.46



TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 3-M2 Profundidad: 0.80 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg	
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido		
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)
1"	25.000	0.0	100.0		
3/4"	19.000	6.3	93.7		
1/2"	12.500	12.3	87.7		
3/8"	9.500	18.8	81.2		
1/4"	6.300	39.7	60.3		
Nº 4	4.750	68.4	31.6		
Nº 10	2.000	85.5	14.5		
Nº 20	0.850	93.7	6.3		
Nº 40	0.425	96.5	3.5		
Nº 60	0.250	99.9	0.1		
Nº 140	0.106	100.0	0.0		
Nº 200	0.075	100.0	0.0		
Distribución granulométrica					
% Grava	G.G. %	6.3	68.4	Clasificación (S.U.C.S.)	
	G.F. %	62.1		GW	
% Arena	A.G. %	17.1	31.6	Descripción del suelo	
	A.M. %	11.0		Grava bien graduada con arena	
	A.F. %	3.5		Clasificación (AASHTO)	
% Arcilla y Limo		0.0	0.0	A-1-a (0)	
Total			100.0	Descripción	
				BUENO	
Contenido de Humedad				3.46	

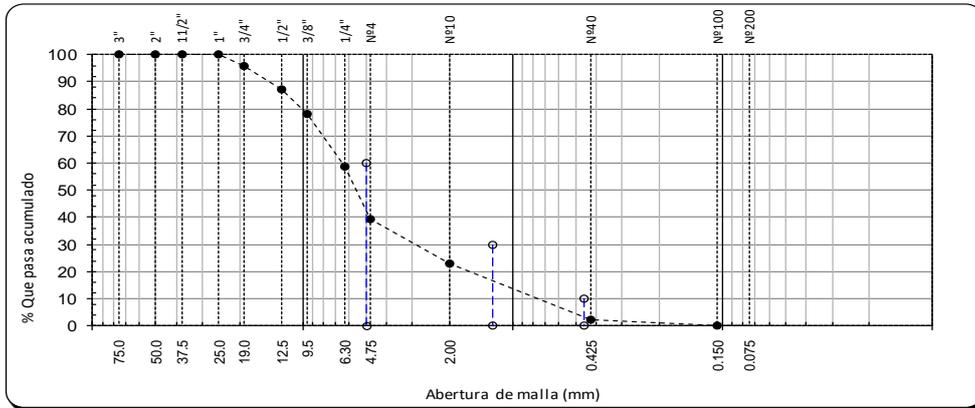


Observaciones:
 Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

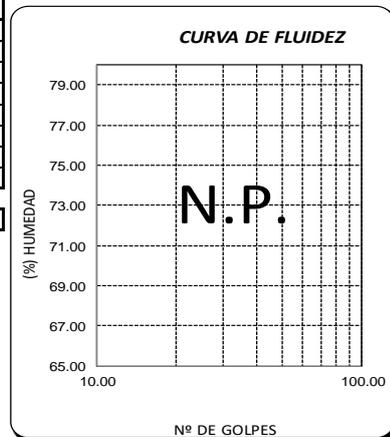
TAMICES		Calicata 3 - M3			Profundidad: 0.80 m		
(Pul)	(mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 985.68 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 985.68 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.19 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	40.89	4.1	4.1	95.9		INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	87.47	8.9	13.0	87.0		CLASF. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.500	85.52	8.7	21.7	78.3		CLASF. SUCS : GP
Nº4	4.750	191.62	19.4	41.1	58.9		DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº10	2.000	194.01	19.7	60.8	39.2		Grava pobremente graduada con arena
Nº20	0.850	161.29	16.4	77.2	22.8		Ensayo Malla Nº200
N40	0.425	141.37	14.3	91.5	8.5		P.S.Seco : 0.2
Nº60	0.250	62.45	6.3	97.8	2.2		P.S.Lav : 986
Nº140	0.106	21.42	2.2	100.0	0.0		(%) 200
Nº200	0.075	0.45	0.0	100.0	0.0		% HUMEDAD
< Nº 200	FONDO	0.19	0.0	100.0	0.0		P.S.H : 702.64
							P.S.S. : 655.78
							(%) Hum. : 7.1
							MODULO DE FINEZA : 6.072
							Coef. Uniformidad : 10.8
							Coef. Curvatura : 0.7



Datos de ensayo.	Límite líquido		Límite Plástico	
N° de tarro	-	-	-	-
N° de golpes	0	0	0	0
Tarro + suelo húmedo	0	0	0	0
Tarro + suelo seco	0	0	0	0
Agua	0	0	0	0
Peso del tarro	0	0	0	0.00
Peso del suelo seco	0	0	0	0
Porcentaje de humedad				#DIV/0!

CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA		Colocar "X", a suelo no Plast
Límite Líquido	N.P.	
Límite Plástico	N.P.	
Índice de Plasticidad	N.P.	

Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	5	5
Tarro + suelo húmedo	389.41	389.41
Tarro + suelo seco	365.98	365.98
Agua	23.43	23.43
Peso del tarro	38.09	38.09
Peso del suelo seco	327.89	327.89
Porcentaje de humedad	7.15	7.15



TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 3 - M3 Profundidad: 0.80 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido			Límite líquido (LL)	N.P. (%)
3"	75.000	0.0	100.0		N.P. (%)		
2"	50.000	0.0	100.0		N.P. (%)		
1 1/2"	37.500	0.0	100.0		N.P. (%)		
1"	25.000	0.0	100.0				
3/4"	19.000	4.1	95.9				
1/2"	12.500	13.0	87.0				
3/8"	9.500	21.7	78.3				
1/4"	6.300	41.1	58.9				
Nº 4	4.750	60.8	39.2				
Nº 10	2.000	77.2	22.8				
Nº 20	0.850	91.5	8.5				
Nº 40	0.425	97.8	2.2				
Nº 60	0.250	100.0	0.0				
Nº 140	0.106	100.0	0.0				
Nº 200	0.075	100.0	0.0				
Distribución granulométrica				Grava pobremente graduada con arena			
% Grava	G.G. %	4.1	60.8			Clasificación (S.U.C.S.)	GP
	G.F. %	56.7				Descripción del suelo	
	A.G. %	16.4					
% Arena	A.M. %	20.6	39.2			Grava pobremente graduada con arena	
	A.F. %	2.2		Clasificación (AASHTO)	A-1-a (0)		
% Arcilla y Limo			0.0	Descripción			
Total			100.0	BUENO			
Contenido de Humedad			7.15				

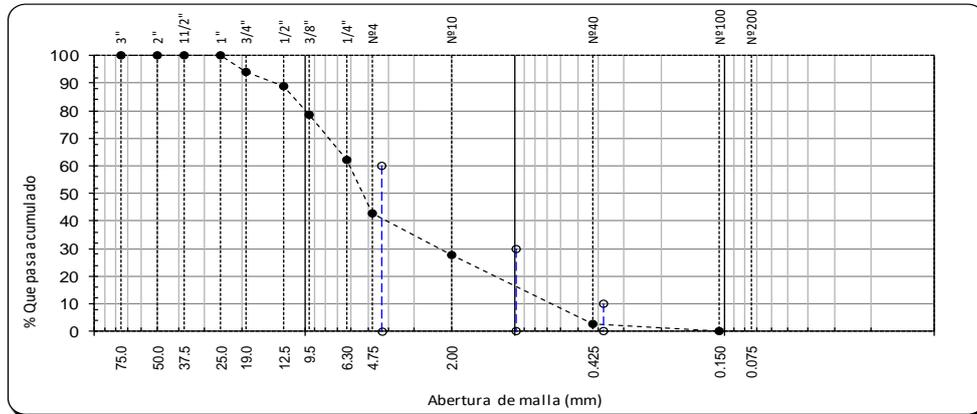
Observaciones:
Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

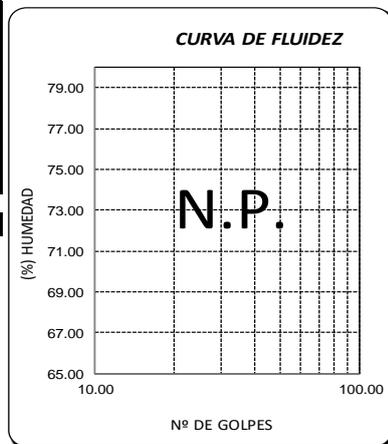
TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA N.T.P. 399.128 : 1999

Puente: "CASCAJAL" Calicata 4 - M1 Profundidad: 0.60 m

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 1215.83 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 1215.83 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.22 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	71.02	5.8	5.8	94.2		INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	66.18	5.4	11.2	88.8		CLASF. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.500	122.83	10.1	21.3	78.7		CLASF. SUCS : GP
Nº4	4.750	198.97	16.4	37.7	62.3		DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº10	2.000	234.18	19.3	57.0	43.0		Grava pobremente graduada con arena
Nº20	0.850	188.81	15.5	72.5	27.5		Ensayo Malla Nº200
N40	0.425	187.60	15.4	87.9	12.1		P.S.Seco : 0.2
Nº60	0.250	113.58	9.3	97.2	2.8		P.S.Lav : 1216
Nº140	0.106	33.88	2.8	100.0	0.0		(%) 200
Nº200	0.075	0.56	0.0	100.0	0.0		% HUMEDAD : P.S.H : 437.62
< Nº 200	FONDO	0.22	0.0	100.0	0.0		P.S.S. : 406.86
							(%) Hum. : 7.6
							MODULO DE FINEZA : 5.906
							Coef. Uniformidad : 11.4
							Coef. Curvatura : 0.6



Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
N° de tarro	-	-	-	-	-
N° de golpes	0	0	0		
Tarro + suelo húmedo	0	0	0	0	
Tarro + suelo seco	0	0	0	0	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	0	0	0	0.00	
Peso del suelo seco	0	0	0	0	
Porcentaje de humedad				#DIV/0!	
CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA				Colocar "X", a suelo no Plas.	X
Límite Líquido				N.P.	
Límite Plástico				N.P.	
Índice de Plasticidad				N.P.	



Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	6	6
Tarro + suelo húmedo	250	250
Tarro + suelo seco	234.62	234.62
Agua	15.38	15.38
Peso del tarro	31.19	31.19
Peso del suelo seco	203.43	203.43
Porcentaje de humedad	7.56	7.56

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
: SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
: SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.

NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
: N.T.P. 399.131
: N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 4 - M 1 Profundidad: 0.60 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido				
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)		
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)		
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)		
1"	25.000	0.0	100.0	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">CURVA DE FLUIDEZ</p> </div>			
3/4"	19.000	5.8	94.2				
1/2"	12.500	11.2	88.8				
3/8"	9.500	21.3	78.7				
1/4"	6.300	37.7	62.3				
Nº 4	4.750	57.0	43.0				
Nº 10	2.000	72.5	27.5				
Nº 20	0.850	87.9	12.1				
Nº 40	0.425	97.2	2.8				
Nº 60	0.250	100.0	0.0				
Nº 140	0.106	100.0	0.0				
Nº 200	0.075	100.0	0.0				
Distribución granulométrica							
% Grava	G.G. %	5.8	57.0			Clasificación (S.U.C.S.)	
	G. F. %	51.2				GP	
	A.G. %	15.5		Descripción del suelo			
% Arena	A.M. %	24.7	43.0	Grava pobremente graduada con arena			
	A.F. %	2.8		Clasificación (AASHTO)			
% Arcilla y Limo		0.0	0.0	A-1-a (0)			
Total			100.0	Descripción			
Contenido de Humedad			7.56	BUENO			

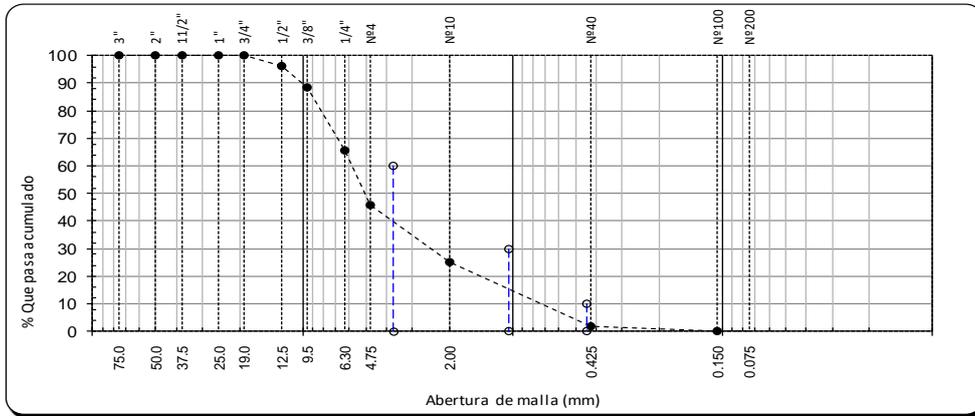
Observaciones:
Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

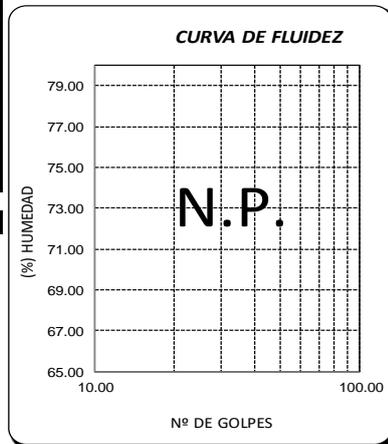
TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
FECHA DE ENSAYO : 2/10/2018
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999

Puente: "CASCAJAL" Calicata 5 - M 1 Profundidad: 1.00 m

TAMICES		PESO	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
(Pul)	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		
3"	75.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO TOTAL : 1073.63 g.
2 1/2"	63.000	0.0	0.0	0.0	100.0		PESO LAVADO : 1073.63 g.
2"	50.000	0.00	0.0	0.0	100.0		PESO FINO : 0.14 g.
1 1/2"	37.500	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE LIQUIDO : N.P. %
1"	25.000	0.00	0.0	0.0	100.0		LIMITE PLASTICO : N.P. %
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0		INDICE PLASTICIDAD : N.P. %
1/2"	12.500	41.58	3.9	3.9	96.1		CLASF. AASHTO : A-1-a (0)
3/8"	9.500	83.31	7.8	11.7	88.3		CLASF. SUCS : GP
Nº4	4.750	243.63	22.7	34.4	65.6		DESCRIPCIÓN DEL SUELO :
Nº10	2.000	213.05	19.8	54.2	45.8		Grava pobremente graduada con arena
Nº20	0.850	221.27	20.6	74.8	25.2		Ensayo Malla Nº200
N40	0.425	172.79	16.1	90.9	9.1		P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
Nº60	0.250	76.54	7.1	98.0	2.0		0.1 1074
Nº140	0.106	21.05	2.0	100.0	0.0		% HUMEDAD P.S.H P.S.S. (%) Hum.
Nº200	0.075	0.27	0.0	100.0	0.0		506.68 475.52 6.6
< Nº 200	FONDO	0.14	0.0	100.0	0.0		MODULO DE FINEZA 5.679
							Coef. Uniformidad 8.4
							Coef. Curvatura 0.7



Datos de ensayo.	Límite líquido			Límite Plástico	
N° de tarro	-	-	-	-	-
N° de golpes	0	0	0		
Tarro + suelo húmedo	0	0	0	0	
Tarro + suelo seco	0	0	0	0	
Agua	0	0	0	0	
Peso del tarro	0	0	0	0.00	
Peso del suelo seco	0	0	0	0	
Porcentaje de humedad				#DIV/0!	
CONSISTENCIA FISICA DE LA MUESTRA				Colocar "X", a suelo no Plas.	X
Límite Líquido				N.P.	
Límite Plástico				N.P.	
Índice de Plasticidad				N.P.	



Datos de ensayo.	CONTENIDO DE HUMEDAD	
N° de tarro	7	7
Tarro + suelo húmedo	292.5	292.5
Tarro + suelo seco	276.92	276.92
Agua	15.58	15.58
Peso del tarro	39.16	39.16
Peso del suelo seco	237.76	237.76
Porcentaje de humedad	6.55	6.55

TESISTA : AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL
TÍTULO DE TESIS : "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"
UBICACIÓN : KM. 5 CARRETERA A PIMENTEL
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico.
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Puente: "CASCAJAL" Calicata 5 - M 1 Profundidad: 1.00 m

Análisis Granulométrico por tamizado				Ensayo de Límite de Atterberg			
Nº Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados Que pasa	Retenido				
3"	75.000	0.0	100.0	Límite líquido (LL)	N.P. (%)		
2"	50.000	0.0	100.0	Límite Plástico (LP)	N.P. (%)		
1 1/2"	37.500	0.0	100.0	Índice Plástico (IP)	N.P. (%)		
1"	25.000	0.0	100.0	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">CURVA DE FLUIDEZ</p> </div>			
3/4"	19.000	0.0	100.0				
1/2"	12.500	3.9	96.1				
3/8"	9.500	11.7	88.3				
1/4"	6.300	34.4	65.6				
Nº 4	4.750	54.2	45.8				
Nº 10	2.000	74.8	25.2				
Nº 20	0.850	90.9	9.1				
Nº 40	0.425	98.0	2.0				
Nº 60	0.250	100.0	0.0				
Nº 140	0.106	100.0	0.0				
Nº 200	0.075	100.0	0.0				
Distribución granulométrica							
% Grava	G.G. %	0.0	54.2			Clasificación (S.U.C.S.)	
	G. F. %	54.2				GP	
	A.G. %	20.6		Descripción del suelo			
% Arena	A.M. %	23.2	45.8	Grava pobremente graduada con arena			
	A.F. %	2.0		Clasificación (AASHTO)			
% Arcilla y Limo		0.0	0.0	A-1-a (0)			
Total			100.0	Descripción			
Contenido de Humedad			6.55	BUENO			

Observaciones:
 Muestreo, ensayo e identificación por la tesista

ANEXO N° 03 ESTUDIO HIDROLÓGICO

ESTUDIO HIDROLÓGICO

PROYECTO

**“ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS
ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL -
OLMOS ANTE MAXIMAS AVENIDAS”**

AUTOR:

AGUINAGA RAMIREZ, HIGEINY ADUBEL.

PIMENTEL, 2019

1. INTRODUCCION

1.1. Nombre del proyecto

“ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS”

1.2. Ubicación política

El proyecto “ESTUDIO DE LA SOVACACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS”, está ubicado a 15 minutos de la ciudad de Olmos en los caseríos de La playa Cascajal y Garbanzal, en el Distrito de Olmos – Provincia Lambayeque – Región Lambayeque.

1.3. Objetivo del estudio hidrológico

El estudio de las máximas avenidas y extraordinarias; permite determinar bajo cierto supuestos, la probabilidad de ocurrencia de avenidas de una cierta magnitud.

Determinar los caudales para el diseño de las obras hidráulicas, que permiten delimitar su trayectoria del río, ubicación y definir los requisitos mínimos de un puente.

1.4. Factores hidrológicos

- Determinar el tamaño de la cuenca.
- Condiciones climáticas
- Condiciones topográficas
- Tipo de suelo
- Cobertura vegetal
- Capacidad de almacenamiento

1.5. Estudios de campo

Se realizan con el propósito de identificar, obtener y evaluar la información referida.

El reconocimiento de campo permite ubicar todas las cuencas y microcuencas hidrográficas, cuyos cursos de drenaje interceptan en el eje vial en estudio.

1.6. evaluación de información hidrológica

Existen estaciones pluviométricas, hidrométricas que me permiten obtener registros de máximas avenidas en un tiempo de periodo de retorno. Con dicha información obtenida se elegirá el método al cual más se ajuste para así poder obtener las estimaciones de la magnitud del caudal.

1.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS HIDROLOGICOS.

1.7.1. Modelos de distribución

Tienen la finalidad de estimar las intensidades, precipitaciones o caudales máximos, para diferentes períodos de retorno; mediante la aplicación de los modelos probabilísticos los cuales pueden ser continuos o discretos.

1.7.2. MÉTODOS ESTADÍSTICOS

- a) Distribución Normal
- b) Distribución Log Normal 2 parámetros
- c) Distribución Log Normal 3 parámetros
- d) Distribución Gamma 2 parámetros
- e) Distribución Gamma 3 parámetros
- f) Distribución Log Pearson tipo III
- g) Distribución Gumbel
- h) Distribución Log Gumbel

a) **Distribución normal:** la función de densidad de probabilidad normal se define como:

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

Donde:

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

X: variable independiente

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

S: parámetro de escala. Igual a la desviación estándar de x.

b) Distribución log normal 2 parámetros: La función de distribución de probabilidad es:

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

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

c) Distribución log normal 3 parámetros: La función de densidad es:

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

Para $X > x_0$

Donde:

x_0 : parámetros de posición

μ_y : parámetros de forma o varianza

d) Distribución gamma 2 parámetros: la función densidad es:

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

Para:

$$0 \leq X < \infty$$

$$0 < Y < \infty$$

$$0 < \beta < \infty$$

Donde:

Y : parámetro de forma

β : parámetro de escala

e) Distribución gamma 3 parámetros: la función densidad es:

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

Para:

$$x_0 \leq X < \infty$$

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

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : origen de la variable x , parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

f) Distribución log pearson tipo iii: la función de densidad es:

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

Para:

$$x_0 \leq X < \infty$$

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

$$0 < \beta < \infty$$

$$0 < \gamma < \infty$$

Donde:

x_0 : parámetro de posición

γ : parámetro de forma

β : parámetro de escala

g) Distribución gumbel: tiene como función de distribución de probabilidades la siguiente:

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

Utilizando el método de momentos, se obtiene las siguientes relaciones

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

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

Donde:

α : parámetro de concentración

β : parámetro de localización

según Ven Te Chow, la distribución se puede expresar de la siguiente manera

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

Donde:

X: valor con una probabilidad dada

\bar{x} : media de la serie

k: factor de frecuencia

h) Distribución gumbel: la variable aleatoria se define como:

$$y = \frac{\ln X - \mu}{\alpha}$$

la función acumulada reducida log gumbel es:

$$G(y) = e^{-e^{-y}}$$

2. RESULTADOS

Tabla 1:

Caudales máximos - estación zapatero Cuenca del río Cascajal

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.160	0.160	0.160	0.112	0.080	0.083
1994	0.068	0.376	SD	1.536	0.619	SD	0.302	0.278	0.147	0.134	0.125	0.060
1995	0.071	0.159	0.185	0.125	0.111	0.085	0.079	0.067	0.083	0.097	0.094	0.037
1996	SD	SD	0.058	0.021	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
1997	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.052
1998	1.335	52.121	73.241	54.896	16.297	1.363	0.779	0.752	0.491	0.711	0.623	0.700
1999	0.543	5.198	10.514	4.656	4.408	1.739	0.679	0.338	0.471	0.600	0.458	0.306
2000	0.296	0.480	4.721	2.025	1.084	0.520	0.458	0.395	0.351	0.268	0.180	0.252
2001	0.555	0.533	4.125	3.768	0.948	0.926	0.807	0.746	0.515	0.382	0.347	0.304
2002	0.211	0.696	10.161	20.596	3.462	1.578	1.103	0.866	0.521	0.429	0.386	0.385
2003	0.381	0.583	0.474	0.282	0.187	0.193	0.183	0.056	0.127	0.097	0.093	0.116
2004	0.101	0.095	0.063	0.054	0.052	0.050	0.060	SD	0.042	0.026	SD	SD
2005	SD	SD	SD	SD	0.004	SD	SD	0.075	SD	SD	SD	SD
2006	SD	SD	1.124	0.428	0.067	0.058	0.037	SD	SD	SD	SD	SD
2007	SD	SD	0.137	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2008	0.029	4.009	5.523	10.649	2.196	1.052	0.770	0.526	0.386	0.271	0.194	0.103
2009	0.602	4.262	9.182	3.042	1.425	0.918	0.838	0.551	0.323	0.201	0.103	0.098
2010	SD	SD	0.137	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2011	0.060	0.102	0.023	0.085	0.081	0.049	0.045	0.014	0.002	0.009	0.013	SD
2012	0.027	5.623	10.661	3.701	1.417	0.768	0.766	0.520	0.271	0.158	0.102	0.035
2013	0.053	0.060	0.058	0.111	0.050	0.030	0.030	0.028	0.006	0.004	SD	SD
2014	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2015	SD	SD	2.450	1.090	0.200	0.100	SD	SD	SD	SD	SD	SD
2016	SD	0.250	0.540	0.620	0.210	0.020	0.010	SD	SD	SD	SD	SD
2017	SD	0.740	15.090	6.620	2.030	1.480	1.210	0.950	0.720	0.470	SD	SD
2018	0.290	0.270	0.260	0.470	0.180	0.180	0.180	0.180	0.160	0.160	0.160	0.160

SD:	SIN DATO REGISTRADO											
FALTAN	11.000	9.000	5.000	6.000	6.000	8.000	7.000	9.000	9.000	9.000	12.000	12.000
COMPLETAR												

Tabla 2:

Caudales máximos - estación zapatero - Cuenca del río Cascajal (Solo años completos)

AÑO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1995	0.071	0.159	0.185	0.125	0.111	0.085	0.079	0.067	0.083	0.097	0.094	0.037
1998	1.335	52.121	73.241	54.896	16.297	1.363	0.779	0.752	0.491	0.711	0.623	0.700
1999	0.543	5.198	10.514	4.656	4.408	1.739	0.679	0.338	0.471	0.600	0.458	0.306
2000	0.296	0.480	4.721	2.025	1.084	0.520	0.458	0.395	0.351	0.268	0.180	0.252
2001	0.555	0.533	4.125	3.768	0.948	0.926	0.807	0.746	0.515	0.382	0.347	0.304
2002	0.211	0.696	10.161	20.596	3.462	1.578	1.103	0.866	0.521	0.429	0.386	0.385
2003	0.381	0.583	0.474	0.282	0.187	0.193	0.183	0.056	0.127	0.097	0.093	0.116
2008	0.029	4.009	5.523	10.649	2.196	1.052	0.770	0.526	0.386	0.271	0.194	0.103
2009	0.602	4.262	9.182	3.042	1.425	0.918	0.838	0.551	0.323	0.201	0.103	0.098
2012	0.027	5.623	10.661	3.701	1.417	0.768	0.766	0.520	0.271	0.158	0.102	0.035
2018	0.290	0.270	0.260	0.470	0.180	0.180	0.180	0.180	0.160	0.160	0.160	0.160
PROMEDIO	0.395	6.721	11.732	9.474	2.883	0.847	0.604	0.454	0.336	0.307	0.249	0.227
DESV.EST.	0.375	15.212	20.814	16.209	4.654	0.567	0.330	0.276	0.159	0.204	0.179	0.196

Tabla 3:

Resumen de datos y curva de variación de enero

Enero (INCLUYE GENERACIÓN DE DATOS)			
m (Orden)	Q (m3/s)	Hazen	P (%)
1	1.335	0.0455	4.55
2	0.602	0.1364	13.64
3	0.555	0.2273	22.73
4	0.543	0.3182	31.82
5	0.381	0.4091	40.91
6	0.296	0.5000	50.00
7	0.290	0.5909	59.09
8	0.211	0.6818	68.18
9	0.071	0.7727	77.27
10	0.029	0.8636	86.36
11	0.027	0.9545	95.45

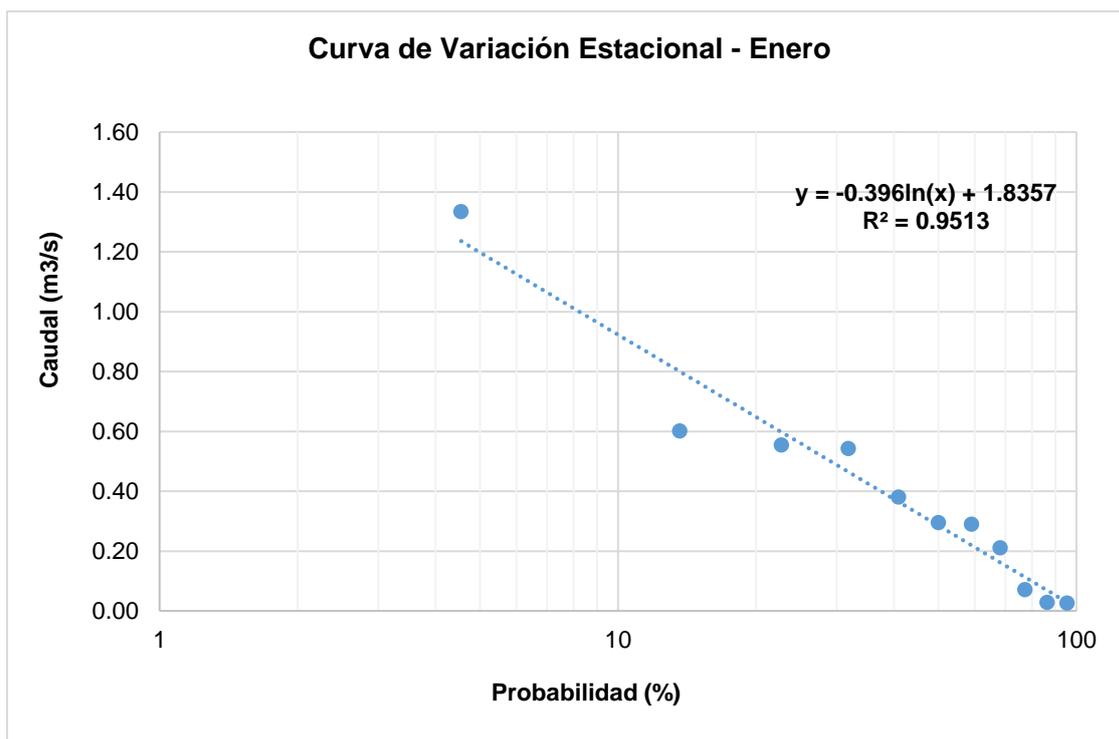


Figura 1: curva de variación estacional – enero

Tabla 4:

