



**FACULTAD DE INGENIERÍA ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

TESIS

**“MODELACIÓN DEL FLUJO A SUPERFICIE LIBRE
EN EL CANAL TAYMI KM 33+000 AL KM 38+000,
LAMBAYEQUE”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

Autor:

Bach. Manay Mego Jesús Hoyler

<https://orcid.org/0000-0002-1922-6347>

Asesor:

Mg. Patazca Rojas Pedro Ramón

<https://orcid.org/0000-0001-9630-7936>

Línea de Investigación

Ingeniería de procesos

Pimentel – Perú

2019

TESIS
MODELACIÓN DEL FLUJO A SUPERFICIE LIBRE EN EL CANAL
TAYMI KM 33+000 AL KM 38+000, LAMBAYEQUE

Mg. Patazca Rojas Pedro Ramón

Asesor(a)

Dr. Coronado Zuloeta Omar

Presidente

Mg. Tepe Atoche Victor Manuel

Secretario

Mg. Marín Bardales Noé Humberto

Vocal

Dedicatoria

Dedico la investigación a Dios, por las gracias recibidas y permitirme culminar con esta meta tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por esforzarse y dedicar su tiempo hacia mi persona y hacer todo lo posible para seguir mis estudios en esta celebre universidad y por su ejemplo mostrado, para orientarme en el cumplimiento de cada una de mis metas.

Jesús Hoyler Manay Mego

Agradecimiento

A la escuela de ingeniería civil de la universidad Señor de Sipán, por su excelente plana docente que contribuyeron en mi formación profesional.

Al Dr. Ing. Ruiz Pico Ángel Antonio por el asesoramiento en el diseño y desarrollo del trabajo de investigación.

Al coordinador de escuela de Ingeniería civil, al Mg. Sócrates Pedro Muñoz Pérez, por el apoyo brindado.

Jesús Hoyler Manay Mego

Resumen

La investigación describe los procedimientos para la modelación del flujo a superficie libre del canal Taymi. Sabiendo que el canal tiene una forma de sección trapezoidal, Permitiendo verificar las dimensiones y materiales de construcción. El tramo estudiado del canal abarca del km 33 +000 al km 38 + 000 donde se puede verificar que en este tramo del canal se trabaja con 8 estaciones y por ende se recoge 8 muestras que nos permitirá analizar las medidas de caudales en diferentes puntos del tramo, así como también la toma de muestras de agua a diferentes profundidades. Donde nos permite recopilar la información necesaria, donde se analiza y se compara los valores obtenidos y se procede con el modelamiento del programa HEC- RAS a fin de obtener un resultado lo más ajustado a la realidad posible.

Palabras claves: Modelación, Canal Taymi, flujo, superficie libre

Abstract

The research describes the procedures for modeling the free surface flow of the Taymi channel. Knowing that the channel has a trapezoidal section shape, allowing to verify the dimensions and construction materials. The studied section of the channel covers from km 33 +000 to km 38 + 000 where it can be verified that in this section of the channel 8 stations are worked and therefore 8 samples are collected that will allow us to analyze the flow measurements in different points of the channel. stretch, as well as taking samples of water at different depths. Where it allows us to gather the necessary information, where the obtained values are analyzed and compared and we proceed with the modeling of the HEC RAS program in order to obtain a result that is as close to reality as possible.

Keywords: Modeling, Taymi Channel, flow, free surface

Índice

| | |
|--|----|
| I. INTRODUCCIÓN | 14 |
| 1.1. Realidad Problemática | 15 |
| 1.1.1. Nivel internacional | 18 |
| 1.1.2. Nivel nacional | 19 |
| 1.1.3. Nivel local | 20 |
| 1.2. Antecedentes de Estudio | 21 |
| 1.2.1. Nivel internacional | 21 |
| 1.2.2. Nivel nacional | 24 |
| 1.2.3. Nivel Local | 26 |
| 1.3. Teorías relacionadas al tema | 27 |
| 1.3.1. Variable Dependiente: | 27 |
| A. Canales | 27 |
| B. Clasificación de los canales | 28 |
| C. Secciones transversales del canal | 29 |
| D. Mecánica del transporte de sedimentos (nociones) | 30 |
| D.1. agua-sedimentos-mezcla | 30 |
| D.2. Comienzo del movimiento | 34 |
| D.3. Formas de fondo | 39 |
| E. Transporte de sedimentos | 43 |
| E.1. Clasificación | 43 |
| E.2. Definición de equilibrio de fondo | 45 |
| E.3. Cuantificación del transporte | 46 |
| 1.3.2. Variable independiente: | 48 |
| 1.3.3. Impacto ambiental | 50 |
| 1.3.4. Seguridad y salud ocupacional | 50 |
| 1.3.5. Gestión de riesgos y prevención de desastres | 51 |
| 1.3.6. Gestión de mantenimiento | 52 |
| 1.3.7. Normativa | 52 |
| 1.3.8. Estado del arte | 52 |
| 1.3.9. Definición de términos | 54 |
| 1.4. Formulación del problema | 55 |
| 1.5. Justificación e importancia de estudio | 55 |
| 1.6. Hipótesis | 56 |
| 1.7. Objetivos | 56 |

| | |
|--|-----|
| II. MATERIAL Y MÉTODO | 57 |
| 2.1. Tipo y diseño de investigación | 57 |
| 2.1.1. Tipo de investigación: | 57 |
| 2.1.2. Diseño de investigación: | 57 |
| 2.2. Población y muestra. | 58 |
| 2.2.1. Población | 58 |
| 2.2.2. Muestra | 58 |
| 2.3. Variables, Operacionalización | 58 |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 61 |
| 2.4.1. Técnicas de recolección de datos | 61 |
| 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad | 61 |
| 2.5. Procedimientos de análisis de datos | 62 |
| 2.5.1. Diagrama de flujo de procesos..... | 62 |
| 2.5.2. Descripción de procesos | 63 |
| 2.6. Criterios éticos | 63 |
| 2.7. Criterios de rigor científico: | 63 |
| 2.7.1. Credibilidad | 64 |
| 2.7.2. Fiabilidad | 64 |
| III. RESULTADOS | 65 |
| 3.1. Resultados de la investigación | 65 |
| 3.2. Discusión de resultados | 95 |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 100 |
| 4.1. Conclusiones | 100 |
| 4.2. Recomendaciones | 101 |
| V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 102 |
| VI. ANEXOS | 105 |
| 6.1. ANEXO A: Matriz de consistencia | 105 |
| 6.2. ANEXO B: Ensayo de sedimentación | 106 |
| 6.3. ANEXO C: Muestras de agua obtenidas en probetas de 25 ml | 107 |
| 6.4. ANEXO D: Muestras de agua obtenidas de probetas de 1000 ml | 108 |
| 6.5. ANEXO E: Medición de caudal | 109 |
| 6.6. ANEXO F: Plano de ubicación- localización (accesos) | 110 |
| 6.7. ANEXO G: Panel fotográfico | 111 |

Índice de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Regiones más afectadas en Perú a causa del fenómeno durante el niño costero en el año 2017, fuente ((Segundo Nuñez Juares, 2017) | 20 |
| Tabla 2: Clasificación del transporte de sedimentos, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)..... | 43 |
| Tabla 3: Criterio de Raudkivi para separación de modos de transporte de sedimentos, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)..... | 44 |
| Tabla 4: Operacionalizacion variable dependiente. Fuente: (Cordova Diaz, 2017)..... | 59 |
| Tabla 5: Operacionalizacion variable independiente. Fuente: (Cordova Diaz, 2017)..... | 60 |
| Tabla 6: Resultados del tiempo (T) y la velocidad (V) en los tramos establecidos con una distancia (D) constante, fuente (elaboración propia) | 67 |
| Tabla 7: resultados del análisis químico del agua, fuente (elaboración propia) | 71 |
| Tabla 8: Comparación de Resultados obtenidos mediante las figuras 46 y 47 fuente (elaboración propia)..... | 84 |