Registro de caudales en cada mes y caudal máximo

m	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Q max
1	0.0680	0.376	0.185	1.536	0.619	0.085	0.619	0.160	0.160	0.112	0.080	0.083	1.5360
2	0.0710	0.159	0.058	0.125	0.111	1.363	0.111	0.278	0.147	0.134	0.125	0.060	1.3630
3	1.3350	52.121	73.241	0.021	16.297	1.739	16.297	0.067	0.083	0.097	0.094	0.037	73.2410
4	0.5430	5.198	10.514	54.896	4.408	0.520	4.408	0.752	0.491	0.711	0.623	0.052	54.8960
5	0.2960	0.48	4.721	4.656	1.084	0.926	1.084	0.338	0.471	0.600	0.458	0.700	4.7210
6	0.5550	0.533	4.125	2.025	0.948	1.578	0.948	0.395	0.351	0.268	0.180	0.306	4.1250
7	0.2110	0.696	10.161	3.768	3.462	0.193	3.462	0.746	0.515	0.382	0.347	0.252	10.1610
8	0.3810	0.583	0.474	20.596	0.187	0.050	0.187	0.866	0.521	0.429	0.386	0.304	20.5960
9	0.1010	0.095	0.063	0.282	0.052	0.058	0.052	0.056	0.127	0.097	0.093	0.385	0.3850
10	0.0290	4.009	1.124	0.054	0.004	1.052	0.004	0.075	0.042	0.026	0.194	0.116	4.0090
11	0.6020	4.262	0.137	0.428	0.067	0.918	0.067	0.526	0.386	0.271	0.103	0.103	4.2620
12	0.0600	0.102	5.523	10.649	2.196	0.049	2.196	0.551	0.323	0.201	0.013	0.098	10.6490
13	0.0270	5.623	9.182	3.042	1.425	0.768	1.425	0.014	0.002	0.009	0.102	0.035	9.1820
14	0.0530	0.06	0.137	0.085	0.081	0.030	0.081	0.520	0.271	0.158	0.160	0.160	0.5200
15	0.2900	0.25	0.023	3.701	1.417	0.100	1.417	0.028	0.006	0.004	0.0456	0.2974	3.7010
16	0.0023	0.74	10.661	0.111	0.050	0.020	0.050	0.950	0.720	0.470	0.2154	0.1171	10.6610
17	0.3284	0.27	0.058	1.090	0.200	1.480	0.200	0.180	0.160	0.160	0.325	0.2435	1.4800
18	0.2453	2.19	2.450	0.620	0.210	0.180	0.210	0.3721	0.2637	0.0589	0.1523	0.1717	2.4500
19	0.2051	8.1472	0.540	6.620	2.030	0.9162	2.030	0.0881	0.437	0.1132	0.1113	0.2991	8.1472
20	0.1101	0.5543	15.090	0.470	0.180	1.2501	0.180	0.5102	0.0028	0.3924	0.1848	0.1648	15.0900
21	0.0525	3.6184	0.260	1.9217	11.5518	0.2722	0.6665	0.1252	0.1735	0.3223	0.0352	0.3594	11.5518
22	0.3302	4.4163	26.9921	0.6098	3.4453	0.225	11.3496	0.6563	0.5355	0.1035	0.1079	0.7075	26.9921
23	0.0767	6.4181	1.0621	17.9733	0.7254	1.0143	4.8236	1.0489	0.0765	0.0042	0.4136	0.2273	17.9733
24	0.1006	2.293	0.5327	34.2104	1.7296	1.1834	4.183	0.5175	0.4718	0.3721	0.4819	0.3836	34.2104
25	1.1365	3.6984	19.6443	21.2069	2.0681	1.9368	0.2225	0.2827	0.1734	0.5488	0.1191	0.0788	21.2069
26	0.2007	12.4543	4.162	1.2528	1.2941	1.4855	0.2568	0.4679	0.1263	0.5437	0.0959	0.0946	12.4543

Tabla 5:

Curvas IDF

m (orden)	X = Q (m3/s)	Z	P(x) de Weibull	P(x)*100 de Weibull	F(Z)	/F(Z)-P(x)/
1.0000	0.3850	-0.7932	0.0370	3.7037	0.2138	0.1768
2.0000	0.5200	-0.7854	0.0741	7.4074	0.2161	0.1420
3.0000	1.3630	-0.7365	0.1111	11.1111	0.2307	0.1196
4.0000	1.4800	-0.7297	0.1481	14.8148	0.2328	0.0846
5.0000	1.5360	-0.7264	0.1852	18.5185	0.2338	0.0486
6.0000	2.4500	-0.6734	0.2222	22.2222	0.2503	0.0281
7.0000	3.7010	-0.6009	0.2593	25.9259	0.2740	0.0147
8.0000	4.0090	-0.5830	0.2963	29.6296	0.2800	0.0163
9.0000	4.1250	-0.5763	0.3333	33.3333	0.2822	0.0511
10.0000	4.2620	-0.5683	0.3704	37.0370	0.2849	0.0855
11.0000	4.7210	-0.5417	0.4074	40.7407	0.2940	0.1134
12.0000	8.1472	-0.3430	0.4444	44.4444	0.3658	0.0786
13.0000	9.1820	-0.2829	0.4815	48.1481	0.3886	0.0929
14.0000	10.1610	-0.2262	0.5185	51.8519	0.4105	0.1080
15.0000	10.6490	-0.1979	0.5556	55.5556	0.4216	0.1340
16.0000	10.6610	-0.1972	0.5926	59.2593	0.4219	0.1707
17.0000	11.5518	-0.1455	0.6296	62.9630	0.4422	0.1875
18.0000	12.4543	-0.0931	0.6667	66.6667	0.4629	0.2038
19.0000	15.0900	0.0597	0.7037	70.3704	0.5238	0.1799
20.0000	17.9733	0.2270	0.7407	74.0741	0.5898	0.1510
21.0000	20.5960	0.3791	0.7778	77.7778	0.6477	0.1301
22.0000	21.2069	0.4145	0.8148	81.4815	0.6608	0.1541
23.0000	26.9921	0.7501	0.8519	85.1852	0.7734	0.0785
24.0000	34.2104	1.1688	0.8889	88.8889	0.8787	0.0101
25.0000	54.8960	2.3686	0.9259	92.5926	0.9911	0.0651
26.0000	73.2410	3.4326	0.9630	96.2963	0.9997	0.0367

Promedio: 14.0602

Desv.est.: 17.2408

N° datos 26.0000

$\Delta_{tab.}$:	0.2038
$\Delta_o.$:	0.2667

F(Z)	X (m3/s)
16.0000	-3.1807
50.0000	14.0602
84.0000	31.3010

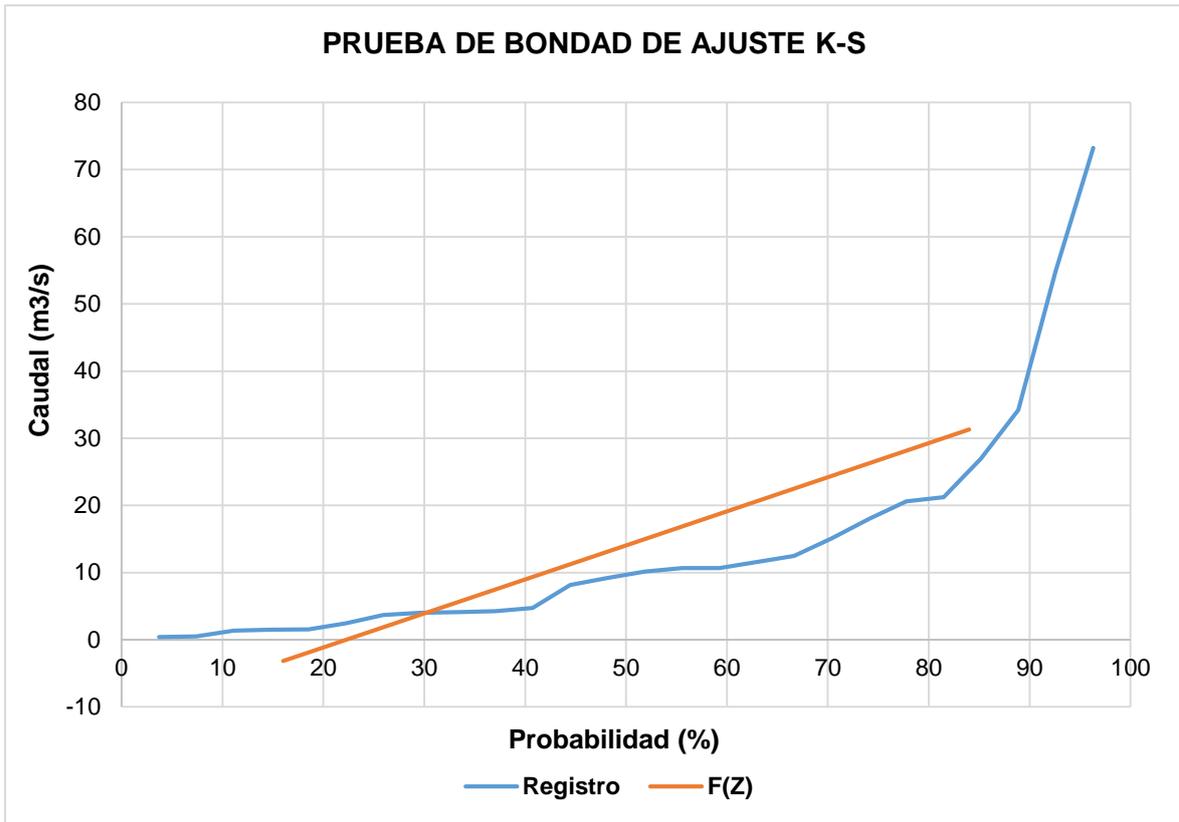


Figura 2: Prueba de bondad de ajuste K-S

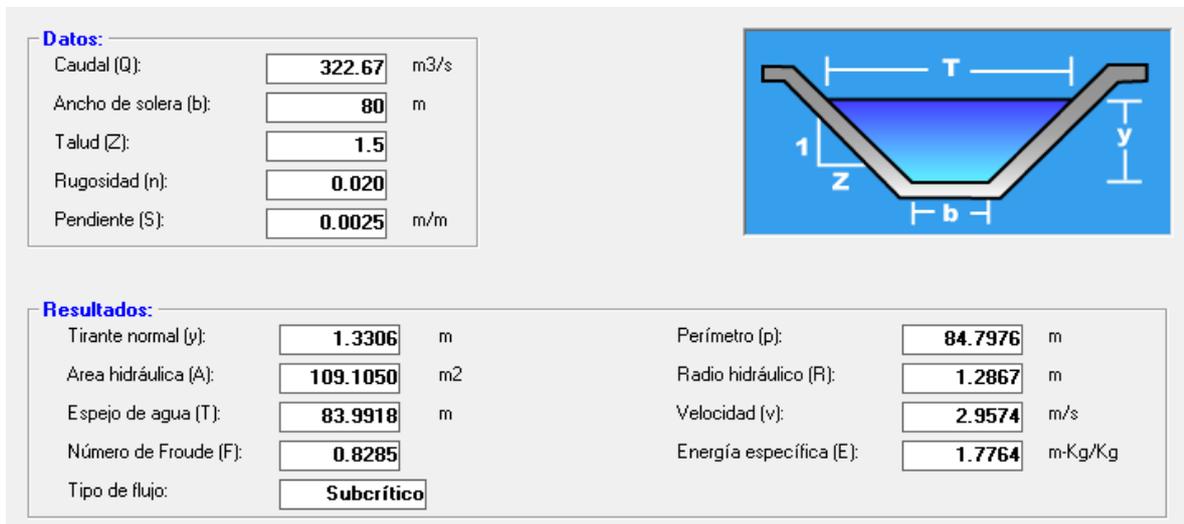


Figura 3: Caudal máximo y sección de transversal en H Canales

Tabla 5:*Número de datos, periodo de retorno y caudal máximo*

m (orden)	Tr (años)	Q (m3/s)
1.0000	27.0000	73.2410
2.0000	13.5000	54.8960
3.0000	9.0000	34.2104
4.0000	6.7500	26.9921
5.0000	5.4000	21.2069
6.0000	4.5000	20.5960
7.0000	3.8571	17.9733
8.0000	3.3750	15.0900
9.0000	3.0000	12.4543
10.0000	2.7000	11.5518
11.0000	2.4545	10.6610
12.0000	2.2500	10.6490
13.0000	2.0769	10.1610
14.0000	1.9286	9.1820
15.0000	1.8000	8.1472
16.0000	1.6875	4.7210
17.0000	1.5882	4.2620
18.0000	1.5000	4.1250
19.0000	1.4211	4.0090
20.0000	1.3500	3.7010
21.0000	1.2857	2.4500
22.0000	1.2273	1.5360
23.0000	1.1739	1.4800
24.0000	1.1250	1.3630
25.0000	1.0800	0.5200
26.0000	1.0385	0.3850

Tabla 6:*Métodos estadísticos*

Tr (años)	DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS							
	NORMAL	LN 2P	LN 3P	GM 2P	GM 3P	LP T III	GUMBEL	LOG GUMBEL
	Δ tabular = 0.2667							
	Δ teorico							
	0.2038	0.1000	0.0794	0.0864	0.1036	NO SE AJUSTA	0.1746	0.1703
2	14.06	7.02	8.08	9.07	8.24		11.23	5.64
5	28.57	21.50	20.46	22.90	23.73		26.46	18.28
10	36.16	38.61	32.56	33.70	36.07		36.55	39.80
25	44.25	72.06	52.98	48.10	52.76		49.30	106.36
50	49.48	107.83	72.34	59.24	65.56		58.75	220.53
100	54.18	154.94	95.59	70.33	78.44		68.14	454.82
200	58.48	215.88	123.26	81.42	91.35		77.49	935.53
500	63.69	322.67	167.57	96.01	108.36		89.83	2422.67

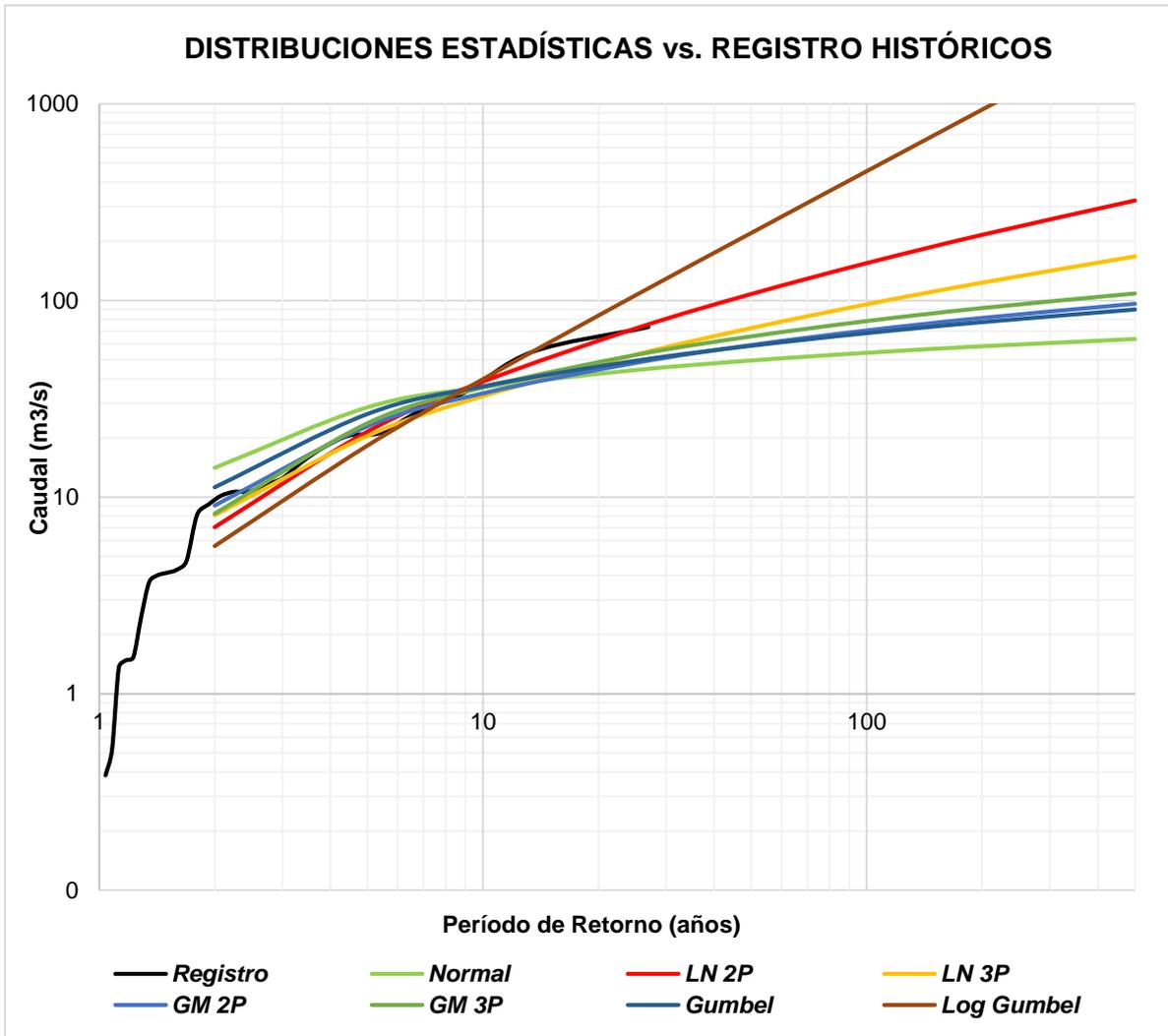


Figura 3: Distribución estadística VS Resumen histórico

ANEXO N° 03.01 REGISTROS DEL ANA

CAUDALES MÁXIMOS DIARIOS MENSUALES ANUALES (m³/s)

Nombre de Estación: ZAPATERO Río: CASCAJAL Región: LAMBAYEQUE Latitud Sur: -5.93042

Código de Estación: P67780009 Cuenca: Cuenca Cascajal Provincia: LAMBAYEQUE Longitud Oeste: -79.76611

Tipo de Estación: HIDROMÉTRICA Prefijoletter: P6778 Distrito: OLMOS Altitud:

ANO	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1993	SD	SD	SD	SD	SD	SD	0.160	0.160	0.160	0.112	0.080	0.083
1994	0.068	0.376	SD	1.536	0.619	SD	0.302	0.278	0.147	0.134	0.125	0.060
1995	0.071	0.159	0.185	0.125	0.111	0.085	0.079	0.067	0.083	0.097	0.094	0.037
1996	0.000	0.000	0.058	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1997	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.052
1998	1.335	52.121	73.241	54.896	16.297	1.363	0.779	0.752	0.491	0.711	0.623	0.700
1999	0.543	5.198	10.514	4.656	4.408	1.739	0.679	0.338	0.471	0.600	0.458	0.306
2000	0.296	0.480	4.721	2.025	1.084	0.520	0.458	0.395	0.351	0.268	0.180	0.252
2001	0.555	0.533	4.125	3.768	0.948	0.926	0.807	0.746	0.515	0.382	0.347	0.304
2002	0.211	0.696	10.161	20.596	3.462	1.578	1.103	0.866	0.521	0.429	0.386	0.385
2003	0.381	0.583	0.474	0.282	0.187	0.193	0.183	0.056	0.127	0.097	0.093	0.116
2004	0.101	0.095	0.063	0.054	0.052	0.050	0.060	0.000	0.042	0.026	0.000	0.000
2005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.000	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
2006	0.000	0.000	1.124	0.428	0.067	0.058	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2007	0.000	0.000	0.137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2008	0.029	4.009	5.523	10.649	2.196	1.052	0.770	0.526	0.386	0.271	0.194	0.103
2009	0.602	4.262	9.182	3.042	1.425	0.918	0.838	0.551	0.323	0.201	0.103	0.098
2010	0.000	0.000	0.137	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2011	0.060	0.102	0.023	0.085	0.081	0.049	0.045	0.014	0.002	0.009	0.013	0.000
2012	0.027	5.623	10.661	3.701	1.417	0.768	0.766	0.520	0.271	0.158	0.102	0.035
2013	0.053	0.060	0.058	0.111	0.050	0.030	0.030	0.028	0.006	0.004	0.000	0.000
2014	SD	SD	SD	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2015	0.00	0.00	2.45	1.09	0.20	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2016	0.00	0.25	0.54	0.62	0.21	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2017	0.00	0.74	15.09	6.62	2.03	1.48	1.21	0.95	0.72	0.47	SD	SD
2018	0.290	0.27	0.26	0.47	0.18	0.18	0.18	0.18	0.16			

SD: SIN DATO REGISTRADO

m	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SETIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Q max (m3/s)
1	0.0680	0.376	0.185	1.536	0.619	0.085	0.619	0.160	0.160	0.112	0.080	0.083	1.5360
2	0.0710	0.159	0.058	0.125	0.111	1.363	0.111	0.278	0.147	0.134	0.125	0.060	1.3630
3	1.3350	52.121	73.241	0.021	16.297	1.739	16.297	0.067	0.083	0.097	0.094	0.037	73.2410
4	0.5430	5.198	10.514	54.896	4.408	0.520	4.408	0.752	0.491	0.711	0.623	0.052	54.8960
5	0.2960	0.48	4.721	4.656	1.084	0.926	1.084	0.338	0.471	0.600	0.458	0.700	4.7210
6	0.5550	0.533	4.125	2.025	0.948	1.578	0.948	0.395	0.351	0.268	0.180	0.306	4.1250
7	0.2110	0.696	10.161	3.768	3.462	0.193	3.462	0.746	0.515	0.382	0.347	0.252	10.1610
8	0.3810	0.583	0.474	20.596	0.187	0.050	0.187	0.866	0.521	0.429	0.386	0.304	20.5960
9	0.1010	0.095	0.063	0.282	0.052	0.058	0.052	0.056	0.127	0.097	0.093	0.385	0.3850
10	0.0290	4.009	1.124	0.054	0.004	1.052	0.004	0.075	0.042	0.026	0.194	0.116	4.0090
11	0.6020	4.262	0.137	0.428	0.067	0.918	0.067	0.526	0.386	0.271	0.103	0.103	4.2620
12	0.0600	0.102	5.523	10.649	2.196	0.049	2.196	0.551	0.323	0.201	0.013	0.098	10.6490
13	0.0270	5.623	9.182	3.042	1.425	0.768	1.425	0.014	0.002	0.009	0.102	0.035	9.1820
14	0.0530	0.06	0.137	0.085	0.081	0.030	0.081	0.520	0.271	0.158	0.160	0.160	0.5200
15	0.2900	0.25	0.023	3.701	1.417	0.100	1.417	0.028	0.006	0.004	0.0456	0.2974	3.7010
16	0.0023	0.74	10.661	0.111	0.050	0.020	0.050	0.950	0.720	0.470	0.2154	0.1171	10.6610
17	0.3284	0.27	0.058	1.090	0.200	1.480	0.200	0.180	0.160	0.160	0.325	0.2435	1.4800
18	0.2453	2.19	2.450	0.620	0.210	0.180	0.210	0.3721	0.2637	0.0589	0.1523	0.1717	2.4500
19	0.2051	8.1472	0.540	6.620	2.030	0.9162	2.030	0.0881	0.437	0.1132	0.1113	0.2991	8.1472
20	0.1101	0.5543	15.090	0.470	0.180	1.2501	0.180	0.5102	0.0028	0.3924	0.1848	0.1648	15.0900
21	0.0525	3.6184	0.260	1.9217	11.5518	0.2722	0.6665	0.1252	0.1735	0.3223	0.0352	0.3594	11.5518
22	0.3302	4.4163	26.9921	0.6098	3.4453	0.225	11.3496	0.6563	0.5355	0.1035	0.1079	0.7075	26.9921
23	0.0767	6.4181	1.0621	17.9733	0.7254	1.0143	4.8236	1.0489	0.0765	0.0042	0.4136	0.2273	17.9733
24	0.1006	2.293	0.5327	34.2104	1.7296	1.1834	4.183	0.5175	0.4718	0.3721	0.4819	0.3836	34.2104
25	1.1365	3.6984	19.6443	21.2069	2.0681	1.9368	0.2225	0.2827	0.1734	0.5488	0.1191	0.0788	21.2069
26	0.2007	12.4543	4.162	1.2528	1.2941	1.4855	0.2568	0.4679	0.1263	0.5437	0.0959	0.0946	12.4543

Nota:

Indica celda de los caudales completados con el Modelo Markoviano Autoregresivo de 1º Orden (AR 1).

ANÁLISIS DE CONSISTENCIA - ESTACIÓN ZAPATERO - CUENCA DEL RÍO CASCAJAL

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

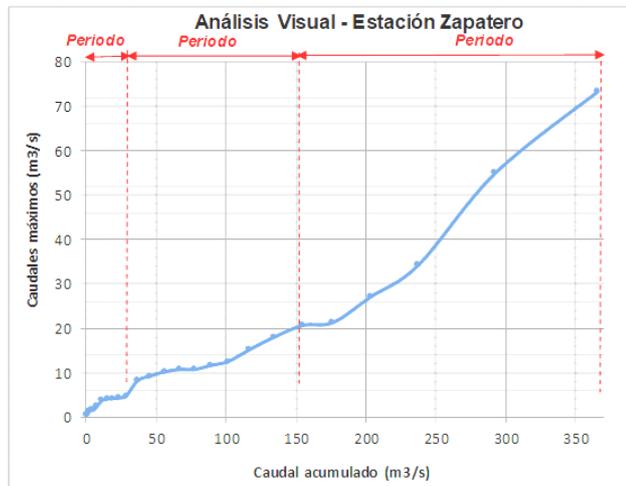
DESCARGAS MÁXIMAS ANUALES - ESTACIÓN ZAPATERO (m³/s)

Año	Q máx	Año	Q máx
1993	1.5360	2011	8.1472
1994	1.3630	2012	15.0900
1995	73.2410	2013	11.5518
1996	54.8960	2014	26.9921
1997	4.7210	2015	17.9733
1998	4.1250	2016	34.2104
1999	10.1610	2017	21.2069
2000	20.5960	2018	12.4543
2001	0.3850		
2002	4.0090		
2003	4.2620		
2004	10.6490		
2005	9.1820		
2006	0.5200		
2007	3.7010		
2008	10.6610		
2009	1.4800		
2010	2.4500		

I. ANÁLISIS VISUAL - ESTACIÓN ZAPATERO

DESCARGAS MÁXIMAS ANUALES - ESTACIÓN ZAPATERO (m³/s)

m (orden)	Q máx	Q Acum	m (orden)	Q máx	Q Acum
1	0.3850	0.3850	15	10.65	66.69
2	0.5200	0.9050	16	10.66	77.35
3	1.3630	2.2680	17	11.55	88.90
4	1.4800	3.7480	18	12.45	101.36
5	1.5360	5.2840	19	15.09	116.45
6	2.4500	7.7340	20	17.97	134.42
7	3.7010	11.4350	21	20.60	155.02
8	4.0090	15.4440	22	21.21	176.22
9	4.1250	19.5690	23	26.99	203.22
10	4.2620	23.8310	24	34.21	237.43
11	4.7210	28.5520	25	54.90	292.32
12	8.1472	36.6992	26	73.24	365.56
13	9.1820	45.8812			
14	10.1610	56.0422			



PERIODOS DE CORRECCIÓN PARA ANÁLISIS DE CONSISTENCIA - ESTACIÓN ZAPATERO

PERIODO 1	
m	Q máx
1	0.3850
2	0.5200
3	1.3630
4	1.4800
5	1.5360
6	2.4500
7	3.7010
8	4.0090
9	4.1250
10	4.2620
11	4.7210
N1 =	11.00

PERIODO 2	
m	Q máx
12	8.1472
13	9.1820
14	10.1610
15	10.6490
16	10.6610
17	11.5518
18	12.4543
19	15.0900
20	17.9733
21	20.5960
N2 =	10.00

PERIODO 3	
m	Q máx
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.8960
26	73.2410
N3 =	5.00

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

II. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.1. ANÁLISIS DE SALTOS P1 y P2

2.1.1. Consistencia de la Media

A. Cálculo de la media y la desviación estándar para las submuestras según:

$$\bar{x}_1 = \frac{1}{n_1} \sum_{i=1}^{n_1} x_i \quad S_1(x) = \left[\frac{1}{n_1 - 1} \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\bar{x}_2 = \frac{1}{n_2} \sum_{j=1}^{n_2} x_j \quad S_2(x) = \left[\frac{1}{n_2 - 1} \sum_{j=1}^{n_2} (x_j - \bar{x}_2)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

Donde:

x_i : Valores de la serie del periodo 1

x_j : Valores de la serie del periodo 2

n_1, n_2 : Tamaño de las submuestras.

\bar{x}_1, \bar{x}_j : Media de los periodos 1 y 2.

$S_1, S_2(x)$: Desviación estándar de los periodos 1 y 2.

n : Tamaño de la muestra ($n_1 + n_2$)

Periodos de análisis para consistencia P1 y P2

PERIODO 1	
m	Q máx
1	0.3850
2	0.5200
3	1.3630
4	1.4800
5	1.5360
6	2.4500
7	3.7010
8	4.0090
9	4.1250
10	4.2620
11	4.7210
N1 =	11.00

PERIODO 2	
m	Q máx
12	8.1472
13	9.1820
14	10.1610
15	10.6490
16	10.6610
17	11.5518
18	12.4543
19	15.0900
20	17.9733
21	20.5960
N2 =	10.00

Cálculo de la media:

Periodo 1: \bar{x}_1 : 2.596 m³/s

Periodo 2: \bar{x}_2 : 12.647 m³/s

Cálculo de la desviación estándar:

Periodo 1: $s_1(x)$: 1.611 m³/s

Periodo 2: $s_2(x)$: 4.016 m³/s

PERIODO 1	
$x_1 - \bar{x}_1$	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$
-2.211	4.887
-2.076	4.308
-1.233	1.519
-1.116	1.245
-1.060	1.123
-0.146	0.021
1.105	1.222
1.413	1.998
1.529	2.339
1.666	2.777
2.125	4.517
$\Sigma(x_1 - \bar{x}_1)^2$	13.082

PERIODO 2	
$x_2 - \bar{x}_2$	$(x_2 - \bar{x}_2)^2$
-4.499	20.244
-3.465	12.003
-2.486	6.178
-1.998	3.990
-1.986	3.942
-1.095	1.198
-0.192	0.037
2.443	5.970
5.327	28.374
7.949	63.194
$\Sigma(x_2 - \bar{x}_2)^2$	81.938

B. Cálculo del (tc) calculado según:

$$tc = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_{\bar{d}}}$$

Además: $S_{\bar{d}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2}$ y $S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2}$

Calculando:

Periodo 1 : $(n_1 - 1)S_1^2 = 25.956$
 Periodo 2: $(n_2 - 1)S_2^2 = 145.132$

$$S_p = \left[\frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \right]^{1/2} = 3.001 \quad S_{\bar{d}} = S_p \left[\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right]^{1/2} = 1.311$$

Hallando el "tc" calculado: **tc = 7.666**

C. Cálculo del t tabular Tt:

Usando la Tabla t de Student según el nivel de significancia y los G.L tenemos:

Para los grados de libertad: **G.L (v) = n1 + n2 - 2**
G.L (v) = 19.00

Con un nivel de significancia: **α = 0.050**
α / 2 = 0.025

Tt = 2.093

D. Comparación del tc con el tt:

Si $|tc| \leq tt$ (95%) : $\bar{x}_1 = \bar{x}_2$ (Estadísticamente)

En este caso, siendo las medias iguales estadísticamente, no se debe realizar proceso de corrección.

Si $|tc| \geq tt$ (95%) : $\bar{x}_1 \neq \bar{x}_2$ (Estadísticamente)

En este caso, siendo las medias diferentes estadísticamente, se debe corregir la información.

tc	Tt (95%)	Resultado:
7.666	>	2.093
Corregir información		

2.1.2. Consistencia de la Desviación Estándar

A. Cálculo de las varianzas de ambos periodos

$$S_1^2 = \left(\frac{1}{n_1 - 1} \right) \sum_{i=1}^{n_1} (x_i - \bar{x}_1)^2$$

Periodo 1 : $S_1^2(x) = 1.308$

Periodo 2: $S_2^2(x) = 9.104$

B. Cálculo del F calculando (Fc) según:

$F_c = \frac{S_1^2(x)}{S_2^2(x)}$, si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$

$F_c = \frac{S_2^2(x)}{S_1^2(x)}$, si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$

Fc = 6.959

c) Cálculo del f tabular:

G.L.N = n1 - 1 } , si: $S_1^2(x) > S_2^2(x)$

G.L.D = n2 - 1 } , si: $S_2^2(x) > S_1^2(x)$

Tenemos que:

G.L.N = 9.00

G.L.D = 10.00

Se obtiene de la Tabla A.4 para una probabilidad de 95%, un nivel de significancia $\alpha=0.05$

Ft = 3.020

d) Comparación del Fc y Ft:

Si $F_c \leq F_t$ (95%), $S_1(x) = S_2(x)$ (Estadísticamente)

Si $F_c \geq F_t$ (95%), $S_1(x) \neq S_2(x)$ (Estadísticamente), por lo que se debe corregir.

Fc	Ft	Resultado:
6.959	< 3.020	Corregir información

2.1.3. Corrección de los datos

Corrección para datos del Periodo 1 :

$$X'(t) = \frac{x_t - \bar{x}_1}{S_1(x)} \cdot S_2(x) + \bar{x}_2$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_1 &= 2.596 \\ S_1(x) &= 1.611 \end{aligned}$$

Corrección para datos del Periodo 2 :

$$X'(t) = \frac{x_t - \bar{x}_2}{S_2(x)} \cdot S_1(x) + \bar{x}_1$$

$$\begin{aligned} \bar{x}_2 &= 12.647 \\ S_2(x) &= 4.016 \end{aligned}$$

Dónde:

$X(t)$: Valor corregido de saltos
 x_t : Valor a ser corregido.

Corrección de los datos Periodo 1

Debido a que los datos calculados por la media y desviación estándar en ambos periodos son estadísticamente diferentes $S_1(x) \neq S_2(x)$, se corrige la información original por no ser consistente con el 95 % de probabilidad.

PERIODO 1		
m	Año	Q Corr.
1	1993	7.136
2	1994	7.473
3	1995	9.574
4	1996	9.866
5	1997	10.005
6	1998	12.284
7	1999	15.402
8	2000	16.169
9	2001	16.459
10	2002	16.800
11	2003	17.944
N =		11.00

PERIODO 1	
$x_1 - \bar{x}_1$	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$
-5.510	30.362
-5.174	26.767
-3.072	9.440
-2.781	7.733
-2.641	6.976
-0.363	0.132
2.755	7.591
3.523	12.411
3.812	14.532
4.154	17.252
5.298	28.064
$\Sigma(x_1 - \bar{x}_1)^2$	161.257

Media:

P1 Correg. \bar{x}_1 : 12.65

Desviación estándar:

P1 Correg. $s_1(x)$: 4.02

Comparando con la media y la desviación estándar del periodo 2 sin corregir:

Media:

P2 \bar{x}_2 : 12.65

Desviación estándar:

P2 $s_2(x)$: 4.02

Iguals estadísticamente

Sin embargo debido a que exceden hasta en 4 veces los caudales estadísticamente corregidos con respecto a los caudales iniciales, se decide NO CORREGIR LA INFORMACIÓN. Finalmente tal y como se demostrará en la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov - Smimov (K-S) el delta tabular (Δ_t) en menor que el delta crítico (Δ_0) para $P = 95\%$ para los caudales iniciales y los completados con el Modelo Markoviano Autoregresivo de 1º Orden (AR 1).

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

II. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

2.2. ANÁLISIS DE TENDENCIAS

ti	Q=Tm	ti.Tm
1	0.3850	0.39
2	0.5200	1.04
3	1.3630	4.09
4	1.4800	5.92
5	1.5360	7.68
6	2.4500	14.70
7	3.7010	25.91
8	4.0090	32.07
9	4.1250	37.13
10	4.2620	42.62
11	4.7210	51.93
12	8.1472	97.77
13	9.1820	119.37
14	10.1610	142.25
15	10.6490	159.74
16	10.6610	170.58
17	11.5518	196.38
18	12.4543	224.18
19	15.0900	286.71
20	17.9733	359.47
21	20.5960	432.52
22	21.2069	466.55
23	26.9921	620.82
24	34.2104	821.05
25	54.8960	1372.40
26	73.2410	1904.27

- a. N = 26.00 c. ΣTm= 365.564
b. Σti = 351.00 d. Σti.Tm= 7597.502

2.3.1. Tendencia en la media

$$Tm = Am + Bm.t$$

A. Cálculo de los parametros de la ecuación de regresión lineal simple

$Am = \bar{Tm} - \bar{t}.Bm$ $Bm = R \cdot \frac{Stm}{St}$ $R = \frac{\bar{t}.Tm - \bar{t}.\bar{Tm}}{St.STm}$	<p>Dónde:</p> $\bar{Tm} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Tmi = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X'(t)i$ $\bar{t} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Ti$ $\bar{t}.Tm = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ti.Tmi$
---	--

a. Coeficiente de correlación R:

$$R = \frac{\bar{t}.Tm - \bar{t}.\bar{Tm}}{St.STm}$$

Media de t: $\bar{t} = 13.500$ Desv. Estándar S(t) = 7.65

Media de Tm: $\bar{Tm} = 14.060$ Desv. Estándar S(Tm)= 17.24

Media t.Tm: $\bar{t}.Tm = 292.212$ **Coef. Correlación R = 0.777**

b. Parámetro Bm: $Bm = R \cdot \frac{Stm}{St}$ **Parámetro "Bm" = 1.750**

c. Parámetro Am: $Am = \bar{Tm} - \bar{t}.Bm$ **Parámetro "Am" = -9.571**

Ecuación de regresión lineal simple:

$$Tm = Am + Bm.t$$

$$Tm = -9.571 + 1.750 t$$

B. Evaluación de la tendencia Tm:

1. Cálculo del Tc estadístico según:

$$Tc = \frac{R\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R^2}} = 6.038$$

2. Cálculo de Tt:

Usando la Tabla t de Student según el nivel de significancia y los G.L tenemos:

$$G.L = n-2 \rightarrow G.L = 24.00 \quad \alpha/2 = 0.025$$

$$Tt = 2.0639$$

3. Comparación del Tc con Tt:

Si $|Tc| \leq Tt$ (95%): R no es significativo, en este caso la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

Si $|Tc| \geq Tt$ (95%): R sí es significativo, en este caso la tendencia no es significativa y no hay que corregir.

Luego:

Tc	Tt(95%)	Resultado:
6.0378	> 2.0639	Corregir información

C. Corrección de la información:

$$Y_t = X'_t - (A_m + B_m * t) + \overline{T_m}$$

Donde:

- X't : Serie corregida de saltos
- Tm : Tendencias en la media
- Yt : Serie sin tendencia en la media
- $\overline{T_m}$: Promedio de la tendencia en la media

$$Tm = -9.571 + 1.750 t$$

Finalmente:

ti	Tm	X't	Yt	Año	Q (m3/s)
1	-7.82	0.39	22.27	1993	22.27
2	-6.07	0.52	20.65	1994	20.65
3	-4.32	1.36	19.74	1995	19.74
4	-2.57	1.48	18.11	1996	18.11
5	-0.82	1.54	16.41	1997	16.41
6	0.93	2.45	15.58	1998	15.58
7	2.68	3.70	15.08	1999	15.08
8	4.43	4.01	13.64	2000	13.64
9	6.18	4.13	12.00	2001	12.00
10	7.93	4.26	10.39	2002	10.39
11	9.68	4.72	9.10	2003	9.10
12	11.43	8.15	10.77	2004	10.77
13	13.18	9.18	10.06	2005	10.06
14	14.94	10.16	9.29	2006	9.29
15	16.69	10.65	8.02	2007	8.02
16	18.44	10.66	6.28	2008	6.28
17	20.19	11.55	5.43	2009	5.43
18	21.94	12.45	4.58	2010	4.58
19	23.69	15.09	5.46	2011	5.46
20	25.44	17.97	6.60	2012	6.60
21	27.19	20.60	7.47	2013	7.47
22	28.94	21.21	6.33	2014	6.33
23	30.69	26.99	10.36	2015	10.36
24	32.44	34.21	15.83	2016	15.83
25	34.19	54.90	34.77	2017	34.77
26	35.94	73.24	51.36	2018	51.36

2.3.1. Tendencia en la desviación estándar

Nota: Cuando se trabajan con datos anuales, no hay necesidad de realizar el análisis de la tendencia en la desviación estándar (Villón M, 2005; pp 323).

Sin embargo debido a que exceden hasta en 4 veces los caudales estadísticamente corregidos con respecto a los caudales iniciales se decide NO CORREGIR LA INFORMACIÓN. Finalmente tal y como se demostrará en la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov Smimov (K-S) el delta tabular (Δ_t) en menor que el delta crítico (Δ_0) para P = 95% para los caudales iniciales y los completados con el Modelo Markoviano Autoregresivo de 1º Orden (AR 1).

PRUEBAS DE BONDAD DE AJUSTE "K-S" - ESTACIÓN ZAPATERO - CUENCA DEL RÍO CASCAJAL

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

m	X = Qmáx	P = $\frac{m}{n+1}$	P(%)	X - \bar{X}	(X - \bar{X}) ²	Z = $\frac{X - \bar{X}}{S}$	F(z)	Δ = F(z) - P(x)
1	0.3850	0.04	3.70	-13.675	187.010	-0.79319	0.2138	0.1768
2	0.5200	0.07	7.41	-13.540	183.336	-0.78535	0.2161	0.1420
3	1.3630	0.11	11.11	-12.697	161.218	-0.73646	0.2307	0.1196
4	1.4800	0.15	14.81	-12.580	158.260	-0.72967	0.2328	0.0846
5	1.5360	0.19	18.52	-12.524	156.854	-0.72642	0.2338	0.0486
6	2.4500	0.22	22.22	-11.610	134.796	-0.67341	0.2503	0.0281
7	3.7010	0.26	25.93	-10.359	107.312	-0.60085	0.2740	0.0147
8	4.0090	0.30	29.63	-10.051	101.026	-0.58299	0.2800	0.0163
9	4.1250	0.33	33.33	-9.935	98.707	-0.57626	0.2822	0.0511
10	4.2620	0.37	37.04	-9.798	96.004	-0.56831	0.2849	0.0855
11	4.7210	0.41	40.74	-9.339	87.220	-0.54169	0.2940	0.1134
12	8.1472	0.44	44.44	-5.913	34.963	-0.34296	0.3658	0.0786
13	9.1820	0.48	48.15	-4.878	23.796	-0.28294	0.3886	0.0929
14	10.1610	0.52	51.85	-3.899	15.203	-0.22616	0.4105	0.1080
15	10.6490	0.56	55.56	-3.411	11.636	-0.19785	0.4216	0.1340
16	10.6610	0.59	59.26	-3.399	11.554	-0.19716	0.4219	0.1707
17	11.5518	0.63	62.96	-2.508	6.292	-0.14549	0.4422	0.1875
18	12.4543	0.67	66.67	-1.606	2.579	-0.09314	0.4629	0.2038
19	15.0900	0.70	70.37	1.030	1.061	0.05973	0.5238	0.1799
20	17.9733	0.74	74.07	3.913	15.313	0.22697	0.5898	0.1510
21	20.5960	0.78	77.78	6.536	42.717	0.37909	0.6477	0.1301
22	21.2069	0.81	81.48	7.147	51.076	0.41452	0.6608	0.1541
23	26.9921	0.85	85.19	12.932	167.235	0.75008	0.7734	0.0785
24	34.2104	0.89	88.89	20.150	406.032	1.16875	0.8787	0.0101
25	54.8960	0.93	92.59	40.836	1667.566	2.36856	0.9911	0.0651
26	73.2410	0.96	96.30	59.181	3502.373	3.43260	0.9997	0.0367
Nº datos:	26.00				7431.1391			

a. Cálculo de la media

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

$\bar{X} = 14.060$

b. Desviación estándar

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{N - 1}}$$

S = 17.241

**Tabla 5.3. Valores críticos de Δo del estadístico Smirnov .
Kolmogorov Δ, para varios valores de N y niveles de
significación α.**

Tamaño N	Nivel de significación α				
	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.332	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.2	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
N > 35	1.07 \sqrt{N}	1.14 \sqrt{N}	1.22 \sqrt{N}	1.36 \sqrt{N}	1.63 \sqrt{N}

Fuente: M. Villon - Hidrología Estadística. Tabla 5.3

c. Ahora verificaremos si el ajuste es correcto, para lo cual utilizaremos la tabla 5.3

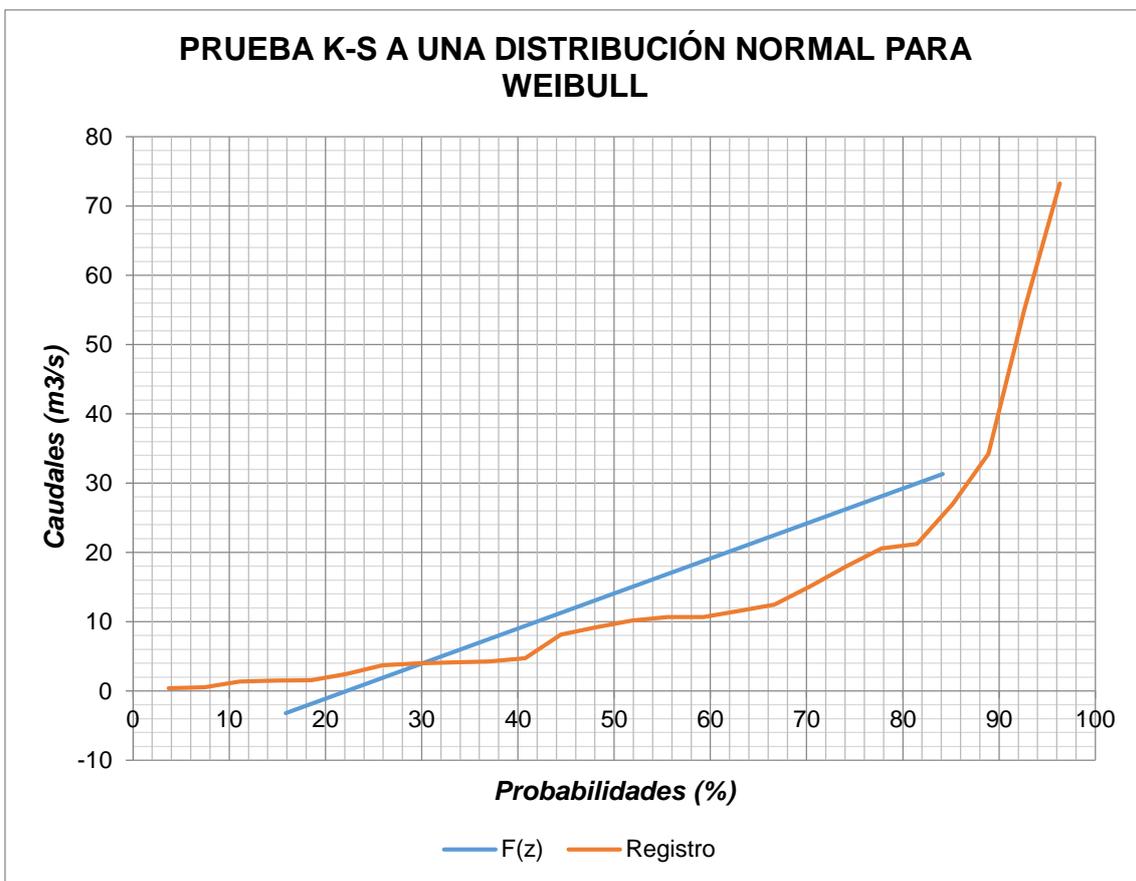
$\Delta_{max} =$	0.2038
Nº datos:	26.00
Nivel de signif. " α "	0.05

$\Delta_{max} < \Delta_{crítico}$
 0.2038 < 0.2667

EL AJUSTE ES CORRECTO

d. Gráfica prueba de bondad de ajuste

Xi (m3/s)	F(Z)=P %
31.30	84.13
14.06	50.00
-3.18	15.87



DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS - ESTACIÓN ZAPATERO - CUENCA DEL RÍO CASCAJAL

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

m (orden)	Tr (años)	Q (m3/s)	DISTRIBUCIONES ESTADÍSTICAS							
			NORMAL	LN 2P	LN 3P	GM 2P	GM 3P	LP T III	GUMBEL	LOG GUMBEL
			Δ tabular = 0.2667							
			Δ teorico							
			0.2038	0.1000	0.0794	0.0864	0.1036		0.1746	0.1703
1	27.000	73.2410								
2	13.500	54.8960								
3	9.000	34.2104								
4	6.750	26.9921								
5	5.400	21.2069								
6	4.500	20.5960								
7	3.857	17.9733								
8	3.375	15.0900								
9	3.000	12.4543								
10	2.700	11.5518								
11	2.455	10.6610								
12	2.250	10.6490								
13	2.077	10.1610								
14	1.929	9.1820								
15	1.800	8.1472								
16	1.688	4.7210								
17	1.588	4.2620								
18	1.500	4.1250								
19	1.421	4.0090								
20	1.350	3.7010								
21	1.286	2.4500								
22	1.227	1.5360								
23	1.174	1.4800								
24	1.125	1.3630								
25	1.080	0.5200								
26	1.038	0.3850								

Considerando:

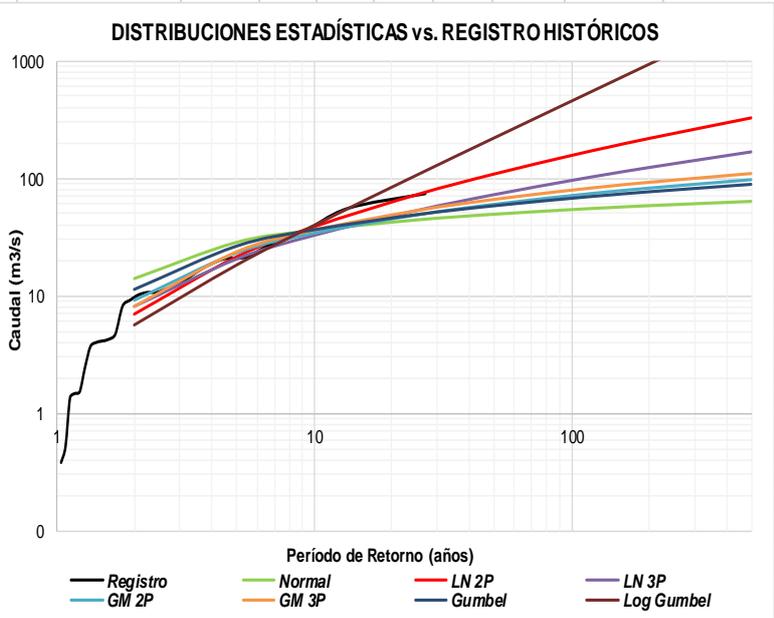
$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Según el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del MTC, recomienda para puentes:

R = 0.25 y n = 40 años, por lo cual:

Tr (años) = 139.49, escogiéndose

Tr (años) = 140



Para el cálculo de la socavación recomienda el mismo manual un Tr = 500 años.

Nota: Según los resultados mostrados, habrían dos opciones de escoger el caudal máximo, la primera sería en función del delta tabular (Δt) y el delta teórico (Δo), bajo esa condición el de menor Δo será el método que más se ajuste al registro histórico. Sin embargo existe la segunda opción que corresponde al graficar el registro histórico para cierta probabilidad empírica "P(x)" con respecto a todas la distribuciones estadísticas para los periodos de retorno considerados en el análisis.

Finalmente: Se escoge la distribución estadística de mejor ajuste con respecto al registro histórico (gráficamente) y también el criterio del delta teórico (Δo) menor entre todas la distribuciones, siendo en este caso la mejor distribución Logaritmo Normal de 2 parámetros.

ANEXO N° 03.02 RESULTADOS DE REGISTROS DE PRIMER ORDEN

Resultados Enero

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.068
2	0.071
3	1.335
4	0.543
5	0.296
6	0.555
7	0.211
8	0.381
9	0.101
10	0.029
11	0.602
12	0.06
13	0.027
14	0.053
15	0.29

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.3081

Varianza = 0.1223

Desviación estándar = 0.3498

Coefficiente de variación = 1.1351

Sesgo = 1.9721

Curtosis = 7.9512

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$$c_0 = 0.1142$$

$$c_1 = 0.0034$$

$$r_{o1} = 0.0301$$

$$Se = 0.3496$$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	0.0023
2	0.3284
3	0.2453
4	0.2051
5	0.1101
6	0.0525
7	0.3302
8	0.0767
9	0.1006
10	1.1365
11	0.2007

Parámetros estadísticos serie generada:

$$\text{Media} = 0.2535$$

$$\text{Varianza} = 0.0975$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.3123$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 1.2319$$

$$\text{Sesgo} = 2.6216$$

$$\text{Curtosis} = 10.8808$$

Resultados Febrero

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

N°	X
1	0.376
2	0.159
3	52.121
4	5.198
5	0.48
6	0.533
7	0.696
8	0.583
9	0.095
10	4.009
11	4.262
12	0.102
13	5.623
14	0.06
15	0.25
16	0.74
17	0.27

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 4.4445

Varianza = 154.7418

Desviación estándar = 12.4395

Coefficiente de variación = 2.7988

Sesgo = 3.9576

Curtosis = 18.5714

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$c_0 = 145.6393$

$c_1 = -2.9783$

$\rho_1 = -0.0204$

$Se = 12.4369$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	2.1900
2	8.1472
3	0.5543
4	3.6184
5	4.4163
6	6.4181
7	2.2930
8	3.6984
9	12.4543

Parámetros estadísticos serie generada:

Media = 4.8656

Varianza = 13.2814

Desviación estándar = 3.6444

Coefficiente de variación = 0.7490

Sesgo = 1.1827

Curtosis = 5.3069

Resultados Marzo

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.185
2	0.058
3	73.241
4	10.514
5	4.721
6	4.125
7	10.161
8	0.474
9	0.063
10	1.124
11	0.137
12	5.523
13	9.182
14	0.137
15	0.023
16	10.661
17	0.058
18	2.45
19	0.54
20	15.09
21	0.26

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 7.0822

Varianza = 251.4064

Desviación estandar = 15.8558

Coficiente de variación = 2.2388

Sesgo = 3.9731

Curtosis = 19.5720

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$c_0 = 239.4347$

$c_1 = -6.7993$

$\rho_1 = -0.0284$

$Se = 15.8494$

Serie de datos generados:

N°	X
1	26.9921
2	1.0621
3	0.5327
4	19.6443
5	4.1620

Parámetros estadísticos serie generada:

Media = 10.4787

Varianza = 146.0485

Desviación estandar = 12.0851

Coficiente de variación = 1.1533

Sesgo = 0.7560

Curtosis = 4.9157

Resultados Abril

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	1.536
2	0.125
3	0.021
4	54.896
5	4.656
6	2.025
7	3.768
8	20.596
9	0.282
10	0.054
11	0.428
12	10.649
13	3.042
14	0.085
15	3.701
16	0.111
17	1.09
18	0.62
19	6.62
20	0.47

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 5.7388

Varianza = 158.0899

Desviación estándar = 12.5734

Coefficiente de variación = 2.1910

Sesgo = 3.5429

Curtosis = 16.2355

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

c0 = 150.1854

c1 = -13.8342

ro1 = -0.0921

Se = 12.5199

Serie de datos generados:

Nº	X

1	1.9217
2	0.6098
3	17.9733
4	34.2104
5	21.2069
6	1.2528

Parámetros estadísticos serie generada:

Media = 12.8625

Varianza = 191.2197

Desviación estándar = 13.8282

Coefficiente de variación = 1.0751

Sesgo = 0.6500

Curtosis = 4.4019

Resultados Mayo

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.619
2	0.111
3	16.297
4	4.408
5	1.084
6	0.948
7	3.462
8	0.187
9	0.052
10	0.004
11	0.067
12	2.196
13	1.425
14	0.081
15	1.417
16	0.05
17	0.2
18	0.21
19	2.03
20	0.18

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 1.7514

Varianza = 13.2252

Desviación estándar = 3.6366

Coeficiente de variación = 2.0764

Sesgo = 3.7144

Curtosis = 17.6603

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$c_0 = 12.5639$

$c_1 = 1.2433$

$\rho_1 = 0.0990$

$\sigma_e = 3.6188$

Serie de datos generados:

N°	X
1	11.5518
2	3.4453
3	0.7254
4	1.7296
5	2.0681
6	1.2941

Parámetros estadísticos serie generada:

Media = 3.4691

Varianza = 16.5156

Desviación estándar = 4.0639

Coeficiente de variación = 1.1715

Sesgo = 2.1861

Curtosis = 9.5911

Resultados Junio

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.085
2	1.363
3	1.739
4	0.52
5	0.926
6	1.578
7	0.193
8	0.05
9	0.058
10	1.052
11	0.918
12	0.049
13	0.768
14	0.03
15	0.1
16	0.02
17	1.48
18	0.18

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.6172

Varianza = 0.3806

Desviación estándar = 0.6169

Coefficiente de variación = 0.9996

Sesgo = 0.5898

Curtosis = 2.2619

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$c_0 = 0.3594$

$c_1 = 0.0006$

$ro_1 = 0.0016$

$Se = 0.6169$

Serie de datos generados:

N°	X
1	0.9162
2	1.2501
3	0.2722
4	0.2250
5	1.0143
6	1.1834
7	1.9368
8	1.4855

Parámetros estadísticos serie generada:

Media = 1.0354

Varianza = 0.3338

Desviación estándar = 0.5778

Coefficiente de variación = 0.5580

Sesgo = -0.1402

Curtosis = 4.0322

Resultados Julio

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.619
2	0.111
3	16.297
4	4.408
5	1.084
6	0.948
7	3.462
8	0.187
9	0.052
10	0.004
11	0.067
12	2.196
13	1.425
14	0.081
15	1.417
16	0.05
17	0.2
18	0.21
19	2.03
20	0.18

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 1.7514

Varianza = 13.2252

Desviación estándar = 3.6366

Coeficiente de variación = 2.0764

Sesgo = 3.7144

Curtosis = 17.6603

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$c_0 = 12.5639$

$c_1 = 1.2433$

$\rho_1 = 0.0990$

$\sigma_e = 3.6188$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	0.6665
2	11.3496
3	4.8236
4	4.1830
5	0.2225
6	0.2568

Parámetros estadísticos serie generada:

Media = 3.5837

Varianza = 18.6164

Desviación estándar = 4.3147

Coeficiente de variación = 1.2040

Sesgo = 1.3852

Curtosis = 6.8598

Resultados Agosto

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.16
2	0.278
3	0.067
4	0.752
5	0.338
6	0.395
7	0.746
8	0.866
9	0.056
10	0.075
11	0.526
12	0.551
13	0.014
14	0.52
15	0.028
16	0.95
17	0.18

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.3825

Varianza = 0.0974

Desviación estándar = 0.3121

Coefficiente de variación = 0.8159

Sesgo = 0.4530

Curtosis = 2.4015

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$$c_0 = 0.0917$$

$$c_1 = -0.0266$$

$$r_01 = -0.2901$$

$$Se = 0.2986$$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	0.3721
2	0.0881
3	0.5102
4	0.1252
5	0.6563
6	1.0489
7	0.5175
8	0.2827
9	0.4679

Parámetros estadísticos serie generada:

$$\text{Media} = 0.4521$$

$$\text{Varianza} = 0.085$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.2916$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 0.6450$$

$$\text{Sesgo} = 0.8624$$

$$\text{Curtosis} = 5.2840$$

Resultados Septiembre

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden

AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.16
2	0.147
3	0.083
4	0.491
5	0.471
6	0.351
7	0.515
8	0.521
9	0.127
10	0.042
11	0.386
12	0.323
13	0.002
14	0.271
15	0.006
16	0.72
17	0.16

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.2809

Varianza = 0.0452

Desviación estándar = 0.2127

Coefficiente de variación = 0.7571

Sesgo = 0.4088

Curtosis = 2.7217

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$$c_0 = 0.0426$$

$$c_1 = -0.0043$$

$$r_{o1} = -0.1022$$

$$Se = 0.2116$$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	0.2637
2	0.4370
3	0.0028
4	0.1735
5	0.5355
6	0.0765
7	0.4718
8	0.1734
9	0.1263

Parámetros estadísticos serie generada:

$$\text{Media} = 0.2512$$

$$\text{Varianza} = 0.0355$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.1884$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 0.7503$$

$$\text{Sesgo} = 0.3987$$

$$\text{Curtosis} = 2.8966$$

Resultados Octubre

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer Orden AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.112
2	0.134
3	0.097
4	0.711
5	0.6
6	0.268
7	0.382
8	0.429
9	0.097
10	0.026
11	0.271
12	0.201
13	0.009
14	0.158
15	0.004
16	0.47
17	0.16

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.2429

Varianza = 0.0437

Desviación estándar = 0.2091

Coefficiente de variación = 0.8611

Sesgo = 0.9400

Curtosis = 3.5257

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$$c_0 = 0.0412$$

$$c_1 = 0.0083$$

$$r_01 = 0.2021$$

$$Se = 0.2048$$

Serie de datos generados:

N°	X
1	0.0589
2	0.1132
3	0.3924
4	0.3223
5	0.1035
6	0.0042
7	0.3721
8	0.5488
9	0.5437

Parámetros estadísticos serie generada:

$$\text{Media} = 0.2732$$

$$\text{Varianza} = 0.0435$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.2086$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 0.7636$$

$$\text{Sesgo} = 0.0916$$

$$\text{Curtosis} = 2.5777$$

Resultados Noviembre

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer orden AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.08
2	0.125
3	0.094
4	0.623
5	0.458
6	0.18
7	0.347
8	0.386
9	0.093
10	0.194
11	0.103
12	0.013
13	0.102
14	0.16

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.2113

Varianza = 0.0307

Desviación estándar = 0.1751

Coefficiente de variación = 0.8288

Sesgo = 1.2689

Curtosis = 4.4069

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$$c0 = 0.0285$$

$$c1 = 0.0085$$

$$ro1 = 0.2972$$

$$Se = 0.1672$$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	0.0456
2	0.2154
3	0.3250
4	0.1523
5	0.1113
6	0.1848
7	0.0352
8	0.1079
9	0.4136
10	0.4819
11	0.1191
12	0.0959

Parámetros estadísticos serie generada:

$$\text{Media} = 0.1907$$

$$\text{Varianza} = 0.0207$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.1437$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 0.7538$$

$$\text{Sesgo} = 1.0685$$

$$\text{Curtosis} = 3.8239$$

Resultados Diciembre

Generación estocástica de series anuales con modelo Autoregresivo de Primer

Orden AR(1)

Serie de datos históricos X:

Nº	X
1	0.083
2	0.06
3	0.037
4	0.052
5	0.7
6	0.306
7	0.252
8	0.304
9	0.385
10	0.116
11	0.103
12	0.098
13	0.035
14	0.16

Parámetros estadísticos muestrales:

Media = 0.1922

Varianza = 0.0343

Desviación estándar = 0.1851

Coefficiente de variación = 0.9632

Sesgo = 1.7701

Curtosis = 6.8448

Parámetros del modelo autorregresivo AR(1):

$$c0 = 0.0318$$

$$c1 = 0.0071$$

$$ro1 = 0.2216$$

$$Se = 0.1805$$

Serie de datos generados:

Nº	X
1	0.2974
2	0.1171
3	0.2435
4	0.1717
5	0.2991
6	0.1648
7	0.3594
8	0.7075
9	0.2273
10	0.3836
11	0.0788
12	0.0946

Parámetros estadísticos serie generada:

$$\text{Media} = 0.2621$$

$$\text{Varianza} = 0.0297$$

$$\text{Desviación estándar} = 0.1724$$

$$\text{Coeficiente de variación} = 0.6579$$

$$\text{Sesgo} = 1.6079$$

$$\text{Curtosis} = 6.9403$$

ANEXO N° 03.03 RESULTADOS DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Resultados de distribución Normal
Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Serie de datos X:

Nº	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.2138	0.1731	0.1768
2	0.52	0.0741	0.2161	0.1755	0.1420
3	1.363	0.1111	0.2307	0.1909	0.1196
4	1.48	0.1481	0.2328	0.1931	0.0846
5	1.536	0.1852	0.2338	0.1942	0.0486
6	2.45	0.2222	0.2503	0.2120	0.0281
7	3.701	0.2593	0.2740	0.2378	0.0147
8	4.009	0.2963	0.2800	0.2444	0.0163
9	4.125	0.3333	0.2822	0.2469	0.0511
10	4.262	0.3704	0.2849	0.2499	0.0855
11	4.721	0.4074	0.2940	0.2600	0.1134
12	8.1472	0.4444	0.3658	0.3419	0.0786
13	9.182	0.4815	0.3886	0.3684	0.0929
14	10.161	0.5185	0.4105	0.3941	0.1080
15	10.649	0.5556	0.4216	0.4071	0.1340
16	10.661	0.5926	0.4219	0.4075	0.1707
17	11.5518	0.6296	0.4422	0.4314	0.1875
18	12.4543	0.6667	0.4629	0.4560	0.2038
19	15.09	0.7037	0.5238	0.5283	0.1799
20	17.9733	0.7407	0.5898	0.6062	0.1510
21	20.596	0.7778	0.6477	0.6737	0.1301
22	21.2069	0.8148	0.6608	0.6887	0.1541
23	26.9921	0.8519	0.7734	0.8134	0.0785
24	34.2104	0.8889	0.8787	0.9174	0.0101
25	54.896	0.9259	0.9911	0.9975	0.0651
26	73.241	0.9630	0.9997	1.0000	0.0367

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.2038, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución normal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_m)= 14.0602

Parámetro de escala (S)= 17.2408

Con momentos lineales:

Media lineal (X_l)= 14.0602

Desviación estándar lineal (S_l)= 14.5199

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 63.69

Resultados log-Pearson tipo III

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Pearson tipo III

Serie de datos X:

Nº	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.0000	0.0027	0.0370
2	0.52	0.0741	0.0000	0.0089	0.0741
3	1.363	0.1111	0.0000	0.0999	0.1111
4	1.48	0.1481	0.0000	0.1147	0.1481
5	1.536	0.1852	0.0000	0.1218	0.1852
6	2.45	0.2222	0.0000	0.2299	0.2222
7	3.701	0.2593	0.0000	0.3472	0.2593
8	4.009	0.2963	0.0000	0.3712	0.2963
9	4.125	0.3333	0.0000	0.3798	0.3333
10	4.262	0.3704	0.0000	0.3897	0.3704
11	4.721	0.4074	0.0000	0.4207	0.4074
12	8.1472	0.4444	0.0000	0.5819	0.4444
13	9.182	0.4815	0.0000	0.6147	0.4815
14	10.161	0.5185	0.0000	0.6415	0.5185
15	10.649	0.5556	0.0000	0.6535	0.5556
16	10.661	0.5926	0.0000	0.6538	0.5926
17	11.5518	0.6296	0.0000	0.6739	0.6296
18	12.4543	0.6667	0.0000	0.6921	0.6667
19	15.09	0.7037	0.0000	0.7357	0.7037
20	17.9733	0.7407	0.0000	0.7717	0.7407
21	20.596	0.7778	0.0000	0.7972	0.7778
22	21.2069	0.8148	0.0000	0.8024	0.8148
23	26.9921	0.8519	0.0000	0.8416	0.8519
24	34.2104	0.8889	0.0000	0.8740	0.8889
25	54.896	0.9259	0.0000	0.9227	0.9259
26	73.241	0.9630	0.0000	0.9437	0.9630

Ajuste con momentos ordinarios:

Los parámetros: X_0 , γ y β calculada por momentos ordinarios, son incorrectos, por lo que los datos no se ajustan a la distribución Log-Pearson tipo 3

Los 3 parámetros de la distribución Log-Pearson tipo 3:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= 8.1236

Parámetro de forma (γ)= 21.5629

Parámetro de escala (β)= -0.2863

Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X_{0l})= -2.6418

Parámetro de forma (γ_{ml})= 11.3248

Parámetro de escala (β_{ml})= 0.4054

Resultados distribución log-Gumbel

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Gumbel o distribución de Fréchet

Serie de datos X:

N°	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.0001	0.0004	0.0369
2	0.52	0.0741	0.0010	0.0025	0.0731
3	1.363	0.1111	0.0652	0.0822	0.0459
4	1.48	0.1481	0.0804	0.0985	0.0678
5	1.536	0.1852	0.0878	0.1064	0.0974
6	2.45	0.2222	0.2121	0.2311	0.0101
7	3.701	0.2593	0.3529	0.3657	0.0937
8	4.009	0.2963	0.3813	0.3924	0.0850
9	4.125	0.3333	0.3914	0.4019	0.0581
10	4.262	0.3704	0.4030	0.4128	0.0326
11	4.721	0.4074	0.4389	0.4466	0.0315
12	8.1472	0.4444	0.6148	0.6124	0.1703
13	9.182	0.4815	0.6482	0.6441	0.1667
14	10.161	0.5185	0.6749	0.6696	0.1564
15	10.649	0.5556	0.6868	0.6809	0.1312
16	10.661	0.5926	0.6870	0.6812	0.0944
17	11.5518	0.6296	0.7065	0.6999	0.0769
18	12.4543	0.6667	0.7239	0.7166	0.0572
19	15.09	0.7037	0.7645	0.7559	0.0608
20	17.9733	0.7407	0.7971	0.7877	0.0563
21	20.596	0.7778	0.8196	0.8099	0.0419
22	21.2069	0.8148	0.8242	0.8144	0.0094
23	26.9921	0.8519	0.8579	0.8481	0.0061
24	34.2104	0.8889	0.8852	0.8756	0.0037
25	54.896	0.9259	0.9257	0.9173	0.0003
26	73.241	0.9630	0.9432	0.9358	0.0198

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1703, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución log Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución log Gumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 1.3508

Parámetro de escala (alfa)= 1.0367

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ_l)= 1.3153

Parámetro de escala (alfal)= 1.0982

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 2422.67

Resultados distribución log-Normal de 3 parámetros

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 3 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	Z	F(Z)	Delta
1	0.385	0.0370	-1.7515	0.0399	0.0029
2	0.52	0.0741	-1.6705	0.0474	0.0267
3	1.363	0.1111	-1.2754	0.1011	0.0100
4	1.48	0.1481	-1.2312	0.1091	0.0390
5	1.536	0.1852	-1.2107	0.1130	0.0722
6	2.45	0.2222	-0.9250	0.1775	0.0447
7	3.701	0.2593	-0.6328	0.2634	0.0042
8	4.009	0.2963	-0.5724	0.2835	0.0128
9	4.125	0.3333	-0.5505	0.2910	0.0424
10	4.262	0.3704	-0.5253	0.2997	0.0707
11	4.721	0.4074	-0.4453	0.3280	0.0794
12	8.1472	0.4444	0.0075	0.5030	0.0586
13	9.182	0.4815	0.1117	0.5445	0.0630
14	10.161	0.5185	0.2011	0.5797	0.0612
15	10.649	0.5556	0.2428	0.5959	0.0404
16	10.661	0.5926	0.2438	0.5963	0.0037
17	11.5518	0.6296	0.3156	0.6239	0.0058
18	12.4543	0.6667	0.3835	0.6493	0.0173
19	15.09	0.7037	0.5586	0.7118	0.0081
20	17.9733	0.7407	0.7203	0.7643	0.0236
21	20.596	0.7778	0.8475	0.8016	0.0239
22	21.2069	0.8148	0.8749	0.8092	0.0056
23	26.9921	0.8519	1.1028	0.8649	0.0131
24	34.2104	0.8889	1.3290	0.9081	0.0192
25	54.896	0.9259	1.7855	0.9629	0.0370
26	73.241	0.9630	2.0662	0.9806	0.0176

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0794, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución log Normal 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución log normal:

Parámetro de posición (x_0)= -1.2037

Parámetro de escala (μ_y)= 2.2279

Parámetro de forma (S_y)= 1.0077

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 167.57

Resultados log-Normal de 2 parámetros

Ajuste de una serie de datos a la distribución log-Normal de 2 parámetros

Serie de datos X:

Nº	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.0145	0.0157	0.0225
2	0.52	0.0741	0.0251	0.0268	0.0489
3	1.363	0.1111	0.1088	0.1122	0.0023
4	1.48	0.1481	0.1208	0.1242	0.0274
5	1.536	0.1852	0.1265	0.1300	0.0587
6	2.45	0.2222	0.2142	0.2176	0.0080
7	3.701	0.2593	0.3150	0.3175	0.0557
8	4.009	0.2963	0.3366	0.3389	0.0403
9	4.125	0.3333	0.3445	0.3467	0.0112
10	4.262	0.3704	0.3536	0.3556	0.0168
11	4.721	0.4074	0.3826	0.3842	0.0248
12	8.1472	0.4444	0.5445	0.5438	0.1000
13	9.182	0.4815	0.5799	0.5787	0.0984
14	10.161	0.5185	0.6094	0.6079	0.0909
15	10.649	0.5556	0.6229	0.6212	0.0673
16	10.661	0.5926	0.6232	0.6215	0.0306
17	11.5518	0.6296	0.6459	0.6439	0.0163
18	12.4543	0.6667	0.6667	0.6644	0.0000
19	15.09	0.7037	0.7174	0.7146	0.0137
20	17.9733	0.7407	0.7601	0.7569	0.0194
21	20.596	0.7778	0.7908	0.7874	0.0130
22	21.2069	0.8148	0.7971	0.7936	0.0178
23	26.9921	0.8519	0.8444	0.8408	0.0075
24	34.2104	0.8889	0.8831	0.8797	0.0058
25	54.896	0.9259	0.9390	0.9362	0.0131
26	73.241	0.9630	0.9611	0.9589	0.0019

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1000, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución log Normal 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución log Normal:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de escala (μ_y)= 1.9492

Parámetro de forma (S_y)= 1.3297

Con momentos lineales:

Parámetro de escala (μ_{yl})= 1.9492

Parámetro de forma (S_{yl})= 1.3493

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 322.67

Resultados distribución Gumbel
Ajuste de una serie de datos a la distribución Gumbel

Serie de datos X:

N°	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.2116	0.1677	0.1746
2	0.52	0.0741	0.2150	0.1711	0.1409
3	1.363	0.1111	0.2360	0.1932	0.1249
4	1.48	0.1481	0.2390	0.1964	0.0908
5	1.536	0.1852	0.2404	0.1979	0.0552
6	2.45	0.2222	0.2640	0.2232	0.0418
7	3.701	0.2593	0.2972	0.2595	0.0379
8	4.009	0.2963	0.3055	0.2687	0.0092
9	4.125	0.3333	0.3086	0.2722	0.0247
10	4.262	0.3704	0.3123	0.2763	0.0581
11	4.721	0.4074	0.3247	0.2901	0.0827
12	8.1472	0.4444	0.4183	0.3961	0.0262
13	9.182	0.4815	0.4462	0.4281	0.0353
14	10.161	0.5185	0.4722	0.4580	0.0463
15	10.649	0.5556	0.4850	0.4727	0.0706
16	10.661	0.5926	0.4853	0.4730	0.1073
17	11.5518	0.6296	0.5083	0.4995	0.1213
18	12.4543	0.6667	0.5312	0.5256	0.1355
19	15.09	0.7037	0.5945	0.5977	0.1092
20	17.9733	0.7407	0.6573	0.6682	0.0835
21	20.596	0.7778	0.7080	0.7240	0.0698
22	21.2069	0.8148	0.7190	0.7359	0.0958
23	26.9921	0.8519	0.8069	0.8286	0.0449
24	34.2104	0.8889	0.8821	0.9030	0.0068
25	54.896	0.9259	0.9734	0.9824	0.0475
26	73.241	0.9630	0.9931	0.9963	0.0302

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1746, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gumbel, con un nivel de significación del 5%

Parámetros de la distribución Gumbel:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de posición (μ)= 6.3009

Parámetro de escala (alfa)= 13.4426

Con momentos lineales:

Parámetro de posición (μ_l)= 7.2383

Parámetro de escala (alfal)= 11.8185

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 89.83

Resultados distribución Gamma de 3 parámetros
Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 3 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.1434	0.0000	0.1064
2	0.52	0.0741	0.1528	0.0000	0.0787
3	1.363	0.1111	0.2066	0.0000	0.0955
4	1.48	0.1481	0.2136	0.0000	0.0654
5	1.536	0.1852	0.2169	0.0000	0.0317
6	2.45	0.2222	0.2673	0.0000	0.0451
7	3.701	0.2593	0.3284	0.0000	0.0692
8	4.009	0.2963	0.3423	0.0000	0.0460
9	4.125	0.3333	0.3475	0.0000	0.0141
10	4.262	0.3704	0.3534	0.0000	0.0169
11	4.721	0.4074	0.3730	0.0000	0.0344
12	8.1472	0.4444	0.4970	0.0000	0.0526
13	9.182	0.4815	0.5285	0.0000	0.0470
14	10.161	0.5185	0.5561	0.0000	0.0376
15	10.649	0.5556	0.5691	0.0000	0.0136
16	10.661	0.5926	0.5694	0.0000	0.0231
17	11.5518	0.6296	0.5921	0.0000	0.0375
18	12.4543	0.6667	0.6138	0.0000	0.0529
19	15.09	0.7037	0.6699	0.0000	0.0338
20	17.9733	0.7407	0.7213	0.0000	0.0194
21	20.596	0.7778	0.7606	0.0000	0.0172
22	21.2069	0.8148	0.7689	0.0000	0.0459
23	26.9921	0.8519	0.8338	0.0000	0.0181
24	34.2104	0.8889	0.8891	0.0000	0.0002
25	54.896	0.9259	0.9643	0.0000	0.0384
26	73.241	0.9630	0.9867	0.0000	0.0238

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.10636, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 3 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 3 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de localización (X_0)= -1.1294

Parámetro de forma (gamma)= 0.7762

Parámetro de escala (beta)= 19.569

Con momentos lineales:

Parámetro de localización (X_0)= 1.1763

Parámetro de forma (gamma)= 0.502

Parámetro de escala (beta)= 25.6639

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 108.36

Resultados distribución Gamma de 2 parámetros
Ajuste de una serie de datos a la distribución Gamma de 2 parámetros

Serie de datos X:

N°	X
1	0.385
2	0.52
3	1.363
4	1.48
5	1.536
6	2.45
7	3.701
8	4.009
9	4.125
10	4.262
11	4.721
12	8.1472
13	9.182
14	10.161
15	10.649
16	10.661
17	11.5518
18	12.4543
19	15.09
20	17.9733
21	20.596
22	21.2069
23	26.9921
24	34.2104
25	54.896
26	73.241

Cálculos del ajuste Smirnov Kolmogorov:

m	X	P(X)	G(Y) Ordinario	G(Y) Mom Lineal	Delta
1	0.385	0.0370	0.0430	0.0786	0.0060
2	0.52	0.0741	0.0553	0.0955	0.0188
3	1.363	0.1111	0.1224	0.1772	0.0113
4	1.48	0.1481	0.1308	0.1866	0.0173
5	1.536	0.1852	0.1348	0.1910	0.0504
6	2.45	0.2222	0.1955	0.2554	0.0268
7	3.701	0.2593	0.2683	0.3275	0.0090
8	4.009	0.2963	0.2847	0.3433	0.0116
9	4.125	0.3333	0.2908	0.3490	0.0425
10	4.262	0.3704	0.2979	0.3557	0.0724
11	4.721	0.4074	0.3210	0.3774	0.0864
12	8.1472	0.4444	0.4671	0.5091	0.0227
13	9.182	0.4815	0.5038	0.5412	0.0223
14	10.161	0.5185	0.5359	0.5691	0.0174
15	10.649	0.5556	0.5510	0.5822	0.0045
16	10.661	0.5926	0.5514	0.5825	0.0412
17	11.5518	0.6296	0.5776	0.6051	0.0520
18	12.4543	0.6667	0.6025	0.6265	0.0642
19	15.09	0.7037	0.6666	0.6815	0.0371
20	17.9733	0.7407	0.7243	0.7312	0.0164
21	20.596	0.7778	0.7677	0.7689	0.0100
22	21.2069	0.8148	0.7768	0.7768	0.0380
23	26.9921	0.8519	0.8464	0.8385	0.0054
24	34.2104	0.8889	0.9032	0.8910	0.0143
25	54.896	0.9259	0.9737	0.9632	0.0478
26	73.241	0.9630	0.9916	0.9856	0.0287

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.0864, es menor que el delta tabular 0.2667. Los datos se ajustan a la distribución Gamma de 2 parámetros, con un nivel de significación del 5%

Los 2 parámetros de la distribución Gamma:

Con momentos ordinarios:

Parámetro de forma (gamma)= 0.8485

Parámetro de escala (beta)= 16.5715

Con momentos lineales:

Parámetro de forma (gammal)= 0.6572

Parámetro de escala (betal)= 21.3935

Caudal de diseño:

El caudal de diseño para un periodo de retorno de 500 años, es 96.01

ANEXO N° 04 ESTUDIO HIDRÁULICO

ANEXO N° 04.01 CÁLCULO DEL ANCHO ESTABLE

DETERMINACIÓN DEL ANCHO ESTABLE DEL CAUCE

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

1. ANCHO ESTABLE RÍO CASCAJAL EN LAS INMEDIACIONES DEL PUENTE CASCAJAL

MÉTODO	PARÁMETROS	VALORES	ANCHO ESTABLE "B"												
1. MÉTODO DE PETITS $B = 4.44\sqrt{Q}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años.	Q= 182.62 m3/s	B = 60.00 m												
2. MÉTODO DE SIMONS Y HENDERSON $B = K_1\sqrt{Q}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. K1: Condiciones del fondo del cauce (Adimensional) Fondo y orillas de arena K1= 5.70 Fondo arena y orillas de mat. cohesivo K1= 4.20 Fondo y orillas de material cohesivo K1= 3.60 Fondo y orillas del cauce de grava K1= 2.90 Fondo arena y orillas de mat. No cohesi K1= 2.80	Q= 182.62 m3/s K1= 5.70	B= 77.03 m												
3. MÉTODO DE BLENCH $B = 1.81\left(\frac{F_b Q}{F_s}\right)^{1/2}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. Fb: Factor de fondo Fs: Factor de orilla Valores de Fb y Fs Material grueso Fb= 1.20 Material fino Fb= 0.80 Material suelto Fs= 0.10 Material ligeramente cohesivo Fs= 0.20 Material cohesivo Fs= 0.30	Q= 182.62 m3/s Fb= 1.20 Fs= 0.10	B= 84.73 m												
4. MÉTODO DE ALTUNIN $B = E\left(\frac{Q}{S^{1/2}}\right)^{\frac{3}{3+5m}}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. S: Pendiente del fondo del cauce m/m. m: Coeficiente del tipo de río (Adimensional) Ríos en zona montañosa m= 0.50 Cauces aluviales m= 1.00 Cauces arenosos m= 0.70 E: Coeficiente de altunin $E = (nK^{5/3})^{\frac{3}{3+5m}}$ n: Rugosidad del cauce K: Coeficiente de forma. Cauces en material aluvial K= 8 a 12 Ríos con orillas difícil de erosionar K= 3 a 5 Ríos con orillas erosionables K= 16 a 20 Valor práctico K= 10	Q= 182.62 m3/s S= 0.0033 m/m m= 0.70 E= 1.9 n= 0.04 K= 16	B= 78.97 m												
5. MÉTODO DE MAZA - CRUICKSHANK $B = \frac{0.37D_{84}^{0.261}K^{0.714}Q^{0.596}}{w_{50}^{0.406}\Delta^{0.19}g^{0.048}D_{35}^{0.095}Q_{BT}^{0.095}}$	Q: Caudal de diseño para un Tr de 140 años. D84: Diámetro de partículas menores al 84% del total (m). K: Coeficiente de forma de Altunin. w50: Velocidad de caída para partículas D50 (m/s). Δ : Densidad relativa de las partículas (Kg/m3). g: Aceleración de la gravedad (m/s2). D35: Diámetro de partículas menores al 35% del total (m). Qbt: Caudal de transporte de fondo total (m3/s).	Q= 182.62 m3/s D84= 0.000463 m K= 16 w50= 0.0817 m/s Δ = 1.679 g= 9.81 m/s2 D35= 0.000262 m Qbt= 0.1296 m3/s	B= 48.01 m												
6. RECOMENDACIÓN PRÁCTICA	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Q (m3/s)</th> <th>B (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3000</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>2400</td> <td>190</td> </tr> <tr> <td>1500</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>1000</td> <td>100</td> </tr> <tr> <td>500</td> <td>70</td> </tr> </tbody> </table> <p>Según el valor del caudal de diseño para un periodo de retorno Tr=140 años, se tienen los siguientes valores de B:</p>	Q (m3/s)	B (m)	3000	200	2400	190	1500	120	1000	100	500	70	Q= 182.62 m3/s	B= 70.00 m
Q (m3/s)	B (m)														
3000	200														
2400	190														
1500	120														
1000	100														
500	70														
ANCHO PROMEDIO			B= 69.790 m												

Finalmente se selecciona un ancho estable "B" de acuerdo a la zona en estudio, en este caso se toma la longitud total del puente que es :

B= 93.00m

ANEXO N° 04.02 CÁLCULO DE SOCAVACIÓN GENERAL

SOCAVACION GENERAL

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

1. METODO DE LISCHTVAN - LEVEDIEB

Es aquella producida en todo el ancho del cauce cuando ocurre una crecida debido al efecto hidráulico de un estrechamiento de la sección; para el cálculo se empleará el Método de Lischtván - Levedieb.

Cálculo de la profundidad de la socavación en suelos homogéneos:

Suelos cohesivos:

$$H_s = \left[\frac{a * h^{5/3}}{0.60 * w^{1.18} * \beta} \right]^{1/x+1}$$

Suelos no cohesivos:

$$H_s = \left[\frac{a * h^{5/3}}{0.68 * D^{0.28} * \beta} \right]^{1/x+1}$$

Donde:

$$\alpha = Q_d / (H_m^{5/3} B_e \mu)$$

Q_d = caudal de diseño (m³/seg)

B_e = ancho efectivo de la superficie del líquido en la sección transversal

μ = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1

H_m = profundidad media de la sección

x = exponente variable que depende del diámetro del material y se encuentra en la tabla N° 2

D_m = diámetro medio (en mm)

\emptyset = Factor de corrección por forma de transporte de sedimentos, generalmente es igual a 1.

h = H_o = Tirante antes de la erosión.

**TABLA N° 1
COEFICIENTE DE CONTRACCION, μ**

Velocidad media en la sección, en m/seg	Longitud libre entre dos estribos												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

**TABLA N° 2
VALORES DE X PARA SUELOS COHESIVOS Y NO COHESIVOS**

SUELOS COHESIVOS	
P. ESPECIFICO γ_d (Tn/m ³)	x
0.80	0.52
0.83	0.51
0.86	0.50
0.88	0.49
0.90	0.48
0.93	0.47
0.96	0.46
0.98	0.45
1.00	0.44
1.04	0.43
1.08	0.42
1.12	0.41
1.16	0.40
1.20	0.39
1.24	0.38
1.28	0.37
1.34	0.36
1.40	0.35
1.46	0.34
1.52	0.33
1.58	0.32
1.64	0.31
1.71	0.30
1.80	0.29
1.89	0.28
2.00	0.27

SUELOS NO COHESIVOS	
dm (mm)	x
0.05	0.43
0.15	0.42
0.50	0.41
1.00	0.40
1.50	0.39
2.50	0.38
4.00	0.37
6.00	0.36
8.00	0.35
10.00	0.34
15.00	0.33
20.00	0.32
25.00	0.31
40.00	0.30
60.00	0.29
90.00	0.28
140.00	0.27
190.00	0.26
250.00	0.25
310.00	0.24
370.00	0.23
450.00	0.22
570.00	0.21
750.00	0.20
1000.00	0.19

**TABLA N° 3
VALORES DEL COEFICIENTE β**

Periodo de retorno del gasto de diseño (en años)	Coficiente β
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
500	1.05

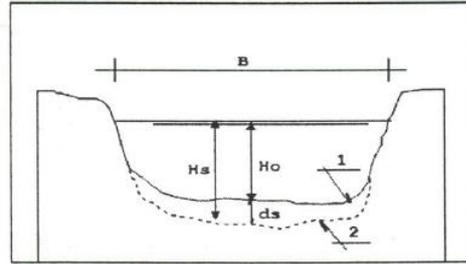
1. PUENTE CASCAJAL

a. Información Básica

Qd = 322.67 m ³ /s	
S% = 0.2700	Pendiente tramo
n = 0.0515	Rugosidad

Periodo de retorno	
Tr = 500 años	

Para puente se recomienda un periodo de retorno de 500 años para el cálculo de socavación; Manual de Hidrología



(1) - Perfil antes de la erosión.