Índice de figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1: Reconocimiento del canal Taymi en el km 38+000, fuente (elaboración propia)..... | 15 |
| Figura 2: Determinando las características geométricas de la sección del canal en el km 38+000, fuente (elaboración propia) | 16 |
| Figura 3: localización de los tramos del canal estudiado, fuente (Arcgis) | 17 |
| Figura 4: Flujo en conductos, Fuente (Rodriguez Ruiz, 2008) | 27 |
| Figura 5: Seccion transversal irregular, fuente (Rodriguez Ruiz, 2008) | 28 |
| Figura 6: Secciones artificiales transversales tipos, fuente (Rodriguez Ruiz, 2008)..... | 29 |
| Figura 7: Canal artificial Taymi de sección Trapecial, fuente (elaboración propia) | 30 |
| Figura 8: principales ejes de una partícula ideal, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales) | 31 |
| Figura 9: Ejemplo de curvas granulométricas, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales) | 32 |
| Figura 10: Clasificación de los materiales sedimentarios de la América Geophysical Unión, Fuente (García Flores et al-1995) | 33 |
| Figura 11: Corte longitudinal que representa a un cauce, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales) | 35 |
| Figura 12: Movimiento turbulento liso (izq.) y rugoso (der.), fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)..... | 37 |
| Figura 13: Diagrama de shields, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)..... | 38 |
| Figura 14: Formas de fondo: (a) rizos, (b) dunas, (c) antidunas, (d) rápidos y pozos, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales) | 40 |
| Figura 15: Formas de fondo en un diagrama de Shields, Fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales) | 41 |
| Figura 16: Tensión del corte total dependiendo del número de Froude, Fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)..... | 42 |
| Figura 17: Esquemización de la balanza de Lane para la condición de equilibrio, fuente (hidráulica fluvial, conceptos básicos) | 45 |
| Figura 18: disponibilidad y capacidad con relación al transporte sólido, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)..... | 47 |
| Figura 19: Esquema de modelos hidráulicos una dimension (X), dos dimensiones (X,Y) y tres dimensiones(X,Y,Z), fuente (Vasquez Ojeda, 2003)..... | 49 |
| Figura 20: Modelación Hidráulica de un canal con el software Hec-Ras. Fuente (Goodell, 2018).. | 53 |
| Figura 21: Flujo de procesos de la tesis de investigación, fuente (elaboración propia) | 62 |
| Figura 22: Estableciendo las dimensiones y materiales de construcción del canal Taymi en el km 37+000, fuente (elaboración propia) | 65 |
| Figura 23: Estableciendo las medidas de los caudales en el punto del tramo, fuente (elaboración propia)..... | 66 |
| Figura 24: lectura del equipo in situ. Fuente (elaboración propia) | 69 |
| Figura 25: Momento en que se utiliza el equipo para establecer dicha lectura, Fuente (elaboración propia)..... | 69 |
| Figura 26: toma de muestras de agua a diferentes profundidades, Fuente (elaboración propia) | 70 |
| Figura 27: Análisis químico de las muestras, fuente (laboratorio de química USS) | 71 |
| Figura 28: con las muestras de agua para realizar el ensayo de sedimentación, fuente (elaboración propia)..... | 72 |
| Figura 29: probetas de 25 ml mezclado con el defloculante lista para agitar, fuente (elaboración propia) | 74 |

| | |
|---|----|
| Figura 30: probetas de 1000 ml introduciendo el hidrómetro para las lecturas correspondientes, fuente (elaboración propia) | 74 |
| Figura 31: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P1-A, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C..... | 75 |
| Figura 32: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P2-A, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C..... | 75 |
| Figura 33: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P3-A, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C..... | 76 |
| Figura 34: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P1-B, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C..... | 76 |
| Figura 35: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P2-B, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C..... | 77 |
| Figura 36: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra PROFUNDIDAD, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C..... | 77 |
| Figura 37: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación para todas las muestras del gráfico, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C | 78 |
| Figura 38: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra 1-C1, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO D..... | 78 |
| Figura 39: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra 1-C1, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO D..... | 79 |
| Figura 40: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación para las muestras del gráfico, fuente (elaboración propia).ver ANEXO D..... | 79 |
| Figura 41: Detalle de las etapas de un ensayo de sedimentación en el grafico la muestra P1-A, fuente (elaboración propia. Ver ANEXO C..... | 80 |
| Figura 42: sección de caída inclinada km 33+000, fuente (HEC-RAS):..... | 81 |
| Figura 43: sección de caída inclinada km 33+025, fuente (HEC-RAS)..... | 82 |
| Figura 44 valor mínimo del tirante en el km 36+200, para un caudal de 18.6450 m ³ /s fuente (HEC-RAS) | 83 |
| Figura 45 valor máximo del tirante en el km 37+975, para un caudal de 28.3630 m ³ /s fuente (HEC-RAS) | 83 |
| Figura 46 valores obtenidos del diseño hidráulico del canal Taymi en el Km 33+000 al Km 33+025 fuente (HEC-RAS) | 83 |
| Figura 47 valores obtenidos del diseño hidráulico del canal Taymi en el Km 33+000 al Km 33+025 fuente (H-CANALES)..... | 84 |
| Figura 48: Geometría de las secciones transversales del canal Taymi en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS) | 86 |
| Figura 49: Datos como caudales, intervalos de tiempo. Introducidos al programa en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS)..... | 87 |
| Figura 50: transporte de sedimentos a lo largo del canal en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS) | 88 |
| Figura 51: duración de la carga de sedimentos a lo largo del canal en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS) | 89 |
| Figura 52: cambio de inversión en el perfil, con fecha 01 de mayo del 2018, fuente (HEC RAS) .. | 90 |
| Figura 53: Interacción del flujo a través del tiempo, fuente (HEC RAS)..... | 91 |
| Figura 54: Resultados finales del modelo de funcionamiento hidrológico sedimentológico, fuente (HEC RAS) | 91 |
| Figura 55: Valores obtenidos para un periodo de retorno de 20 años con un caudal de 25.20 m ³ /s, fuente (programa HEC RAS)..... | 93 |