(2) - Perfil después de la erosión

b. Sección estable o amplitud del cauce:

Según los métodos de Petits, Simons & Henderson, Blenches, Altunin y Maza; se concluye una sección estable de: B = 93.00 m

c. Tirante de diseño "t":

$$t = \left[\frac{Qd}{Ks * B * S^{0.5}} \right]^{3/5} \quad ks = \frac{1}{n}$$

Qd = 322.67 m ³ /s
S% = 0.27000
n = 0.0515

Tirante hidráulico teórico:

Ks = 19.417	Coef de rugosidad
t = 0.527 m	

d. Velocidad y Ajustes con HEC RAS:

De la sección principal y de acuerdo al caudal de diseño, se obtuvieron los siguientes parámetros:

$$Vm = Ks * Rh^{2/3} * S^{1/2}$$

A = Área hidráulica
P = Perímetro mojado
Rh = Radio hidráulico
Vm = Velocidad m/s

A = 185.01 m ²
P = 87.50 m
Yn = 1.20 m

Tirante

Velocidad m/s

Rh = 2.11 m
Vm = 1.74 m/s

ESTIMACION DE LA PROFUNDIDAD DE SOCAVACION

TIPO DE CAUCE: 2 (ver cuadro adjunto) →

CAUCE	TIPO
SUELO COHESIVO	1
SUELO NO COHESIVO	2

e. Cálculo de la socavación general en el cauce:

Hs = profundidad de socavación (m)	
Qd = caudal de diseño	322.67 m ³ /s (Tr = 500 años)
Be = ancho efectivo de la superficie de agua	93.00 m
Ho = tirante antes de la erosión	0.53 m
Vm = velocidad media en la sección	1.74 m/s
μ = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1	0.99
γ _d = peso específico del suelo del cauce	2.71 Tn/m ³
Dm = diámetro medio	3.55 mm
x = exponente variable. Ver tabla N° 2	0.37
Tr = Periodo de retorno del gasto de diseño	500.00 años
β = coeficiente que depende de la frecuencia del caudal de diseño. Ver tabla N° 3	1.05

$$a = \frac{Qd}{Hm^{5/3} * B * \mu}$$

Hm = profundidad media de la sección	0.53 m
a =	10.19

Entonces,

$$\boxed{Hs = 2.461 \text{ m}}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$\boxed{ds = 1.26 \text{ m}}$$

ANEXO N° 04.03 CÁLCULO DE SOCAVACIÓN LOCAL

SOCAVACION LOCAL

Tesis: "ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL-OLMOS ANTE MÁXIMAS AVENIDAS"

Tesista: Aguinaga Ramírez, Higeiny Adubel

1. PUENTE CASCAJAL

MÉTODO DE LIU, CHANG Y SKINNER

$$\frac{Y_s}{h} = K_f \left(\frac{L}{h}\right)^{0.4} Fr^{0.33}$$

Datos para determinar la socavación		
coef. corrección forma del estribo Kf	2.15	m
Longitud del estribo L	8.45	m
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	m
Número de Froude (subcrítico)	0.51	m

Resultados		
Socavacion local		
ys =	4.50	m

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}} \implies \frac{1.74}{\sqrt{9.81 \cdot 1.29}} \approx 0.507 \quad \text{Flujo subcritico} \quad Fr < 1$$

MÉTODO DE ARTAMONOV

$$H_T = K_\theta K_Q K_m h \quad H_T = K_\theta h$$

Datos para determinar la socavación		
KQ Coef. depende la relacion Q1/Qd	4.20	m
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	

Resultados		
Socavacion local		
Hs =	5.04	m

$$Q = V * A \implies 1.74 * 185.01 \approx 321.92$$

$$KQ = Q1/Qd \implies 321.92/322.6 \approx 0.998$$

MÉTODO DE HIRE

$$y_s = 4h \left(\frac{K_f}{0.55}\right) K_\theta Fr^{0.33}$$

Datos para determinar la socavación		
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	m
coef. corrección forma del estribo Kf	1.00	m
coef. corrección ángulo del flujo Kθ	1.00	m

Resultados		
Socavacion local		
ys =	6.97	m

$$K\theta = 90^\circ/90^\circ = 1$$

MÉTODO DE FROELICH

$$\frac{y_s}{h_e} = 2.27 K_f K_\theta \left(\frac{L}{h_e} \right)^{0.43} F_{re}^{0.61} + 1$$

Datos para determinar la socavación		
Profund. del flujo aguas arriba h	1.20	m
coef. corrección ángulo del flujo K_θ	1.00	m
coef. corrección forma del estribo K_f	1.00	m
Longitud del estribo L	8.45	m
Número de Froude (subcrítico)	0.507	m

Resultados		
Socavacion local		
$y_s =$	5.37	m

$$K_\theta = 90^\circ / 90^\circ = 1$$

TABLA N° 1: Factor de corrección K_f

Forma del estribo	K_f
Estribo con pared vertical	1.0
estribo con pared vertical y aletas	0.8
Estribo con pendiente hacia el cauce	0.6

Cuadro resumen de los metodos empleados para socavación Local

Metodo de Liu, Chang y Skinner	4.50	m
Metodo de Artamonov	5.04	m
Metodo de Hire	6.97	m
Metodo de Froehlich	5.37	m

Para Determinar la profundidad de socavación total

$$D_T = D_S + d_S \quad D_S = \text{socavación general}$$

$$D_S = 1.26 \quad d_s = \text{socavación local}$$

Cuadro resumen de la profundidad total de socavación

Metodo de Liu, Chang y Skinner	5.76	m
Metodo de Artamonov	6.30	m
Metodo de Hire	8.23	m
Metodo de Froehlich	6.63	m

ANEXO N° 05 MODELAMIENTO HEC- RAS

SIMULACION HIDRÁULICA HEC – RAS v.4.00

Rio Cascajal en inmediaciones del puente cascajal (km 0+00 – km 1+020)

La simulación hidráulica realizada en el software Hec – ras, comprende el tramo estudiado aguas arriba y aguas abajo del puente en mención.

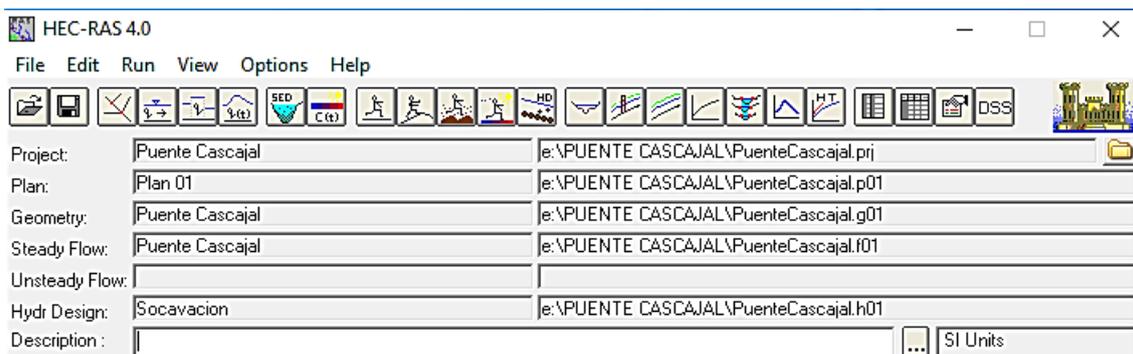


Figura 1: Creación del proyecto de simulación

I. Geometría del lugar

La geometría insertada por el comando “geometric data”, consiste en realizar el trazo del río, el cual indicará el sentido del flujo, para posteriormente insertar las secciones transversales “cross section” cada 20 metros.

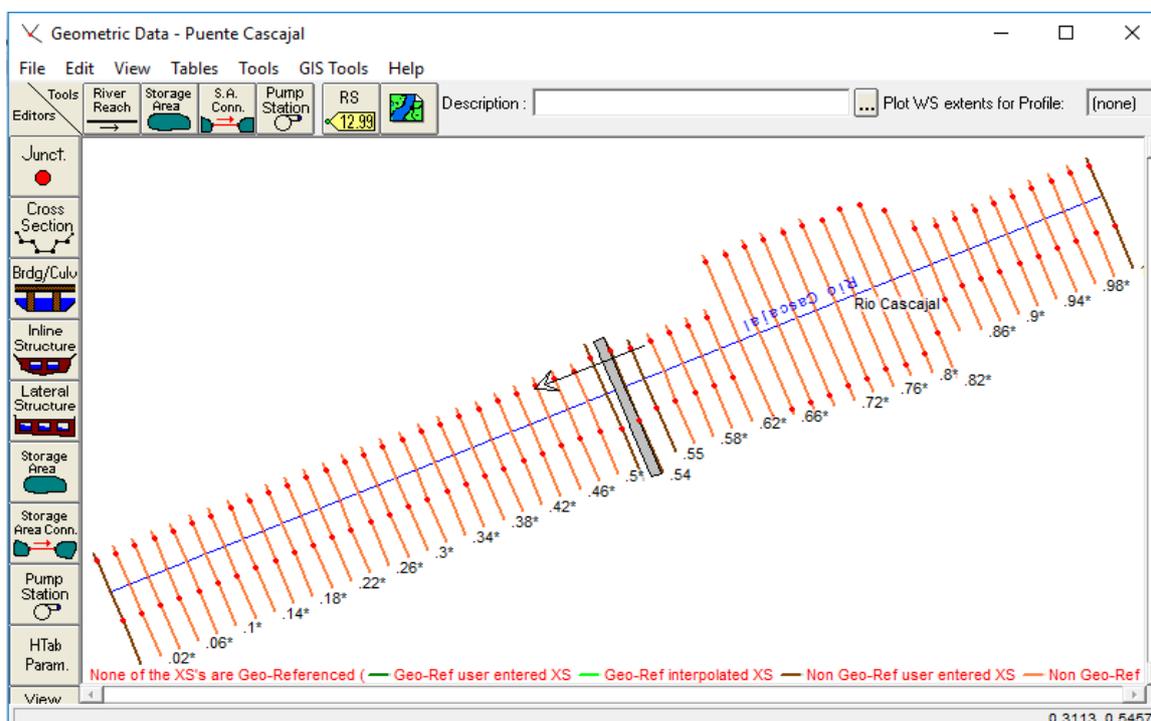


Figura 2: Vista en planta de la topografía – Puente Cascajal

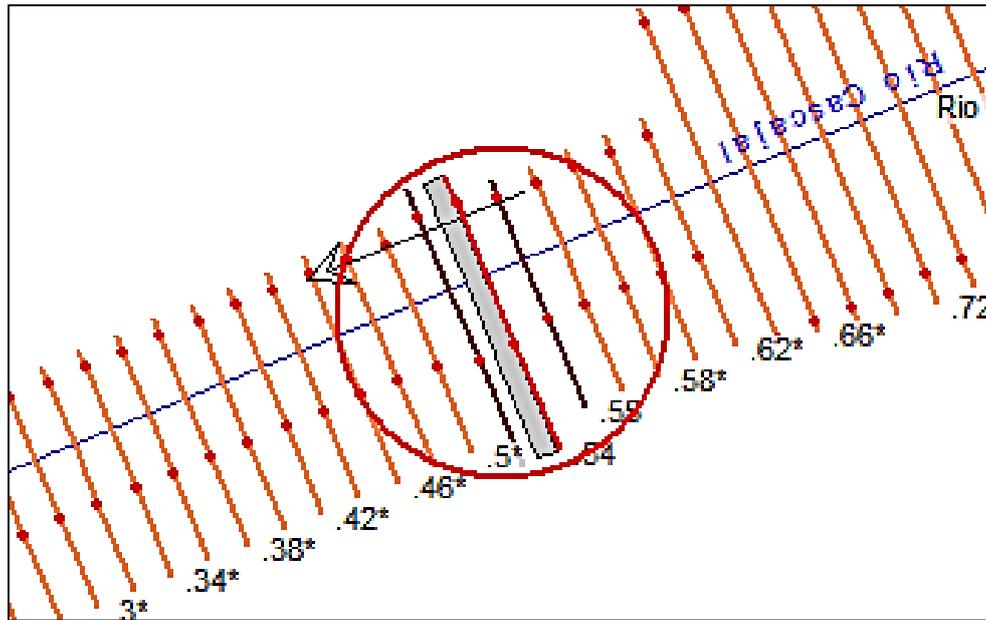


Figura 3: Sección principal del puente Cascajal

Las características del puente y sus dimensiones serán ingresadas en el programa por medio del comando “bridges and culverts”, teniendo las distancias y cotas reales para mayor precisión.

Las medidas a tener en cuenta, fueron el espesor de los pilares, longitud del puente, ancho del tablero y las cotas de la parte superior e inferior de la súper estructura del puente.

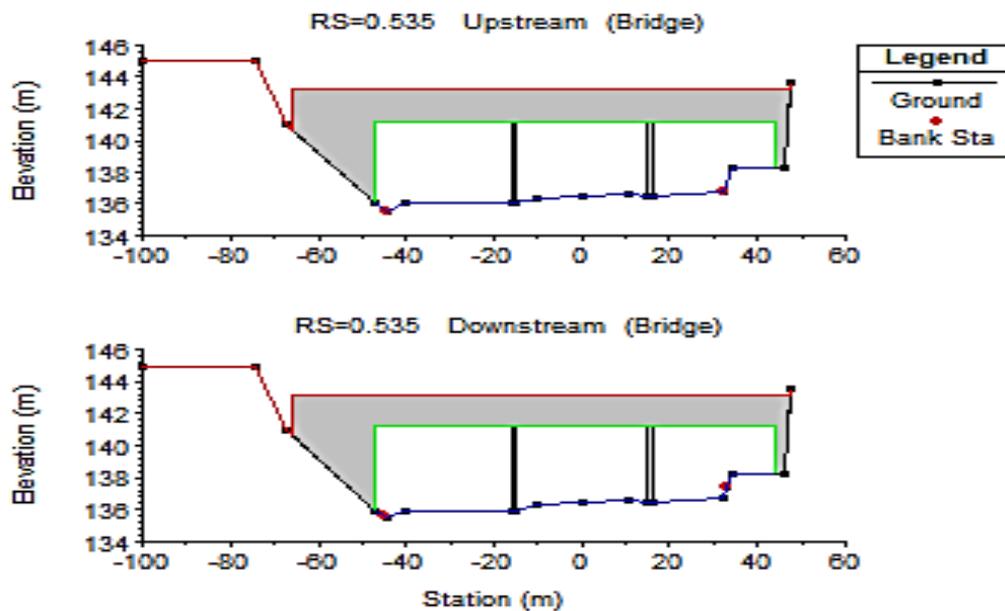


Figura 5: Vista en elevación del puente Cascajal

Longitud del puente	93 m
Ancho del talero	10.40 m
Espesor del pilar	1.00 m
Forma del pilar	Circular
Espesor de estribo	5.00 m

II. Caudales de diseño

Con las secciones insertadas, se procedió a ingresar los diferentes caudales para los diferentes períodos de retorno calculados por medio del análisis hidrológico del río.

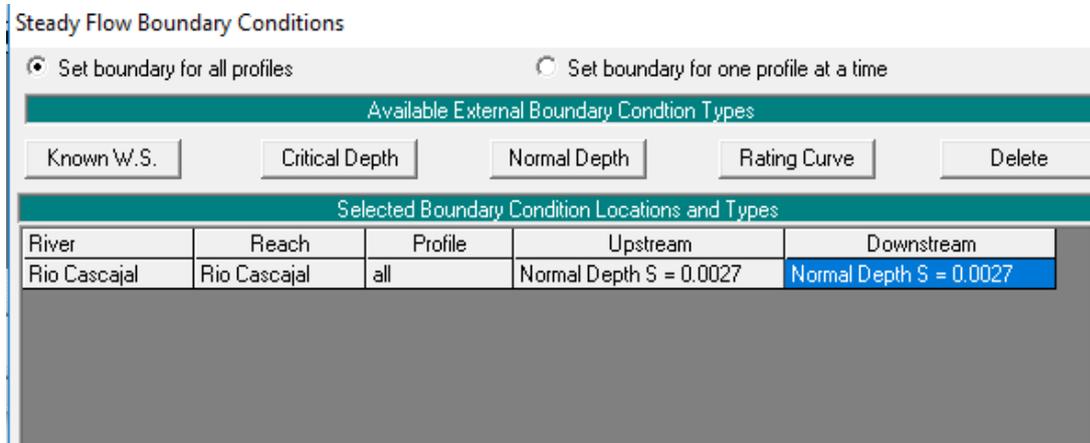
Por medio del comando “steady Flow data” se ingresaron los siguientes caudales:

Periodos de retorno	Caudales m ³ /s
2 años	7.02
5 años	21.50
10 años	38.61
25 años	72.06
50 años	107.83
100 años	154.94
140 años	182.62
200 años	215.88
500 años	322.67

Flow Change Location			Profile Names and Flow Rates						
River	Reach	RS	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años	Tr = 140 años	Tr = 200 años	Tr = 500 años	
1	Rio Cascajal	Rio Cascajal	1.020	72.06	107.83	154.94	182.62	215.88	322.67

Figura 6: Caudales para diferentes períodos de retorno

La pendiente existente en el lugar es de 0.27 ‰



Los perfiles de flujo se aprecian por medio del comando “view profiles”, mostrando las elevaciones del flujo para los diferentes caudales, plasmando la ubicación del puente.

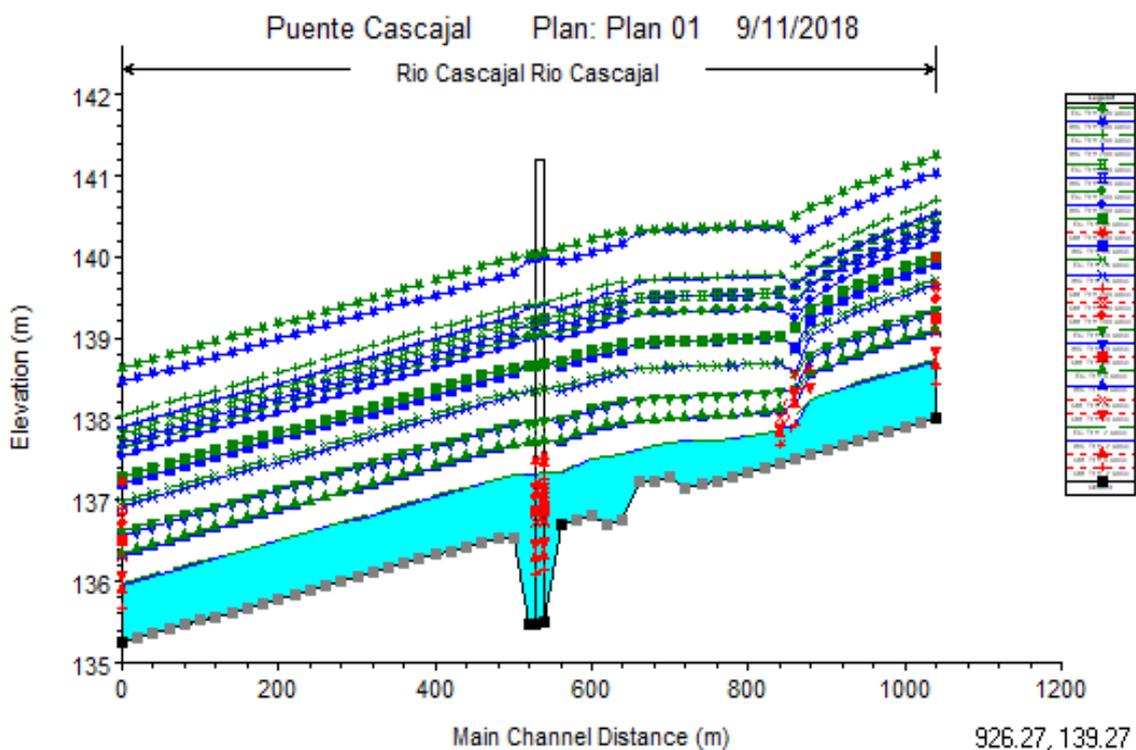


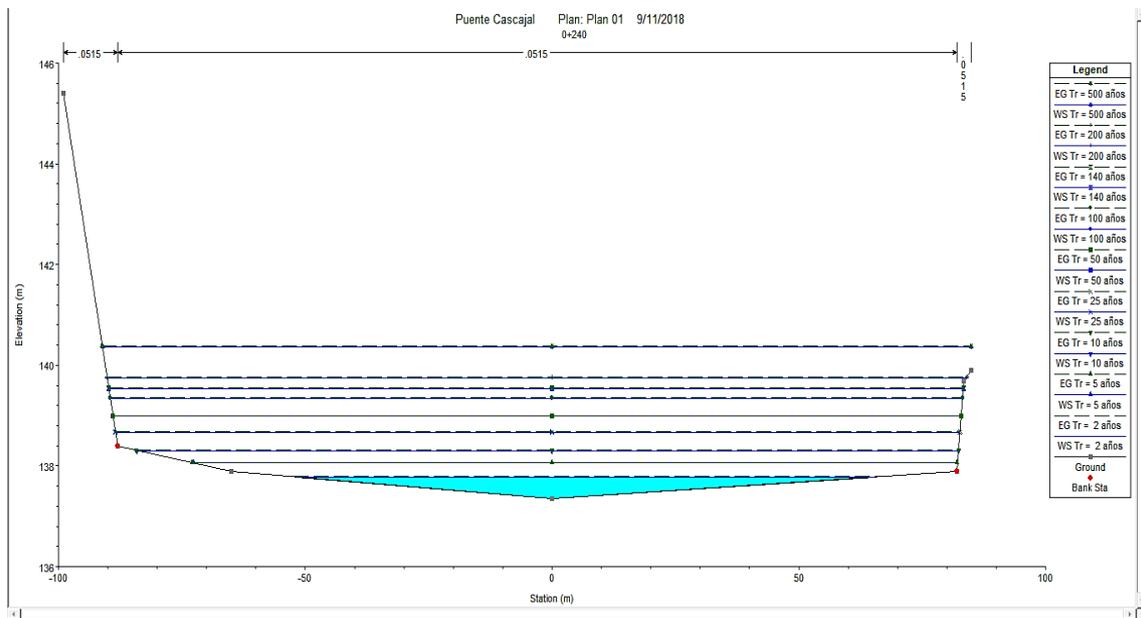
Figura 8: Perfiles del río Cascajal para todos los períodos de retorno

III. Secciones transversales

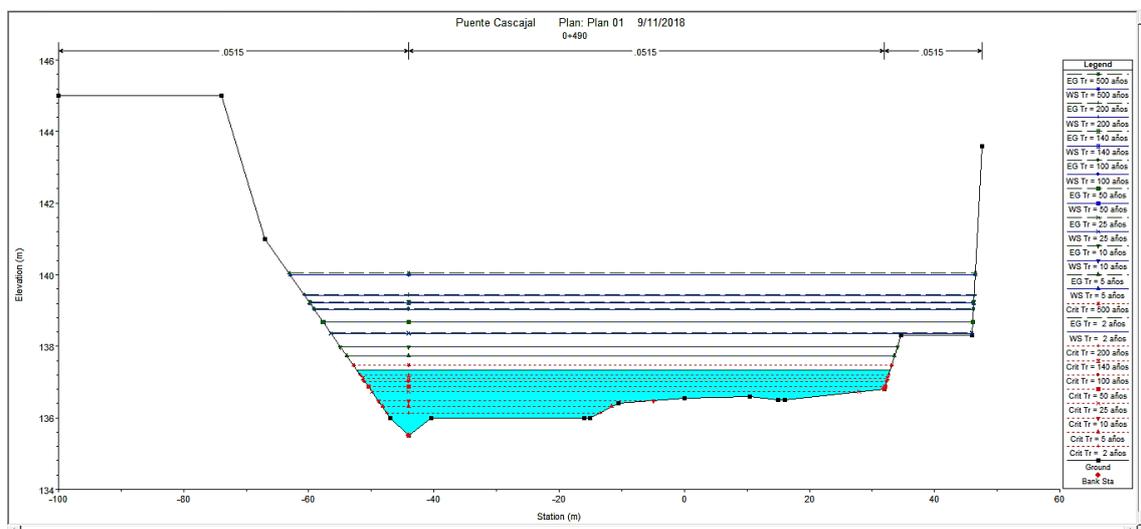
Las secciones transversales muestran en cada una de ellas las crecidas de caudal para los diferentes periodos de retorno ubicando así las zonas que se encuentran propensas a sufrir desbordes.

En las siguientes imágenes se observan las secciones transversales del tramo de estudio en cada progresiva.

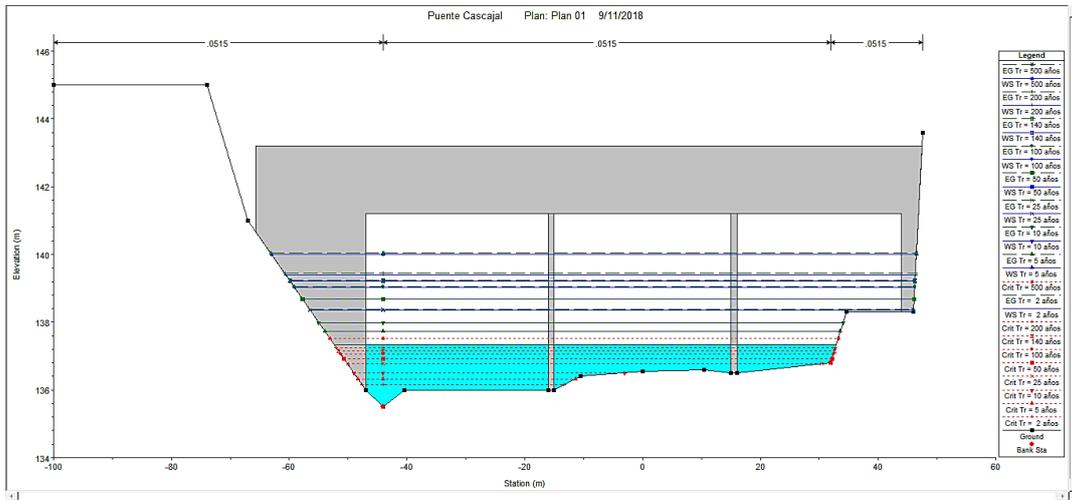
Sección transversal Km 0+260



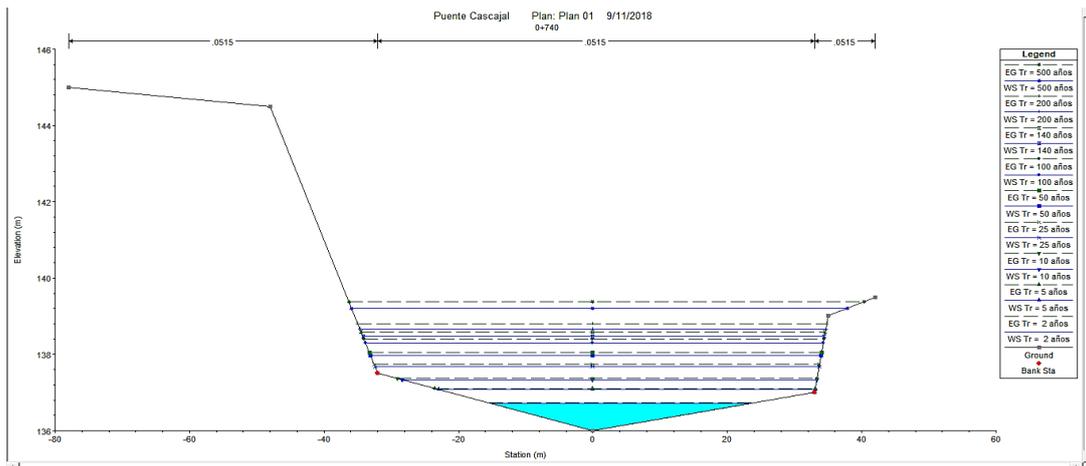
Sección transversal Km 0+480



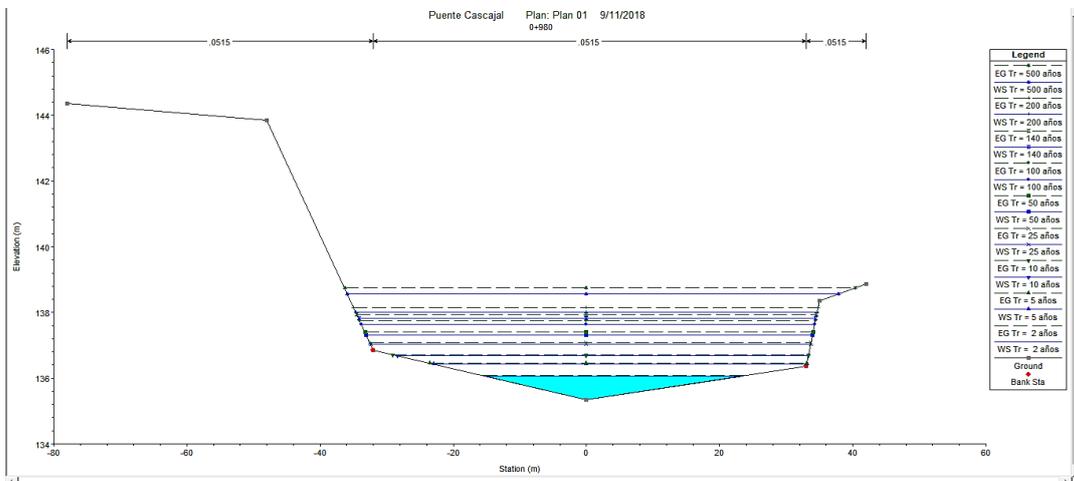
Sección transversal Km 0+500 – sección del puente



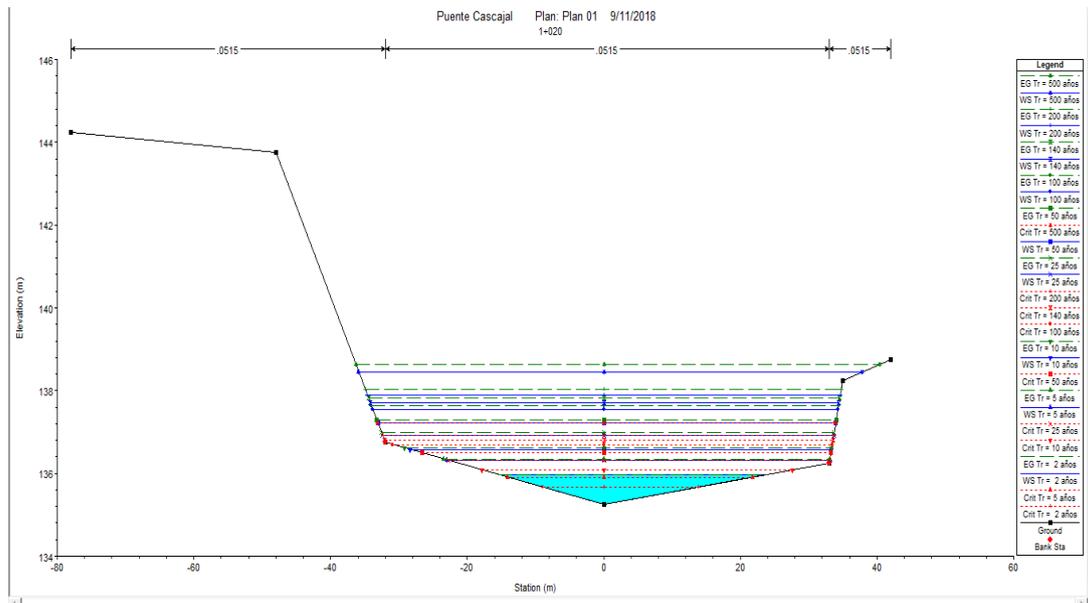
Sección transversal Km 0+740



Sección transversal Km 0+980



Sección transversal Km 0+240



El perfil de velocidades obtenido por medio del comando “view general profile” nos grafica las velocidades en m/s para los diferentes periodos de retorno como se observa en la siguiente imagen.

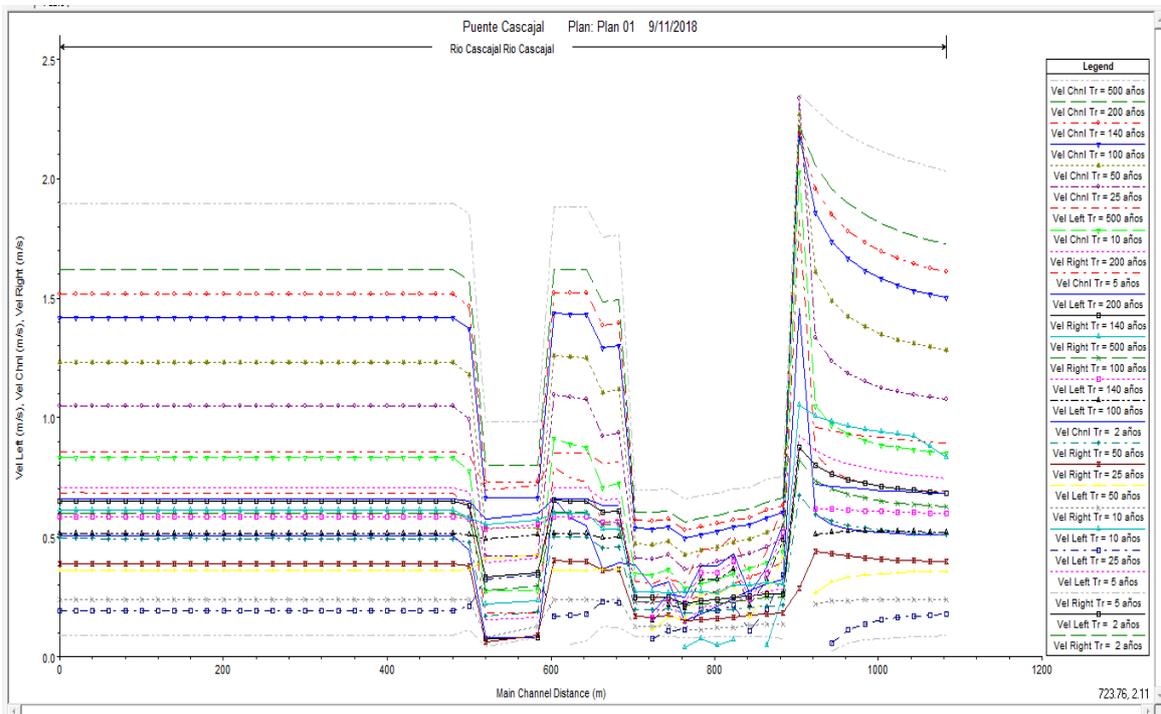
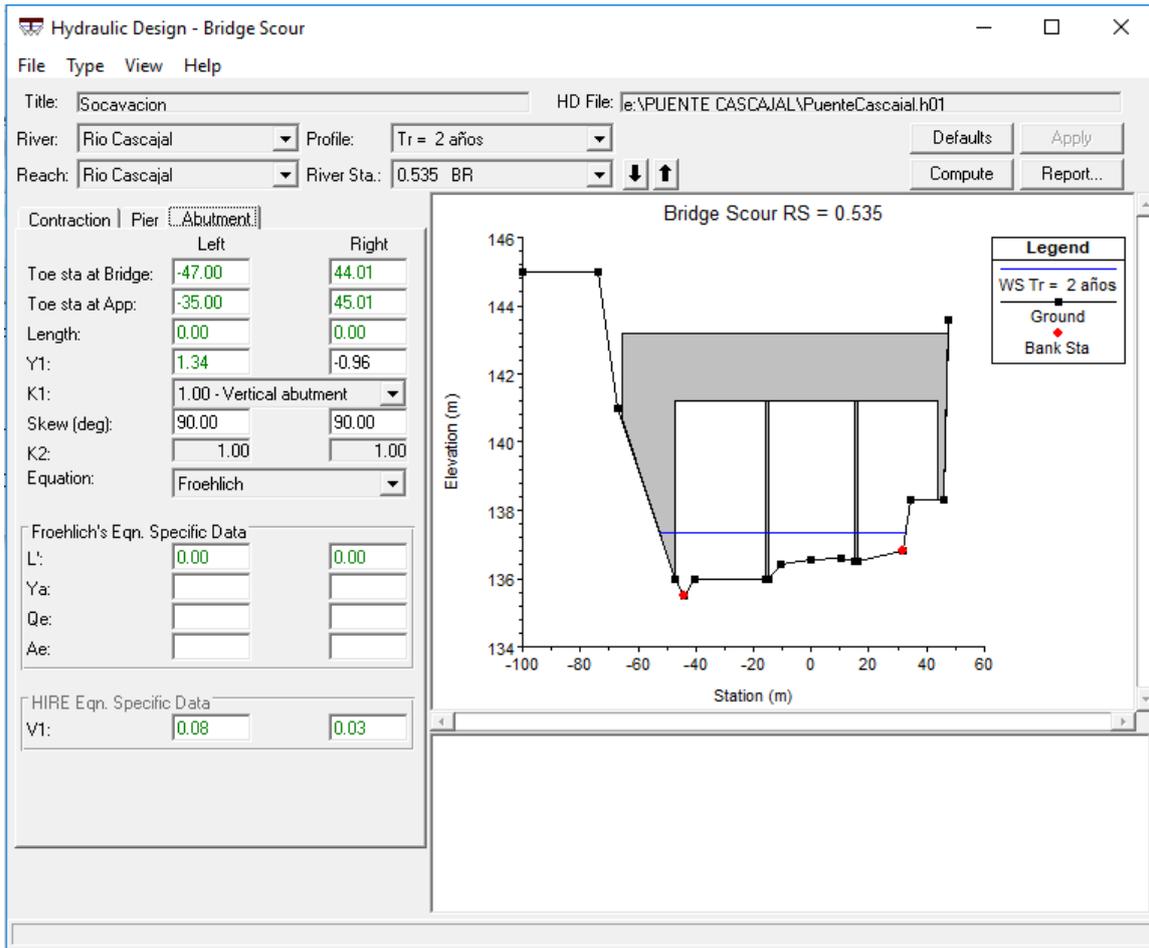


Figura 9: Velocidades para diferentes periodos de retorno – puente Cascajal

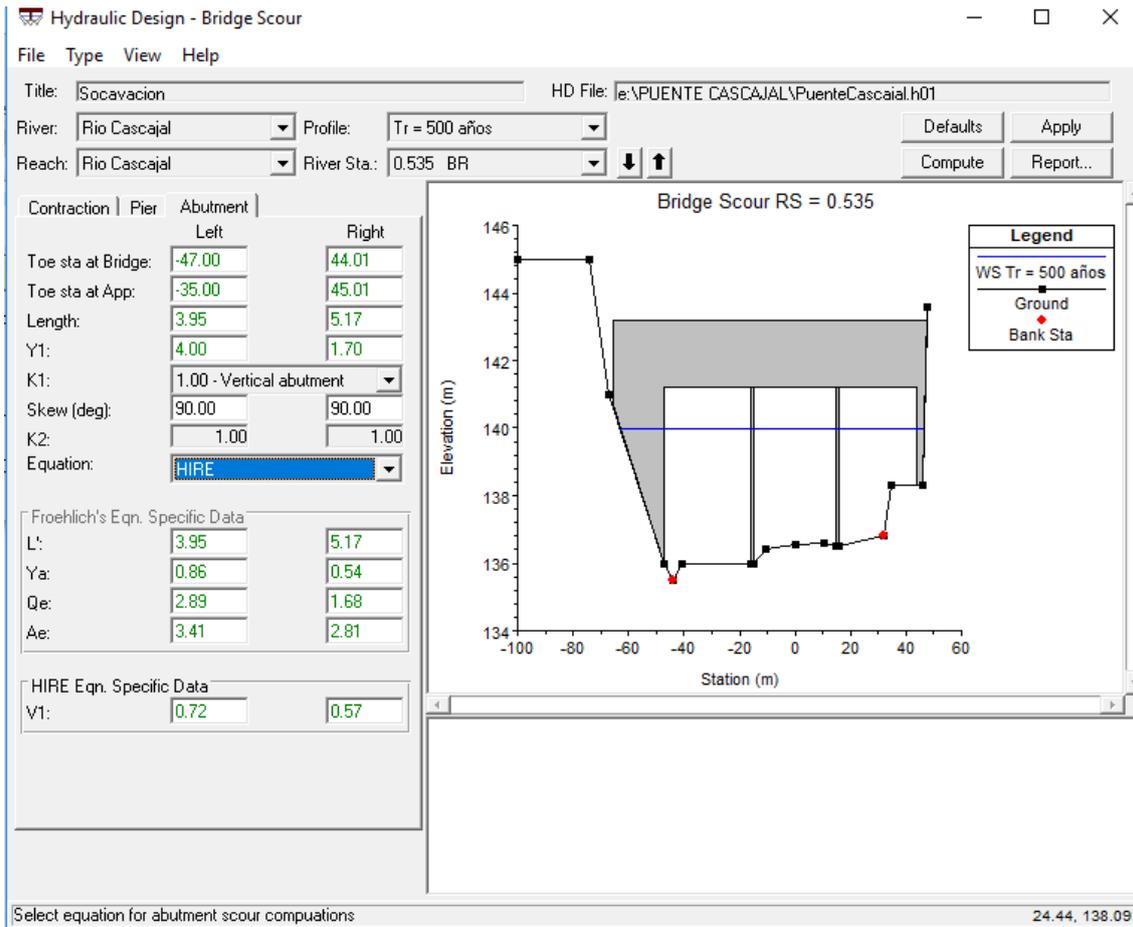


Datos para calcular la ecuación de Froehlich – puente Cascajal

Hydraulic Design Data

Pier Scour		
All piers have the same scour depth		
Input Data		
Pier Shape:	Round nose	
Pier Width (m):	1.00	
Grain Size D50 (mm):		
Depth Upstream (m):	3.68	
Velocity Upstream (m/s):	0.98	
K1 Nose Shape:	1.00	
Pier Angle:		
Pier Length (m):	10.40	
K2 Angle Coef:		
K3 Bed Cond Coef:	1.10	
Grain Size D90 (mm):		
K4 Armouring Coef:	1.00	
Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees		
Results		
Scour Depth Ys (m):		
Froude #:		
Equation:	CSU equation	
Abutment Scour		
	Left	Right
Input Data		
Station at Toe (m):	-47.00	44.01
Toe Sta at appr (m):	-35.00	45.01
Abutment Length (m):	3.95	5.17
Depth at Toe (m):	4.00	1.70
K1 Shape Coef:	1.00 - Vertical abutment	
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
K2 Skew Coef:	1.00	1.00
Projected Length L' (m):	3.95	5.17
Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.86	0.54
Flow Obstructed Qe (m ³ /s):	2.89	1.68
Area Obstructed Ae (m ²):	3.41	2.81
Results		
Scour Depth Ys (m):	2.63	1.96
Qe/Ae = Ve:	0.85	0.60
Froude #:	0.29	0.26
Equation:	Froehlich	Froehlich

Resultados de la ecuación de Froehlich – puente Cascajal



Datos de la ecuación de Hire – puente Cascajal

Hydraulic Design Data

Pier Scour		
All piers have the same scour depth		
Input Data		
Pier Shape:	Round nose	
Pier Width (m):	1.00	
Grain Size D50 (mm):		
Depth Upstream (m):	3.68	
Velocity Upstream (m/s):	0.98	
K1 Nose Shape:	1.00	
Pier Angle:		
Pier Length (m):	10.40	
K2 Angle Coef:		
K3 Bed Cond Coef:	1.10	
Grain Size D90 (mm):		
K4 Armouring Coef:	1.00	
Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees		
Results		
Scour Depth Ys (m):		
Froude #:		
Equation:	CSU equation	
Abutment Scour		
	Left	Right
Input Data		
Station at Toe (m):	-47.00	44.01
Toe Sta at appr (m):	-35.00	45.01
Abutment Length (m):	3.95	5.17
Depth at Toe (m):	4.00	1.70
K1 Shape Coef:	1.00 - Vertical abutment	
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
K2 Skew Coef:	1.00	1.00
Projected Length L' (m):	3.95	5.17
Avg Depth Obstructed Ya (m):	0.86	0.54
Flow Obstructed Qe (m ³ /s):	2.89	1.68
Area Obstructed Ae (m ²):	3.41	2.81
Results		
Scour Depth Ys (m):	14.25	6.46
Froude #:	0.11	0.14
Equation:	HIRE	HIRE

Resultados de la ecuación de Hire – puente Cascajal

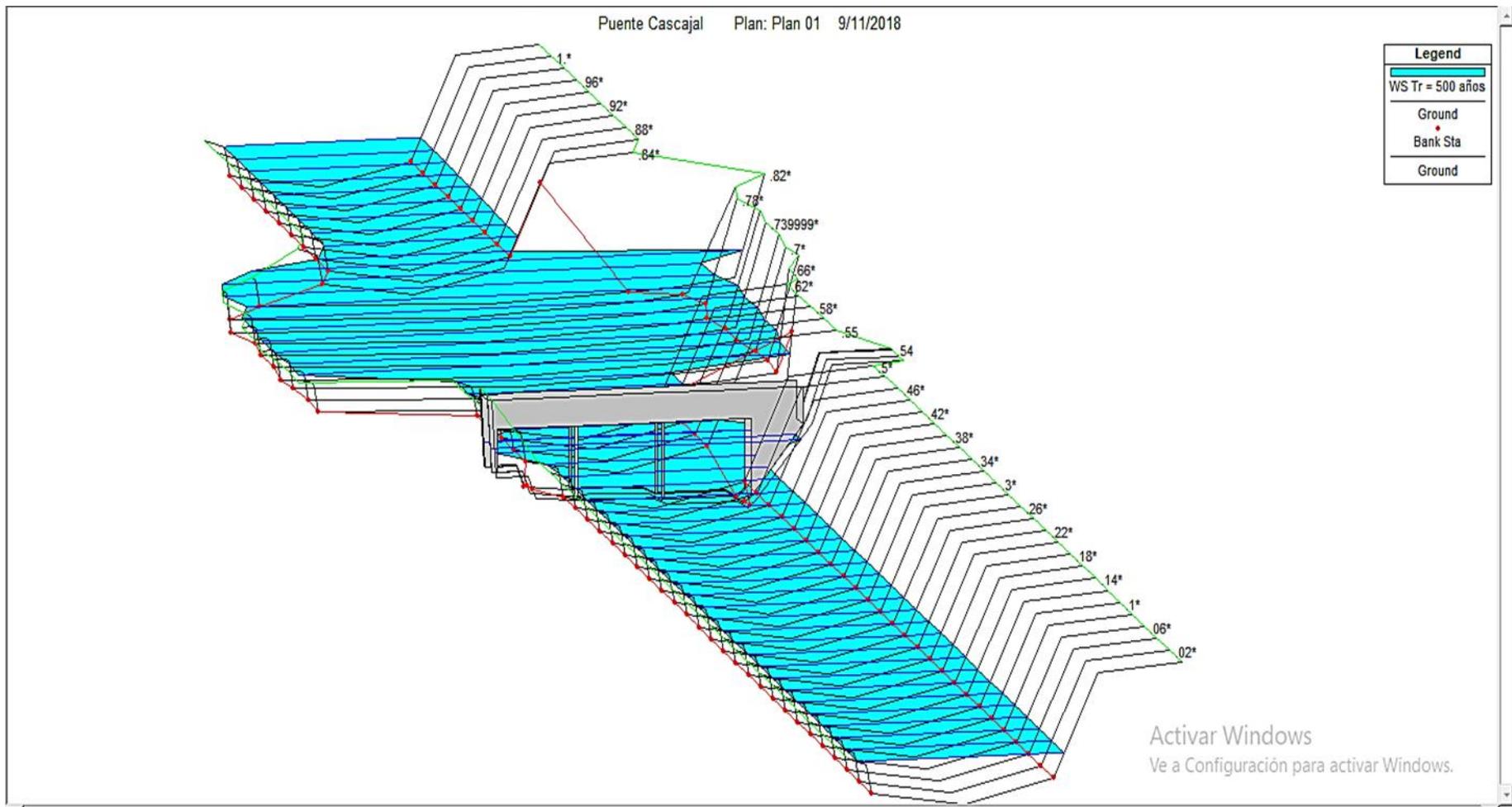
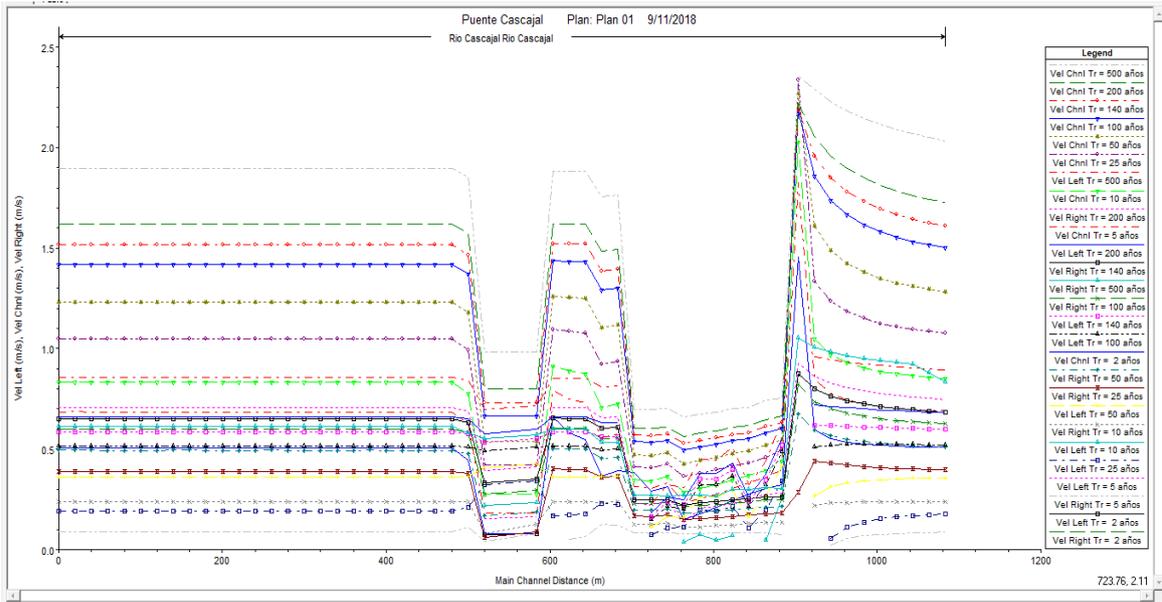
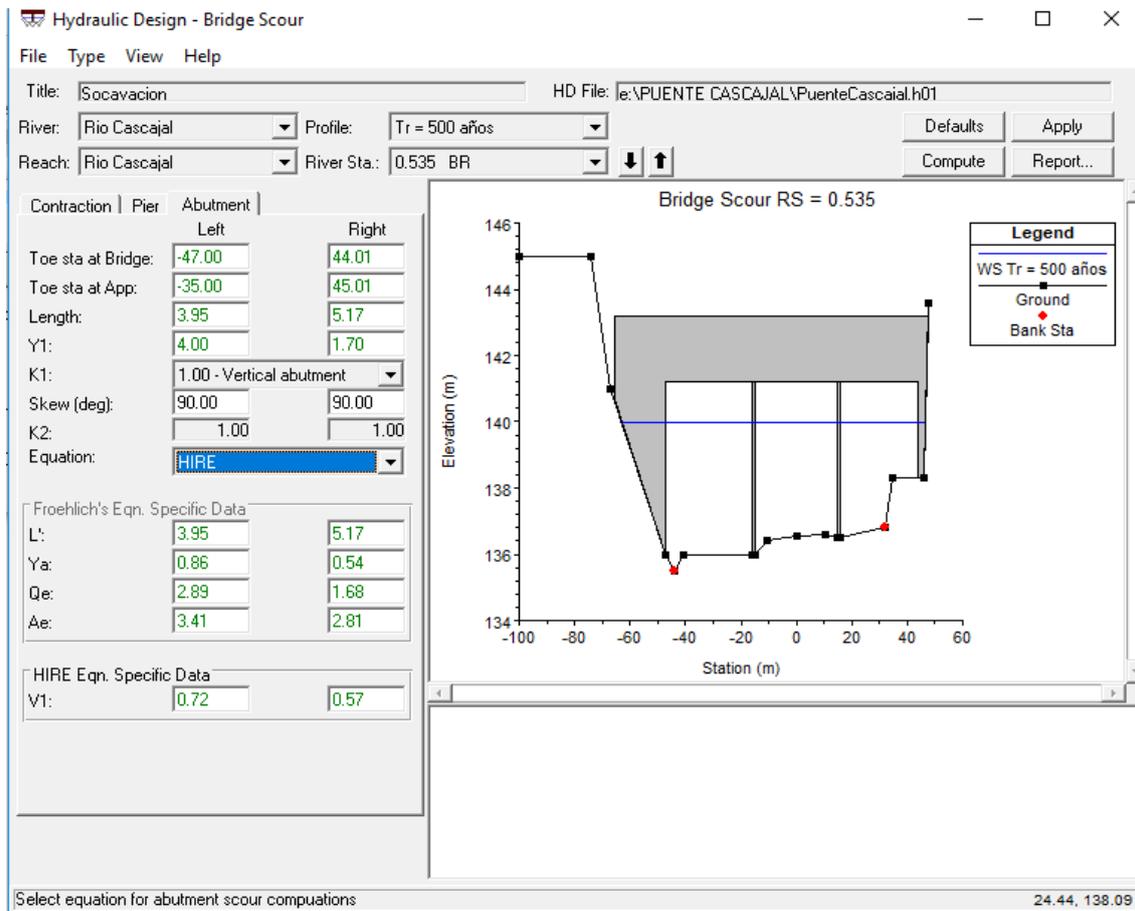


Figura 10: Flujos en 3D en el cauce del río – puente Cascajal para los diferentes periodos de retorno

ANEXO N° 05.01 CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE HIRE



Velocidades para diferentes periodos de retorno – puente Cascajal



Datos de la ecuación de Hire – puente Cascajal

Hydraulic Design Data

Pier Scour

All piers have the same scour depth

Input Data

Pier Shape: Round nose
 Pier Width (m): 1.00
 Grain Size D50 (mm):
 Depth Upstream (m): 3.68
 Velocity Upstream (m/s): 0.98
 K1 Nose Shape: 1.00
 Pier Angle:
 Pier Length (m): 10.40
 K2 Angle Coef:
 K3 Bed Cond Coef: 1.10
 Grain Size D90 (mm):
 K4 Armouring Coef: 1.00
 Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees

Results

Scour Depth Y_s (m):
 Froude #:
 Equation: CSU equation

Abutment Scour

Left Right

Input Data

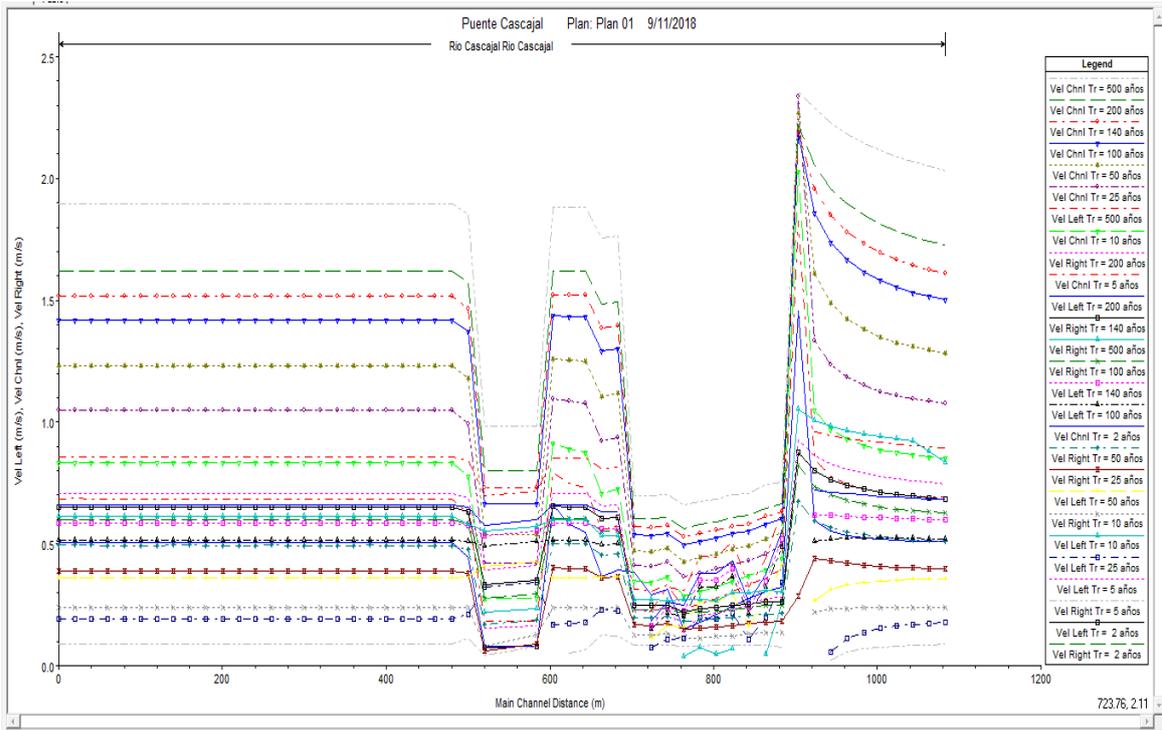
	Left	Right
Station at Toe (m):	-47.00	44.01
Toe Sta at appr (m):	-35.00	45.01
Abutment Length (m):	3.95	5.17
Depth at Toe (m):	4.00	1.70
K1 Shape Coef:	1.00 - Vertical abutment	
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
K2 Skew Coef:	1.00	1.00
Projected Length L' (m):	3.95	5.17
Avg Depth Obstructed Y_a (m):	0.86	0.54
Flow Obstructed Q_e (m ³ /s):	2.89	1.68
Area Obstructed A_e (m ²):	3.41	2.81