| | |
|---|-----|
| Figura 56 : Valores obtenidos para un periodo de retorno de 100 años con un caudal de 35.20 m ³ /s, fuente (programa HEC RAS) | 93 |
| Figura 57: Valores obtenidos para un periodo de retorno de 100 años con un caudal de 45.20 m ³ /s, fuente (programa HEC RAS) | 94 |
| Figura 58: en este tramo observamos el tipo de material de construcción y la ausencia de barandas, fuente (elaboración propia) | 95 |
| Figura 59: resultados obtenidos con el correntómetro electromagnético o molinete, fuente (elaboración propia) | 96 |
| Figura 60: Matriz de consistencia, fuente (elaboración propia)..... | 105 |
| Figura 61: Formato para la práctica de ensayo de sedimentación, fuente (prácticas de laboratorio de suelos y pavimentos de la universidad señor de sipán)..... | 106 |
| Figura 62: muestras de agua para la determinación de sedimentación para probetas de 25 ml, fuente (elaboración propia) | 107 |
| Figura 63: muestras de agua para la determinación de sedimentación para probetas de 1000 ml, fuente (elaboración propia) | 108 |
| Figura 64: Formato para la práctica de medición de caudal, utilizando el correntómetro electromagnético fuente (prácticas de laboratorio, Equipo de hidráulica de la universidad señor de sipán)..... | 109 |
| Figura 65: Canal Taymi, Fuente (google maps) | 110 |
| Figura 66: Canal Taymi, Km 33+215.5, fuente (google maps) | 110 |
| Figura 67: Reconocimiento de campo del proyecto, fuente (elaboración propia) | 111 |
| Figura 68: Instalación del correntómetro electromagnético o molinete para la medición de la velocidad del canal en el tramo estudiado, fuente (elaboración propia) | 111 |

Índice de ecuaciones

| | |
|---|----|
| Ecuación 1: densidad relativa sumergida | 31 |
| Ecuación 2: Varianza de una muestra..... | 32 |
| Ecuación 3: tensión de corte adimensional..... | 34 |
| Ecuación 4: Resistencia del flujo en el fondo..... | 35 |
| Ecuación 5: Resistencia del flujo en el fondo para causes muy anchos | 35 |
| Ecuación 6: velocidad de corte..... | 36 |
| Ecuación 7: Resistencia del flujo en el fondo en función a la velocidad de corte | 36 |
| Ecuación 8: Parámetro adimensional en términos de la velocidad de corte..... | 36 |
| Ecuación 9: Número de Reynolds granular | 36 |
| Ecuación 10: Relación del espesor nominal adimensional de la subcapa viscosa con el número de Reynolds granular | 37 |
| Ecuación 11: espesor nominal adimensional de la subcapa viscosa | 37 |
| Ecuación 12: Transporte de sedimentos total | 43 |
| Ecuación 13: Caudal solido unitario..... | 47 |
| Ecuación 14: Caudal del canal | 68 |
| Ecuación 15: Área de la sección del canal trapezoidal | 68 |

I. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo, el país ha promovido con mayor producción la agricultura, siendo dicha actividad una de las más importantes con respecto a la economía. De tal manera, No es difícil de entender que habrá una urgencia de alcance y anteproyecto de infraestructura hidráulica tales como para el ramal, captación, repartición y conducción del fluido para los lugares de irrigación, incluso hay estructuras que no cumplen con el óptimo estado por tanto se debe de mejorar, lo cual incluye el canal Taymi que es el canal a estudiar ubicado en **Ferreñafe - Manuel Antonio Mesones Muro - Lambayeque**.