Results

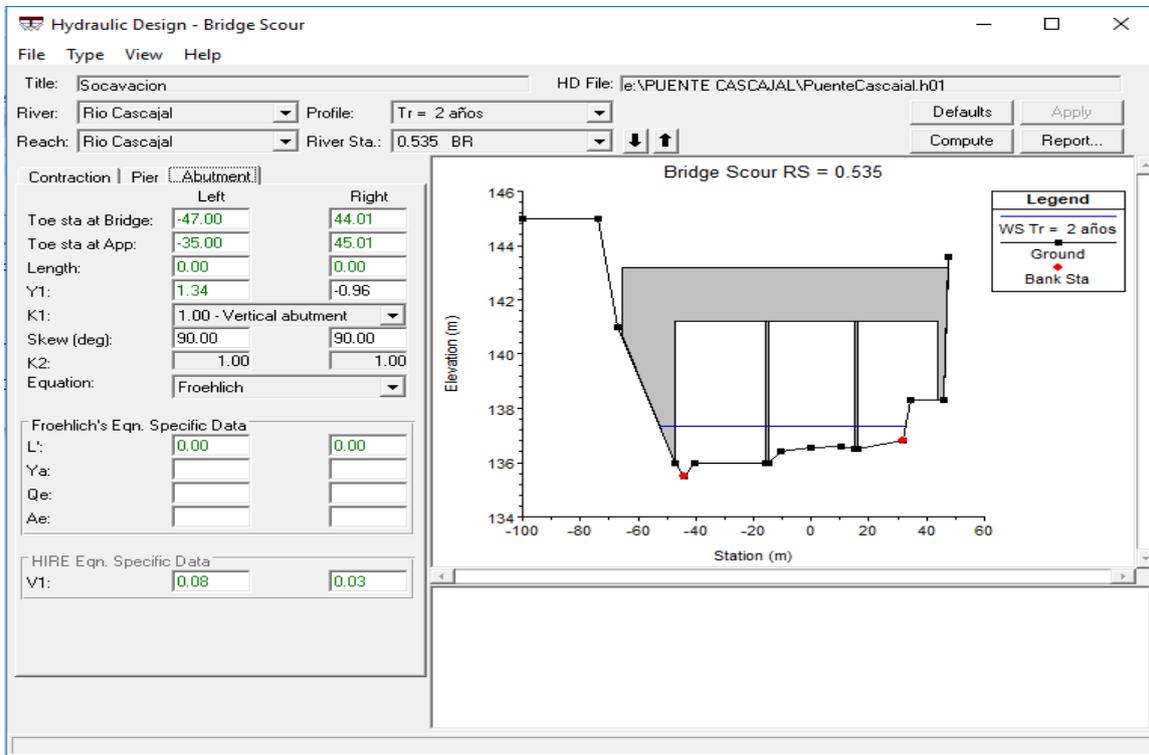
	Left	Right
Scour Depth Y_s (m):	14.25	6.46
Froude #:	0.11	0.14
Equation:	HIRE	HIRE

Resultados de la ecuación de Hire – puente Cascajal

ANEXO N° 05.02 CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE FROEHLICH



Velocidades para diferentes periodos de retorno – puente Cascajal



Datos para calcular la ecuación de Froehlich – puente Cascajal

Hydraulic Design Data

Pier Scour

All piers have the same scour depth

Input Data

Pier Shape: Round nose
 Pier Width (m): 1.00
 Grain Size D50 (mm):
 Depth Upstream (m): 3.68
 Velocity Upstream (m/s): 0.98
 K1 Nose Shape: 1.00
 Pier Angle:
 Pier Length (m): 10.40
 K2 Angle Coef:
 K3 Bed Cond Coef: 1.10
 Grain Size D90 (mm):
 K4 Armouring Coef: 1.00
 Set K1 value to 1.0 because angle > 5 degrees

Results

Scour Depth Y_s (m):
 Froude #:
 Equation: CSU equation

Abutment Scour

Left Right

Input Data

	Left	Right
Station at Toe (m):	-47.00	44.01
Toe Sta at appr (m):	-35.00	45.01
Abutment Length (m):	3.95	5.17
Depth at Toe (m):	4.00	1.70
K1 Shape Coef:	1.00 - Vertical abutment	
Degree of Skew (degrees):	90.00	90.00
K2 Skew Coef:	1.00	1.00
Projected Length L' (m):	3.95	5.17
Avg Depth Obstructed Y_a (m):	0.86	0.54
Flow Obstructed Q_e (m ³ /s):	2.89	1.68
Area Obstructed A_e (m ²):	3.41	2.81

Results

	Left	Right
Scour Depth Y_s (m):	2.63	1.96
$Q_e/A_e = V_e$:	0.85	0.60
Froude #:	0.29	0.26
Equation:	Froehlich	Froehlich

Resultados de la ecuación de Froehlich – puente Cascajal

ANEXO N° 06 PRESUPUESTO DE INVESTIGACIÓN

Visitas de extracciones (Pasajes)

Detalles	Cantidad	OLMOS	GARBANZAL	Parcial	Total
1° Visita - Inspeccion del lugar	1.00	S/ 8.00	S/ 7.00	S/ 15.00	
2° Visita - Inspeccion del lugar	1.00	S/ 8.00	S/ 7.00	S/ 15.00	
3° Visita - Calicatas- extracción de muestras	1.00	S/ 150.00	S/ 50.00	S/ 200.00	
4° Visita - Levantamiento Topográfico	1.00	S/ 250.00	S/ 50.00	S/ 300.00	
Sub Total					S/ 530.00

Servicios Particulares

Detalles	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial	Total
Levantamiento topografico	dias	1.00	S/ 2500.00	S/ 2500.00	
Impresiones	glb	1.00	S/ 300.00	S/ 300.00	
Servicio de ploteos	und	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00	
Recursos humanos		2.00	S/ 300.00	S/ 600.00	
Comida		8.00	S/ 27.00	S/ 216.00	
Sub Total					S/ 3666.00

Materiales e Insumos

Detalles	Unidad	Cantidad	P.U.	Parcial	Total
Bandeja	und	1.00	S/ 25.00	S/ 25.00	
Bolsas hermeticas	glb	1.00	S/ 20.00	S/ 20.00	
Taras metálicas	glb	1.00	S/ 30.00	S/ 30.00	
Agua Destilada	und	4.00	S/ 7.00	S/ 28.00	
Cocina eléctrica	und	1.00	S/ 150.00	S/ 150.00	
Picos	und	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00	
Palas	und	1.00	S/ 50.00	S/ 50.00	
Sub Total					S/ 353.00

Ensayos de Laboratorio

Detalles	Cantidad	P.U.	Parcial	Total
Contenido de Humedad de la Muestra	7.00	S/ 30.00	S/ 210.00	
Análisis Granulométrico por tamizado - Suelos finos	7.00	S/ 50.00	S/ 350.00	
Análisis Granulométrico por Sedimentación	7.00	S/ 60.00	S/ 420.00	
Sub Total				S/ 980.00

Total

Detalles	Sub total	Total
Visitas de extracciones (Pasajes)	S/ 530.00	
Servicios Particulares	S/ 3666.00	
Materiales e Insumos	S/ 353.00	
Ensayos de Laboratorio	S/ 980.00	
Presupuesto total		S/ 5529.00

ANEXO N° 07 APORTE PRÁCTICO

PROYECTO:

**“DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL
AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL
– DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE
LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE”**

AUTORA:

AGUINAGA RAMIREZ, HIGEINY ADUBEL

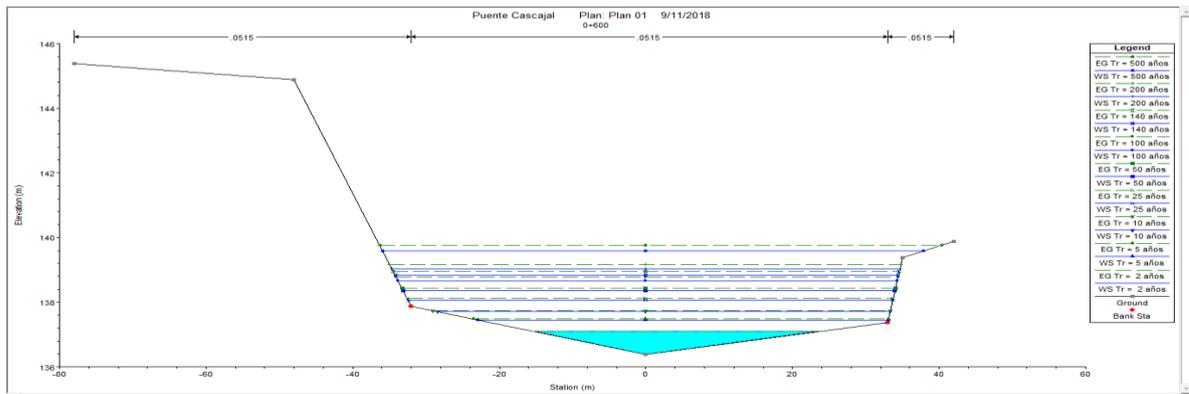
PIMENTEL, 2019

1. Propuesta de descolmatación

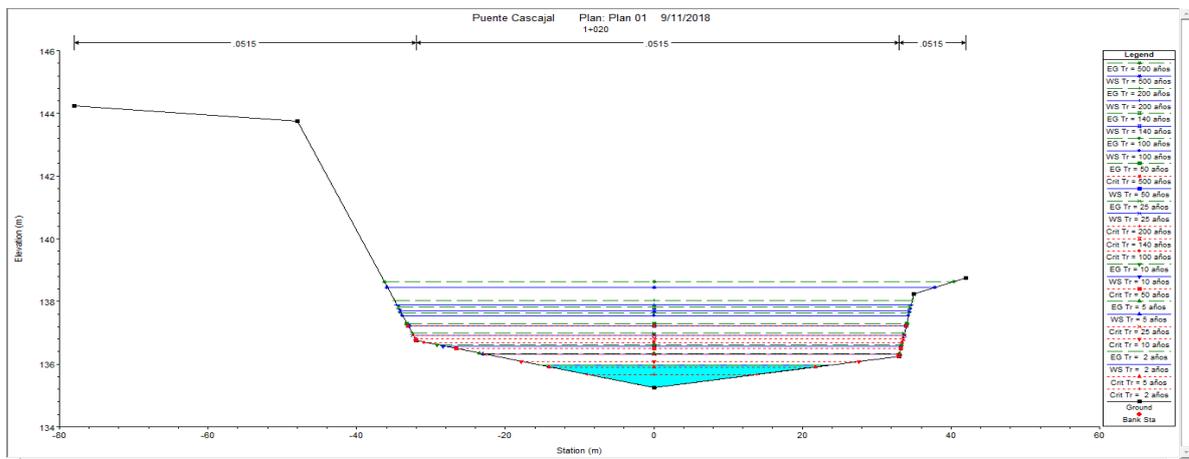
Con la propuesta planteada, la cual consiste en la limpieza del cauce, con el objetivo de salvar guardar la estructura y de la misma manera permitiendo el libre curso del agua, evitando posibles desbordes del río, velando así por la seguridad de los pueblos y conservación de los recursos naturales.

Se realizó el modelamiento hidráulico en hec – ras con la sección propuesta, obteniendo resultados como los que se presentan a continuación.

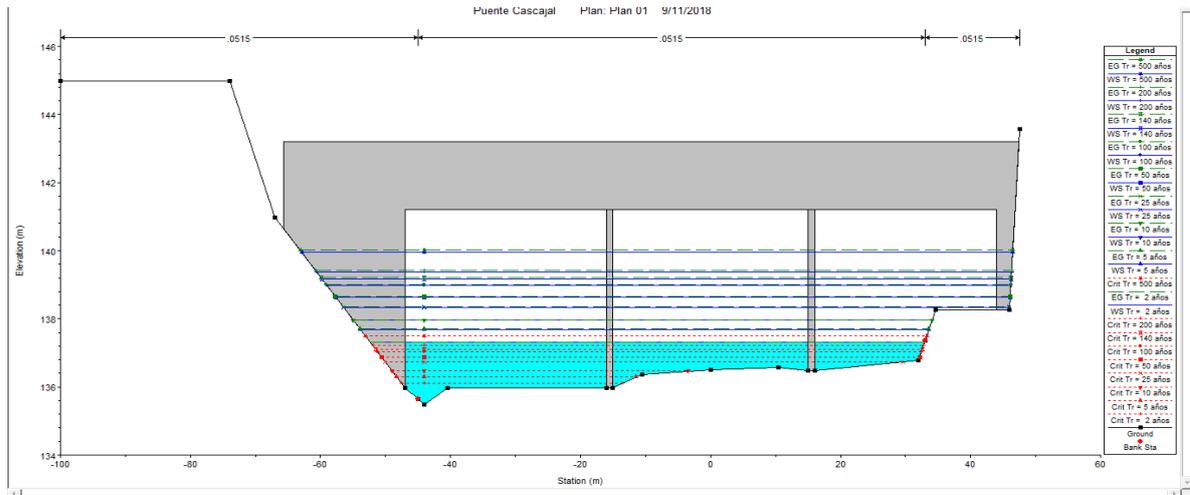
Sección transversal Km 0+100 – Aguas abajo



Sección transversal Km 0+100 – Aguas abajo

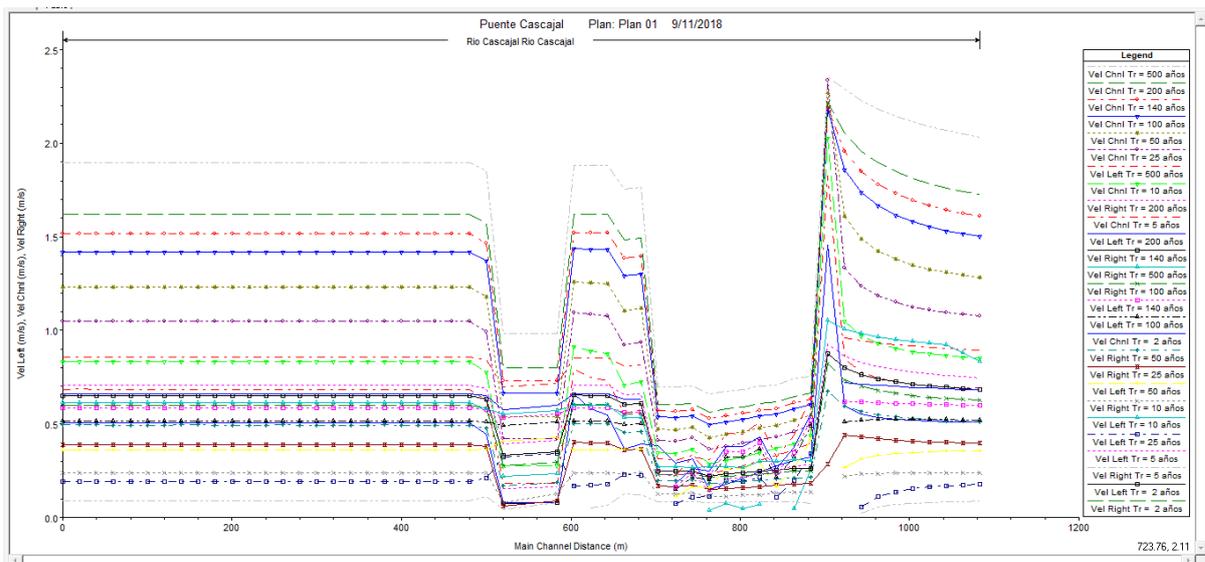


Sección transversal – eje del puente



Con esta propuesta se aprecia que las secciones presentan una mejor estabilidad, permitiéndole al río no encontrarse con obstáculos en su transcurso, en comparación a las secciones existentes que muestran gran variación en ellas, estas secciones propuestas se realizaron teniendo en cuenta el ancho estable, el cual dio como resultado 70 metros.

El perfil de velocidades mostrado en la siguiente gráfica muestra una mayor uniformidad para los distintos periodos de retorno, en comparación a los resultados anteriores que muestran diferentes cambios de velocidades en su recorrido, concluyendo que esta descolmatación ayudará al río a permitir el libre curso del agua.



Velocidades para diferentes periodos de retorno – puente Cascajal

En la siguiente tabla se muestra en resumen los datos obtenidos del programa para los diferentes periodos de retorno (Tr).

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Rio Cascajal	1.02	Tr = 500 años	322.67	138	141.03	139.98	141.24	0.003401	2.03	161.36	70.96	0.42
Rio Cascajal	1.*	Tr = 500 años	322.67	137.95	140.96		141.17	0.003488	2.05	160.07	70.66	0.42
Rio Cascajal	.98*	Tr = 500 años	322.67	137.89	140.89		141.1	0.00359	2.07	158.61	70.41	0.43
Rio Cascajal	.96*	Tr = 500 años	322.67	137.84	140.81		141.03	0.003714	2.09	156.95	70.33	0.44
Rio Cascajal	.94*	Tr = 500 años	322.67	137.78	140.73		140.95	0.003865	2.11	155.02	70.24	0.44
Rio Cascajal	.92*	Tr = 500 años	322.67	137.73	140.64		140.87	0.00405	2.14	152.79	70.13	0.45
Rio Cascajal	.9*	Tr = 500 años	322.67	137.68	140.55		140.79	0.004288	2.18	150.11	70.01	0.46
Rio Cascajal	.88*	Tr = 500 años	322.67	137.62	140.45		140.7	0.004599	2.23	146.88	69.86	0.48
Rio Cascajal	.86*	Tr = 500 años	322.67	137.57	140.34		140.6	0.005024	2.29	142.92	69.67	0.5
Rio Cascajal	.84*	Tr = 500 años	322.67	137.51	140.21		140.49	0.005803	2.35	137.94	69.43	0.53
Rio Cascajal	.82*	Tr = 500 años	322.67	137.46	140.37		140.4	0.000408	0.75	442.22	175.94	0.15
Rio Cascajal	.8*	Tr = 500 años	322.67	137.41	140.36		140.39	0.0004	0.74	439.79	171.65	0.15
Rio Cascajal	.78*	Tr = 500 años	322.67	137.35	140.35		140.38	0.000361	0.71	458.67	176.08	0.14
Rio Cascajal	.76*	Tr = 500 años	322.67	137.3	140.35		140.37	0.000341	0.7	467.04	176.16	0.14
Rio Cascajal	.739999*	Tr = 500 años	322.67	137.24	140.34		140.37	0.00032	0.69	477.76	180.23	0.13
Rio Cascajal	.72*	Tr = 500 años	322.67	137.19	140.34		140.36	0.000302	0.67	486.49	180.31	0.13
Rio Cascajal	.7*	Tr = 500 años	322.67	137.14	140.33		140.35	0.000285	0.66	495.28	180.39	0.12
Rio Cascajal	.679999*	Tr = 500 años	322.67	137.3	140.32		140.35	0.000351	0.7	464.35	180.12	0.14
Rio Cascajal	.66*	Tr = 500 años	322.67	137.24	140.31		140.34	0.000337	0.7	466.67	176.16	0.13
Rio Cascajal	.64*	Tr = 500 años	322.67	137.24	140.31		140.33	0.000344	0.7	465.45	176.16	0.14
Rio Cascajal	.62*	Tr = 500 años	322.67	136.76	140.15		140.31	0.002125	1.76	187.85	76.8	0.34
Rio Cascajal	.6*	Tr = 500 años	322.67	136.7	140.11		140.26	0.002091	1.75	188.84	77.01	0.34
Rio Cascajal	.58*	Tr = 500 años	322.67	136.81	140.04		140.21	0.002631	1.88	175.19	74.06	0.37
Rio Cascajal	.56*	Tr = 500 años	322.67	136.76	139.98		140.16	0.002626	1.88	175.3	74.08	0.37
Rio Cascajal	0.55	Tr = 500 años	322.67	136.7	139.93		140.11	0.002621	1.88	175.41	74.11	0.37
Rio Cascajal	0.54	Tr = 500 años	322.67	135.5	140	137.47	140.05	0.000452	0.98	351.13	109.53	0.16

Rio Cascajal	0.535		Bridge									
Rio Cascajal	0.53	Tr = 500 años	322.67	135.47	139.96		140.01	0.000456	0.98	349.58	109.47	0.16
Rio Cascajal	.5*	Tr = 500 años	322.67	136.54	139.81		139.98	0.002493	1.85	178.27	74.73	0.36
Rio Cascajal	.48*	Tr = 500 años	322.67	136.54	139.75		139.93	0.0027	1.9	173.73	73.74	0.38
Rio Cascajal	.46*	Tr = 500 años	322.67	136.49	139.69		139.87	0.0027	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.44*	Tr = 500 años	322.67	136.43	139.64		139.82	0.0027	1.9	173.73	73.74	0.38
Rio Cascajal	.42*	Tr = 500 años	322.67	136.38	139.58		139.76	0.0027	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.4*	Tr = 500 años	322.67	136.33	139.53		139.71	0.002701	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.38*	Tr = 500 años	322.67	136.27	139.48		139.66	0.002701	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.36*	Tr = 500 años	322.67	136.22	139.42		139.6	0.0027	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.34*	Tr = 500 años	322.67	136.16	139.37		139.55	0.002701	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.32*	Tr = 500 años	322.67	136.11	139.31		139.49	0.002701	1.9	173.72	73.74	0.38
Rio Cascajal	.3*	Tr = 500 años	322.67	136.06	139.26		139.44	0.002701	1.9	173.71	73.74	0.38
Rio Cascajal	.28*	Tr = 500 años	322.67	136	139.21		139.39	0.002701	1.9	173.71	73.74	0.38
Rio Cascajal	.26*	Tr = 500 años	322.67	135.95	139.15		139.33	0.002701	1.9	173.71	73.74	0.38
Rio Cascajal	.24*	Tr = 500 años	322.67	135.89	139.1		139.28	0.002701	1.9	173.71	73.74	0.38
Rio Cascajal	.22*	Tr = 500 años	322.67	135.84	139.04		139.22	0.002701	1.9	173.7	73.73	0.38
Rio Cascajal	.2*	Tr = 500 años	322.67	135.79	138.99		139.17	0.002701	1.9	173.71	73.73	0.38
Rio Cascajal	.18*	Tr = 500 años	322.67	135.73	138.93		139.12	0.002701	1.9	173.7	73.73	0.38
Rio Cascajal	.16*	Tr = 500 años	322.67	135.68	138.88		139.06	0.002702	1.9	173.69	73.73	0.38
Rio Cascajal	.14*	Tr = 500 años	322.67	135.62	138.83		139.01	0.002702	1.9	173.69	73.73	0.38
Rio Cascajal	.12*	Tr = 500 años	322.67	135.57	138.77		138.95	0.002702	1.9	173.69	73.73	0.38
Rio Cascajal	.1*	Tr = 500 años	322.67	135.52	138.72		138.9	0.002702	1.9	173.69	73.73	0.38
Rio Cascajal	.08*	Tr = 500 años	322.67	135.46	138.66		138.85	0.002702	1.9	173.69	73.73	0.38
Rio Cascajal	.06*	Tr = 500 años	322.67	135.41	138.61		138.79	0.002702	1.9	173.68	73.73	0.38
Rio Cascajal	.04*	Tr = 500 años	322.67	135.35	138.56		138.74	0.002703	1.9	173.67	73.73	0.38
Rio Cascajal	.02*	Tr = 500 años	322.67	135.3	138.5		138.68	0.002703	1.9	173.67	73.73	0.38
Rio Cascajal	0	Tr = 500 años	322.67	135.25	138.45	137.23	138.63	0.002703	1.9	173.67	73.73	0.38

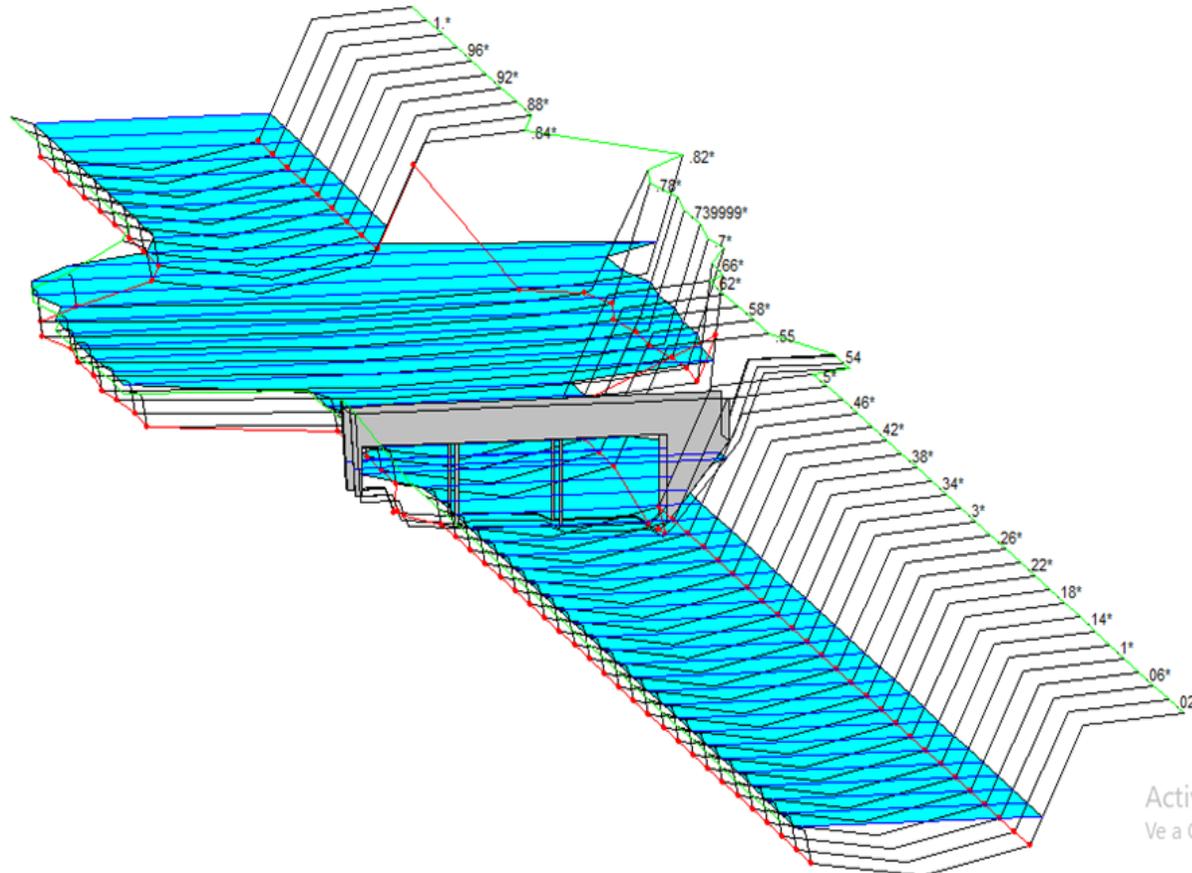
X-Y-Z Perspective Plot



File Options

Upstream RS: 1.020 [dropdown] [arrow] [play] [stop] [reload] Reload Data
Downstream RS: 0.000 [dropdown] [arrow] [play] [stop] [reload] Reload Data
Rotation Angle: 80 [input] [dropdown]
Azimuth Angle: 21 [input] [dropdown]

Puente Cascajal Plan: Plan 01 9/11/2018



Legend	
	WS Tr = 500 años
	Ground
	Bank Sta
	Ground

Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.

ANEXO N° 07.01 IMPACTO AMBIENTAL

1. INTRODUCCION

1.1. Nombre del Proyecto

“DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”

1.2. Ubicación política

El proyecto “DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”

1.3. Objetivo del EIA

Determinar el/los impactos que origine el proyecto “DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”

Comprende lo siguiente:

“**Estudio**”: Referido a una serie de acciones que conllevan a investigar, discernir y abstraer lo más importante de la particularidad de un problema.

“**Impacto**”: Los cambios y condiciones producidos por la acción en particular.

“**Ambiental**”: El ambiente involucra factores que usualmente se la conoce como el ambiente natural, (que es el ambiente físico alrededor), y humana (que incluye las relaciones creadas por el hombre). Es la interacción entre estas tres partes constitutivas del ambiente, por lo que cualquier modificación en una de ellas podría fácilmente implicar una serie de alteraciones en las otras dos.

Los estudios de impacto ambiental abarcan una serie de análisis de las modificaciones que una o varias acciones pueden producir en las distintas partes que conforman el ambiente. Este tipo de estudios propone posibles soluciones para anular, mitigar o compensar los efectos indeseados.

1.4. Ventajas del EIA

Uno de los objetivos de efectuar estudios de impacto ambiental es inferir los posibles impactos futuros que las obras puedan ocasionar sobre el medio físico, del entorno a los citados proyectos.

Esto produce una serie de inconvenientes, puesto que en la mayoría de casos los estudios ambientales, se llevan a cabo una vez que los diseños definitivos de los proyectos han sido concluidos, por lo que cualquier sugerencia o modificación ambiental conlleva necesariamente el retraso en la ejecución de las obras.

1.5. Objetivo específico

La construcción de Proyecto: “DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”, beneficiará directa e indirectamente a la población de los caseríos de la playa de Cascajal y Garbanzal, debido a que la misma descolmatación le dará al río un libre curso por el cual seguir, evitando desbordarse producto de la sobre sedimentación.

Los objetivos de la evaluación preliminar del **Estudio de Impacto Ambiental (EIA)**, es conocer las características de interacción más relevantes entre las actividades del proyecto y los factores ambientales que van a producir impactos tanto positivos como negativos en el medio ambiente, a las que hay que prever, mitigar y gestionar mejoras.

1.6. Terminología a considerar

- * **El Ambiente:** Es el mundo exterior que rodea a todo ser viviente y que determina su existencia. Todos los seres vivos, inclusive los humanos, son parte del ambiente y lo necesitan para vivir.
- * **Medio Ambiente:** Es el entorno vital, el conjunto de factores físico naturales, culturales, económicos y estéticos que interactúan dinámicamente entre sí, con el individuo y la comunidad en la que viven, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia.

- * **Impacto Ambiental:** Es el efecto, la alteración favorable o desfavorable del medio ambiente, provocando directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada.
- * **Comunidad:** Incluye a las poblaciones de un área; flora, fauna, microorganismos, y funcionan juntos como un sistema ecológico ó ecosistema.
- * **Ecosistema:** Integración de los diversos organismos (plantas y animales) en interrelación con los factores bióticos y abióticos en un área determinada.
- * **Contaminación:** Alteración del ambiente físico, biótico y otros con sustancias tóxicas, en concentraciones y permanencia superiores a las establecidas en la Normas vigentes.
- * **Población:** Término originalmente acuñado para definir un grupo de gente, en ecología se amplía para incluir grupos de individuos de cualquier tipo de organismos que viven en un espacio y tiempo determinado.
- * **Equilibrio Ecológico:** Es el estado de madurez adquirido por el ecosistema; los ecosistemas tienden a adquirirlo, es decir a evolucionar a una mayor complejidad y estabilidad. Generalmente la intervención humana rompe este equilibrio.
- * **Agua:** Masa líquida compuesta de oxígeno e hidrógeno que tiene en suspensión diversas sustancias minerales y orgánicas, constituye el medio y fuente de nutrientes para las plantas y animales acuáticos; para las aves y animales terrestres es su líquido vital.
- * **Suelo:** En términos conservadores puede definirse como sedimentos de la capa superficial de la corteza terrestre, que está expuesta al clima; a la cual se incorporan los organismos vivos y sus productos de desecho. En sentido ecológico abarca parte de la corteza terrestre donde la flora fija su raíz.
- * **Aire:** Es una porción limitada de la atmósfera, formada por una mezcla de gases (oxígeno, nitrógeno, bióxido de carbono, argón y otros), de los cuales el oxígeno es indispensable para los seres vivos. También sirve como medio de dispersión de semillas y esporas.

1.7. Características generales del proyecto

La identificación de los impactos ambientales de la obra proyectada, se atribuyen directamente a ejecución “DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS PROVINCIA DE CHICLAYO - LAMBAYEQUE”

Teniendo como ítem principal el movimiento de tierras para la descolmatación.

2. ANALISIS AMBIENTAL DEL PROYECTO

2.1. Línea base

Geología: Las inmediaciones de Cascajal cuenta con sedimento arenoso, según su granulometría menor a 4.76 mm (Malla N° 4).

Geomorfología: Suelos arenosos además de material granular en inmediaciones del puente Cascajal, se observa al paisaje una topografía plana de llanura con 80 m.s.n.m. promedio del río Cascajal.

Clima: El área es parte de llanura de costa del Perú, con temperaturas medias de 18 ° C; máximas de 28°C y mínimas de 15°C. Humedad relativa promedio de 55% a 60%.

Evaluación de Impactos

El efecto ambiental, son las consecuencias de cambios inducido por el hombre, y la evaluación de Impacto Ambiental, es el procedimiento Técnico– Legal y Administrativo de carácter multidisciplinario, para identificar e interpretar los impactos ambientales de una actividad o proyecto, con el objeto de describir las acciones para mitigar o minimizar los efectos adversos.

La valoración de impacto ambiental básicamente puede llevarse a cabo desde el punto de vista ECOLOGICO Y ECONOMICO.

2.2. Descripción del ambiente físico

Suelos: El suelo en ambas zonas de estudio es llano en todo su contexto, con sedimento heterogéneo y depósitos fluvio - aluvionales, predominando las arenas limosas.

Aire: El Aire de estos distritos es muy saludable, pues es una zona de campo, con climas frescos en verano y en las demás estaciones.

La contaminación por transporte terrestre es mínima.

Agua: Actualmente el agua del río cuenta con una coloración oscura producto de lo ocasionado por el Niño Costero, poco a poco recuperando su transparencia.

2.3. Descripción de ambiente socio económico

El alcance del proyecto considera directamente a los habitantes de los caseríos de la playa de Cascajal y Garbanzal.

La ejecución no implica cambios significativos.

2.4. Descripción del ambiente paisajístico

La ejecución del proyecto, indudablemente mejorará el plano paisajístico, descolmatando las crecidas de vegetación en las inmediaciones de los puentes.

2.5. Descripción de los impactos físicos

Los impactos que se pueden presentar durante la ejecución del proyecto, son significativamente bajos, tanto en el suelo como en el aire. Entre estos impactos tenemos la emisión de ruidos en poca escala durante la operación de la maquinaria, lo cual no afectara auditivamente a operadores y personal presente.

Los beneficiados directos son las personas de las localidades y el ecosistema local de estos sectores; y los beneficiarios indirectos son la población entera de los caseríos.

3. MATRIZ DE RESULTADOS – MATRIZ DE LUNA LEOPOLD

3.1. MATRIZ RESPECTO A LAS INMEDIACIONES DEL PUENTE CASCAJAL

Acciones		Factores		Características físicas y químicas									Condiciones biológicas					Factores culturales					SINTESIS								
				Tierra			Agua			Atmosfera			Procesos			Flora		Fauna			Uso tierra		Recreacion		Interes estético			Nº de interacciones		Σ	
				Suelos	Forma de terreno	Superficial	Subterránea	Calidad del agua	Temperatura	Clima	Temperatura	Erosión	Sedimentación	Estabilidad de taludes	Productos agrícolas	Plantas acuáticas	Animales terrestres	Peces y moluscos	Insectos	Vida silvestre	Agricultura	Pesca	Navegación por placer	Salidas al campo	Calidad vida silvestre	Calidad espacio abierto	Diseño del paisaje				
																												-	+	-	+
Modificación del regimen	Modificación del habitat		+10/10	+5/5	+5/5	-4/2				+10/10	+3/7	-8/5	-8/8	-5/8	-8/5	-8/8						-8/8	+8/8	+6/5	7	7	49/44	47/50			
	Alteración de la cobertura vegetal del suelo	-5/5	-5/5						+6/8	+8/8		-8/5	-5/5	-5/5	-5/5	-8/8						-5/5	+8/8		8	2	46/43	14/16			
	Alteración del flujo de agua subterránea		+6/8		+6/8	-4/2																			1	2	4/2	12/16			
	Control de rios y modificación de flujo		+10/10	+8/9	+8/9	-2/5	-4/2		+8/9	+10/10	+5/7	-4/5	-4/5	-5/5	-5/8		-6/6	-4/5	-2/6				-6/6	+8/8	+6/5	10	8	42/53	63/67		
	Ruido y vibraciones	-8/8		-7/7	-7/7		-5/7							-6/6	-6/6		-6/6		-4/5	-6/6	-6/6	-6/6	-4/5			11	0	65/69	0/0		
Transformación del terreno y construcción	Caminos y senderos	-4/5	-4/5									-5/7										-5/6			4	0	18/23	0/0			
	Corte y relleno	+7/8	+7/8		+8/9	-4/2		+8/9	+10/10	+5/7	-4/6	-8/5	-5/5	-5/8		-6/6	-4/6	-2/6	-6/6	-6/6	-6/6	-4/5	+8/8	+6/5	11	8	54/61	59/64			
	Excavación de superficie	+5/8	+5/8					+8/9	+10/10	+5/7	-4/6	-5/5	-5/5	-5/5	-6/6	-4/6					-6/6	-4/5	+8/8	+6/5	7	7	34/39	47/55			
Modificación del terreno	Control de erosión	+8/9	+8/9					+8/9	+8/10	+6/8							-4/6								1	5	4/6	38/45			
	Paisajismo		+7/8	+6/8				+9/9	+10/10	+6/8	-6/6	-4/5			-4/5	-6/6	-2/6	+4/6	+4/6	+4/6	-4/6	+9/5	+8/8		6	9	26/33	63/72			
Accidentes	Falla operacional	-4/6	-5/6	-7/8	-7/8	-8/8	-3/5	-5/7	-2/4					-6/6	-6/6		-6/6		-4/5	-6/6	-6/6	-4/5	-5/5		16	0	84/97	0/0			
Síntesis	Nº de interacciones	-	4	3	2	2	5	2	1	0	0	6	3	8	5	3	8	6	5	3	5	8	1	0	82						
		+	3	7	3	4	0	0	0	0	6	7	6	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	5	5	48					
	Σ	-	21/24	14/16	14/15	14/15	10/13	19/13	10/14	2/4	0/0	0/0	31/35	20/15	44/45	27/36	18/15	47/48	30/37	14/28	18/18	29/30	39/44	5/5	0/0			426/470			
		+	20/25	53/61	19/22	27/31	0/0	0/0	0/0	0/0	47/53	66/68	30/44	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	4/6	4/6	0/0	41/41	32/28				343/385		
																												5,19/5,73	7,15/8,02		

Figura 49: Matriz de resultados en inmediaciones del puente Cascajal

ANEXO N° 07.02 MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE MAQUINARIA

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Tesis:	"ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAÑ. OLMOS ANTE MAXIMAS AVENIDAS"
Tesista:	Aguinga Ramírez Higeiny Adubel

CÁLCULO DE MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS

DESCOLMATACIÓN DEL RIO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASAJAL - DISTRITO DE OLMOS- PROVINCIA DE LAMBAYEQUE- LAMBAYEQUE

ORIGEN DESTINO	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD (KM/H)	TIEMPO (H)	
CHICLAYO - OLMOS	106.40	50.00	2.13	2.13 h
OLMOS - GARBANZAL	5.80	60.00	0.10	0.10 h
TOTAL	112.20	110.00	Σ	2.23 h

ORIGEN DESTINO	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD (KM/H)	TIEMPO (H)	
CHICLAYO - OLMOS	106.40	50.00	2.13	2.13 h
OLMOS - GARBANZAL	5.80	60.00	0.10	0.10 h
TOTAL	112.20	110.00	Σ	2.23 h

A.- MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION CHICLAYO - OLMOS

A.1- MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO

MAQUINARIAS	PESO KG	DISTRIBUCIÓN DE VIAJES SEMI - TRAYLER PLATAFORMA 6x4
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 170-250 HP	33800	1.00
TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	31980	1.00
TOTALES		2.00
DURACION DEL VIAJE DE IDA		2.13 h
FACTOR DE RETORNO VACIO		1.4
COSTO HORARIO ALQUILER EQUIPO		229.41
MOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO		977.29
DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO		977.29
SEGUROS DE TRANSPORTE		97.73
TOTAL MOVILIZACIÓN Y DESMOV. EQUIPO TRANSPORTADO		2052.30

A.2.- MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO AUTOTRANSPORTADO

CANT.	DESCRIPCION	V (Km/h)	HORAS	ALQUILER HORARIO	COSTO TOTAL S/.
1	VOLQUETE DE 15 M3	60.00	2.13	239.72	511.00
				MOVILIZACION	511.00
				DESMOVILIZACION	511.00
				SEGUROS 10%	102.20
				TOTAL	1124.20

MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION TOTAL - OLMOS 3176.50**B.- MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION OLMOS - GARBANZAL****B.1- MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO**

MAQUINARIAS	PESO KG	DISTRIBUCION DE VIAJES SEMI - TRAYLER PLATAFORMA 6x4
EXCAVADORA SOBRE ORUGAS 170-250 HP	33800	1.00
TRACTOR DE ORUGAS DE 300-330 HP	31980	1.00
TOTALES		2.00
DURACION DEL VIAJE DE IDA		0.10 h
FACTOR DE RETORNO VACIO		1.4
COSTO HORARIO ALQUILER EQUIPO		229.41
MOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO		45.882
DESMOVILIZACION DE EQUIPO TRANSPORTADO		45.882
SEGUROS DE TRANSPORTE		4.5882
TOTAL MOVILIZACIÓN Y DESMOV. EQUIPO TRANSPORTADO		96.35

B.2.- MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO AUTOTRANSPORTADO

CANT.	DESCRIPCION	V (Km/h)	HORAS	ALQUILER HORARIO	COSTO TOTAL S/.
1	VOLQUETE DE 15 M3	60.00	0.10	239.72	24.00
				MOVILIZACION	24.00
				DESMOVILIZACION	24.00
				SEGUROS 10%	4.80
				TOTAL	52.80

MOVILIZACION Y DESMOV. TOTAL - GARBANZAL 149.15

ANEXO N° 07.03 PLANILLA DE METRADOS

**PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN
6. PLANILLA DE METRADOS - VOL. DE CORTE INMEDIACIONES DEL PUENTE CASCAJAL**

Tesis:	"ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MAXMAS AVENIDAS"
Tesista:	Aguinaga Ramírez Higeiny Adubel

TABLA DE VOLUMENES			
ESTACION	AREA CORTE	VOL. CORTE	VOL. CORTE ACUMU.
0+000.00	949.02	0.00	0.00
0+020.00	174.37	11233.93	11233.93
0+040.00	170.98	3453.47	14687.40
0+060.00	167.41	3383.86	18071.26
0+080.00	164.23	3316.35	21387.61
0+100.00	160.76	3249.86	24637.47
0+120.00	157.33	3180.85	27818.32
0+140.00	154.11	3114.36	30932.68
0+160.00	150.98	3050.89	33983.57
0+180.00	147.70	2986.80	36970.37
0+200.00	144.66	2923.60	39893.97
0+220.00	139.00	2836.64	42730.61
0+240.00	134.20	2732.05	45462.66
0+260.00	141.42	2756.25	48218.91
0+280.00	160.35	3017.79	51236.70
0+300.00	158.28	3186.31	54423.01
0+320.00	153.17	3114.45	57537.46
0+340.00	153.27	3064.42	60601.88
0+360.00	157.05	3103.25	63705.13
0+380.00	158.84	3158.94	66864.07
0+400.00	168.95	3277.96	70142.03
0+420.00	178.44	3473.93	73615.96
0+440.00	197.50	3759.45	77375.41
0+460.00	218.90	4164.03	81539.44
0+480.00	231.77	4506.72	86046.16
0+500.00	218.01	4497.79	90543.95
0+520.00	181.98	3610.17	94154.12
0+540.00	188.23	3702.06	97856.18
0+560.00	188.38	3766.10	101622.28
0+580.00	193.19	3815.74	105438.02
0+600.00	182.44	3756.28	109194.30
0+620.00	175.19	3576.23	112770.53
0+640.00	187.58	3627.70	116398.23
0+660.00	183.00	3705.82	120104.05
0+680.00	181.56	3645.59	123749.64
0+700.00	187.73	3391.60	127141.24
0+720.00	197.68	3854.12	130995.36
0+740.00	212.61	4102.88	135098.24
0+760.00	235.79	4483.95	139582.19
0+780.00	263.04	4988.30	144570.49
0+800.00	264.27	5273.07	149843.56
0+820.00	259.34	5236.03	155079.59
0+840.00	252.87	5122.06	160201.65
0+860.00	265.82	5186.86	165388.51
0+880.00	293.77	5595.88	170984.39
0+900.00	295.29	5890.60	176874.99
0+920.00	286.13	5814.21	182689.20
0+940.00	265.12	5512.56	188201.76
0+960.00	256.87	5219.93	193421.69
0+980.00	245.39	5022.59	198444.28
1+000.00	239.13	4845.23	203289.51

ANEXO N° 07.04 CÁLCULO DE FLETE

PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN

Tesis:	"ESTUDIO DE LA SOCAVACIÓN EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLMOS ANTE MAXIMAS AVENIDAS "
Tesista:	Aguinaga Ramírez Higeiny Adubel

CÁLCULO DEL FLETE TERRESTRE

**DESCOLMATACIÓN DEL RÍO CASCAJAL AGUAS ABAJO EN EL PUENTE CASCAJAL – DISTRITO DE OLMOS
PROVINCIA DE LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE**

1. FLETE TERRESTRE PUCALÁ

CARACTERÍSTICAS DEL TRANSPORTE:

TRANSPORTE MOTORIZADO			
Características	Camión volquete		
Volumen máx. transporte	V =	4	M3
Peso máx. de transporte	P =	11.5	Tn
Costo hora maquina	C =	144.38	Soles
* Costo incluye operador, combustible, lubricantes .			

COSTO DEL VIAJE

ORIGEN DESTINO	DISTANCIA (KM)	VELOCIDAD (KM/H)	TIEMPO (H)	
CHICLAYO - OLMOS	112.20	50.00	2.24	2.24 h

CANT.	DESCRIPCION	V (Km/h)	HORAS	ALQUILER HORARIO	COSTO
1	VOLQUETE DE 4 M3	50.00	2.24	144.38	324.00
				MOVILIZACION	324.00
				DESMOVILIZACION	324.00
				SEGUROS 10%	64.80
				TOTAL	712.80

A.- POR PESO

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	PESO UNIT.	PESO TOTAL
Alambre negro N° 8	kg	2.5	1.00	2.50 Kg
Clavos con cabeza de 2 1/2", 3", 4 "	kg	5	1.00	5.00 Kg
Clavos de aluminio de 2"	und	35	0.05	1.75 Kg
Cemento Portland Tipo I (42.5 kg)	bol	1.5	42.50	63.75 Kg
Madera Tomillo	p2	310	1.60	496.00 Kg
Estacas de madera	und	8	0.70	5.60 Kg
Triplay de 4'x8'x6mm	pln	8.75	15.00	131.25 Kg
Chapa nacional de 2 golpes	und	0.5	2.50	1.25 Kg
Bisagra de fierro de 3"	und	1.00	0.50	0.50 Kg
Pintura esmalte	gal	0.2	4.00	0.80 Kg
Gigantografía según diseño	m2	25.92	7.00	181.44 Kg
Plancha de calamina de 1.10x2.44m	und	6.75	8.00	54.00 Kg
Cordel	m2	0.2	0.10	0.02 Kg
SS.HH casetas con Baños Portátiles	und	1.00	75.00	75.00 Kg
			TOTAL	1018.86 Kg

Costo de 1 viaje de transporte	712.80	Flete (Kg)
Costo de Transporte Motorizado por KG	0.062	S/. 63.15

B.- POR VOLUMEN

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD
Piedra mediana (Max 6")	m3	0.108
Homigón	m3	0.313
Agua	m3	0.065
	TOTAL	0.49m3

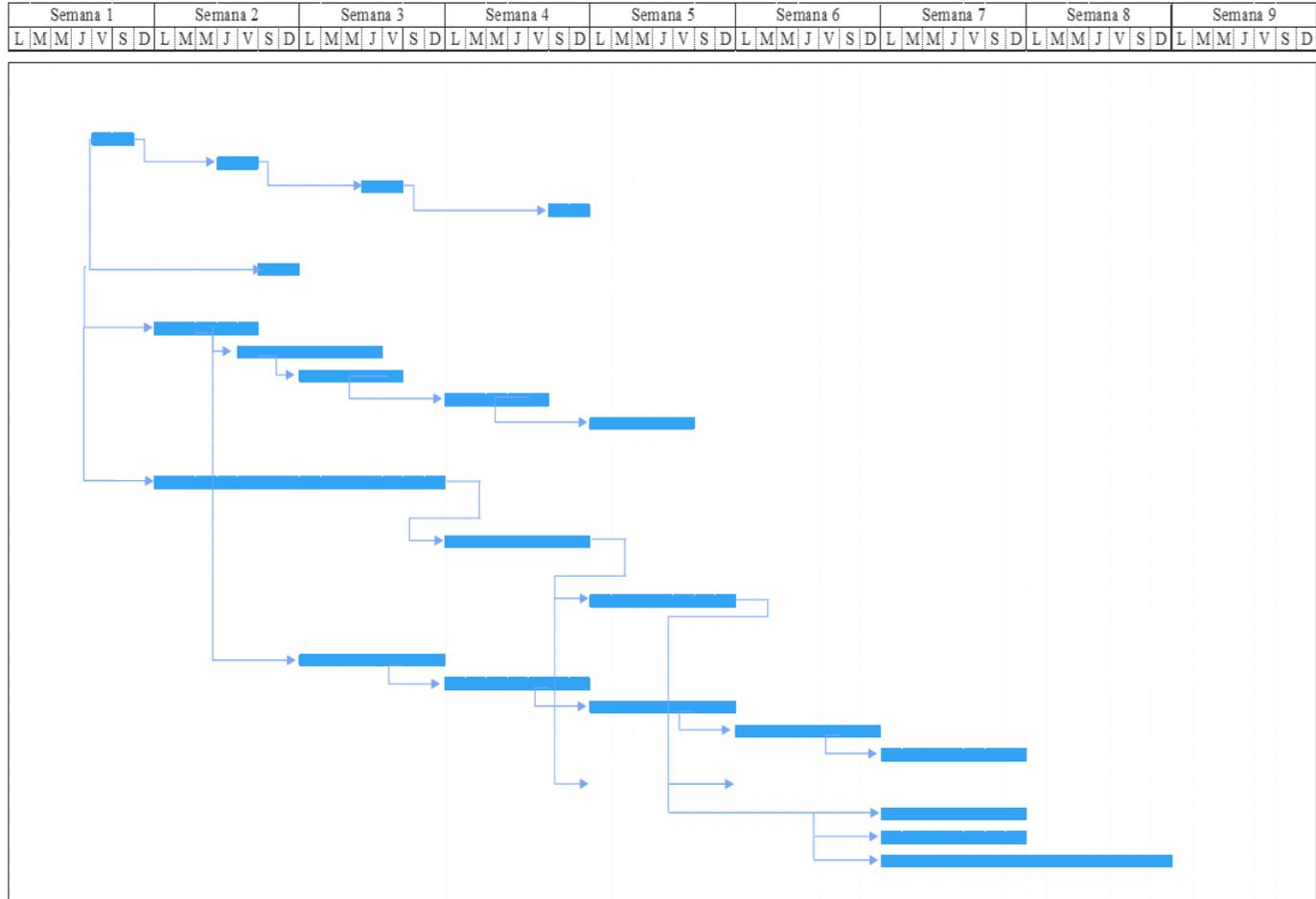
Costo de 1 viaje de transporte	712.80	Flete (m3)
Costo de Transporte Motorizado por M3	178.20	S/. 86.64

FLETE TOTAL OLMOS S/. 149.79

ANEXO N° 08 CRONOGRAMA

CRONOGRAMA - PLAN DE DESARROLLO DE TESIS

Nombre de Tarea	Duración	Comienzo	Fin
Extracción de muestras			
Calicata 1	2 días	10/09/2018	11/09/2018
Calicata 2	2 días	10/09/2018	11/09/2018
Calicata 3	2 días	10/09/2018	11/09/2018
Calicata 4	2 días	13/09/2018	14/09/2018
Calicata 5	2 días	13/09/2018	14/09/2018
Levantamiento Topografico			
Topografía del lugar	2 días	17/09/2018	18/09/2018
Ensayos de laboratorio			
Calicata 1	10 días	27/09/2018	6/10/2018
Calicata 2	10 días	29/09/2018	8/10/2018
Calicata 3	10 días	1/10/2018	10/10/2018
Calicata 4	10 días	2/10/2018	11/10/2018
Calicata 5	10 días	4/10/2018	13/10/2018
Estudio Hidrológico			
Programa Hcanales- HEC- RAS	15 días	29/09/2018	13/10/2018
Estudio Hidráulico			
	15 días	1/10/2018	15/10/2018
Medida de Mitigación			
	15 días	8/10/2018	22/10/2018
Calculo y Analisis de los Resultados de Laboratorio			
Calicata 1	7 días	5/10/2018	11/10/2018
Calicata 2	7 días	6/10/2018	12/10/2018
Calicata 3	7 días	8/10/2018	14/10/2018
Calicata 4	7 días	9/10/2018	15/10/2018
Calicata 5	7 días	9/10/2018	15/10/2018
Elaboracion de Planos			
Planos en Planta	10 días	9/10/2018	18/10/2018
Secc Transversales	10 días	9/10/2018	18/10/2018
Planos (otros)	14 días	15/10/2018	28/10/2018



TEMA: ESTUDIO DE LA SOCAVACION EN LOS ESTRIBOS DEL PUENTE CASCAJAL - OLM OS ANTE MAXIMAS
 AGUINAGA RAMIREZ HIGEINY ADUBEL

ANEXO N° 09 PANEL FOTOGRÁFICO



Figura 1: Puente Cascajal, la vista que se aprecia es de regreso a Olmos

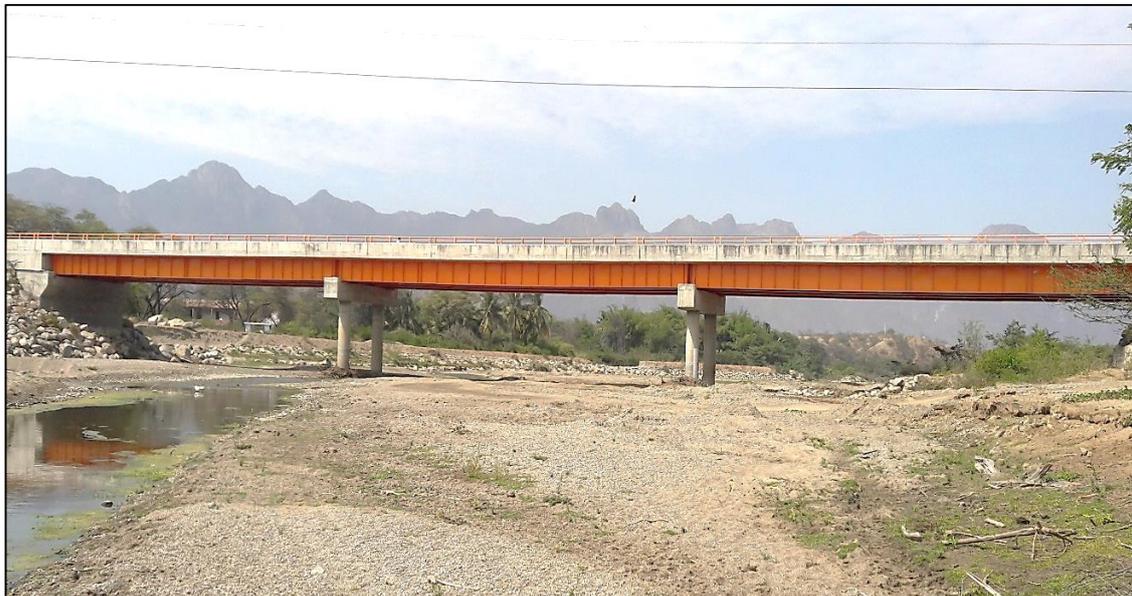


Figura 2: Puente Cascajal - Olmos; 93 metros de longitud y de ancho tiene 10.60 con todo berma, vereda y barandas.

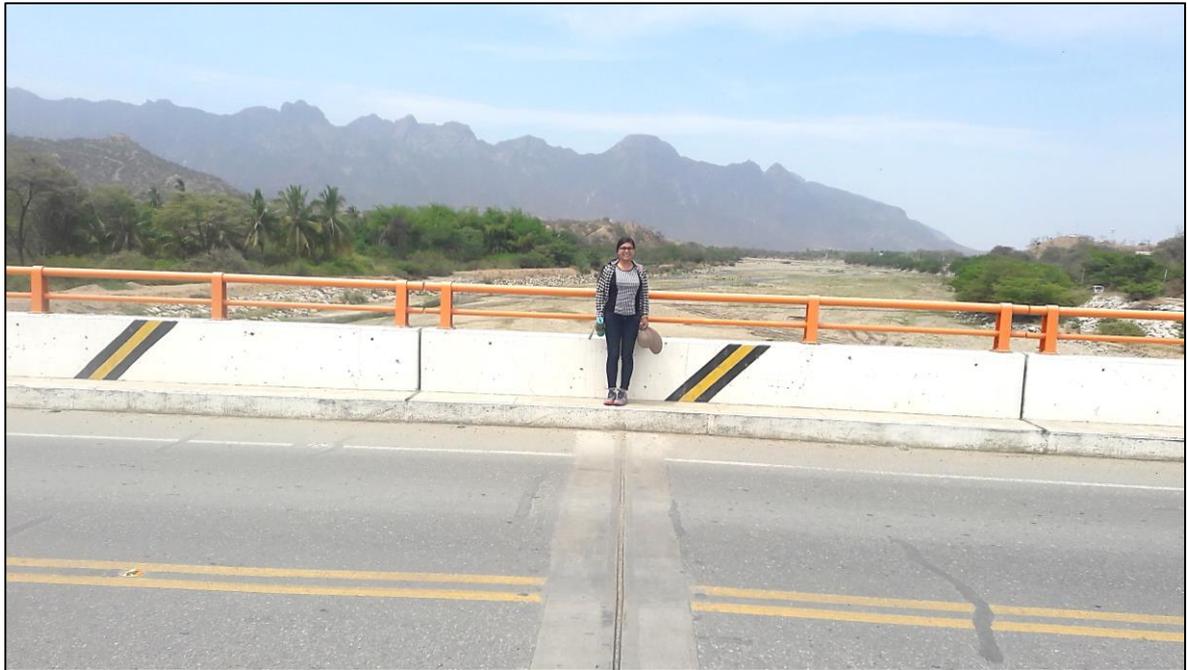


Figura 3: Tesista Aguinaga Ramírez en el puente Cascajal, la vista es aguas abajo del río.



Figura 4: Vista panorámica del río Cascajal, aguas arriba



Figura 50: Tesista Aguinaga Ramírez, en el puente Cascajal; vista panorámica del puente carretera a Piura.



Figura 6: Levantamiento topográfico aguas abajo



Figura 7: Borde de terreno natural margen derecha del rio, jalón con prisma



Figura 8: levantamiento en uno de los pilares de puente Cascajal



Figura 951: Calicata 1, extracción de muestra 1



Figura 10: Calicata 2, extracción de muestra 2



Figura 11: Tamizado de las muestras obtenidas en el rio Cascajal



Figura 52: Muestra en el equipo de casa grande, que nos permitirá encontrar el número de golpes

ANEXO N° 10 PLANOS