Sabiendo que en estos años la ingeniera hidráulica ha ido evolucionando con sus herramientas de computación para ver el comportamiento del flujo (modelamiento hidráulico) de las estructuras ya existentes, que normalmente se desarrolla por métodos experimentales (empíricos), es necesario perfeccionar el anteproyecto de infraestructura hidráulica y se puede perfeccionar gracias a los programas de modelamientos hidráulicos.

Para el desarrollo de tesis, se verifica el Modelamiento del flujo a superficie libre en el canal Taymi del Km 33+000, al km 38+000, empleando el software HEC-RAS, fomentado por el cuerpo de ingenieros del ejército de los estados unidos. United States Corps of Engineers (USACE).

1.1. Realidad Problemática.

En el trayecto de la cuenca Chancay de Lambayeque, se ha observado dificultades con respecto a la eficiencia en el riego, ya que en los canales hay irregularidades y por ende perjudican a los beneficiarios de las parcelas.

Análoga es la dificultad que está sucediendo en el subsector de regadío en Ferreñafe, ya que dicho subsector está dependiendo del canal Taymi para adquirir el flujo (agua) para los cultivos. Hace unos meses atrás el canal Taymi se encontró en mantenimiento (limpieza del canal), con una geometría del canal de forma trapezoidal. Tal como se puede observar en la **(figura 1)**



Figura 1: Reconocimiento del canal Taymi en el km 38+000, fuente (elaboración propia)

Dicho canal se construyó a finales del periodo de 1970, está localizado en el departamento de Lambayeque, tiene una longitud de **48.8 km** siendo una de las primordiales obras de infraestructura. Tiene una capacidad de conducción que va variando desde **65 m³/s** en el inicio de su tramo, hasta **25 m³/s** en la etapa final del trayecto. Suministrando a las partes de Morrope, Mochumí, Túcume y **Ferreñafe**.

Manuel Antonio Mesones Muro, es un distrito de Ferreñafe, Se le conoce como **Tres Tomas**, localizado en el Departamento de Lambayeque.

Límites del distrito: **NORTE:** (Pitipo), **SUR:** (Pátapo, Túman y Picsi), **ESTE:** (Chongoyape), **OESTE:** **Ferreñafe**.

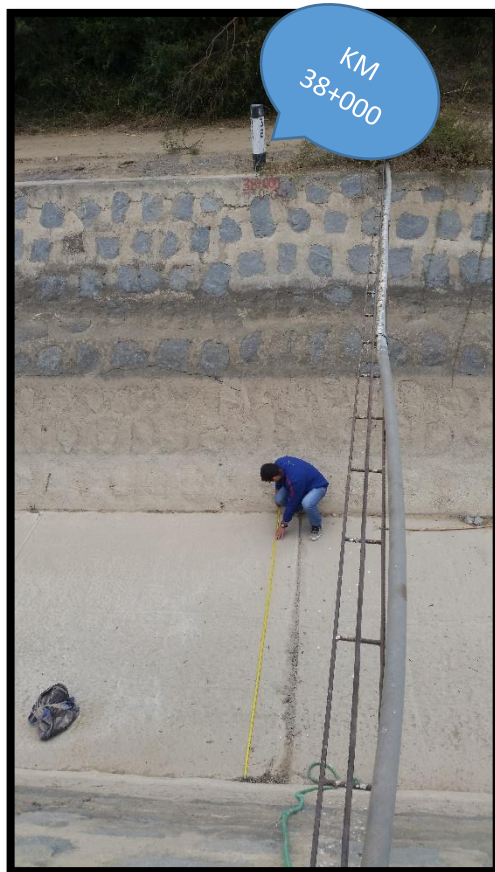


Figura 2: determinando las características geométricas de la sección del canal en el km 38+000, fuente (elaboración propia)

En la figura 2, observamos el trabajo realizado en campo, en este caso determinando la medición respectiva para las características geométricas.

Para la investigación que se está desarrollando abarca específicamente el intervalo del **km 33+000 al km 38+000** del canal Taymi localizado en **Manuel Antonio Mesones Muro**

La localización de los tramos se detalla en la **figura 3**.

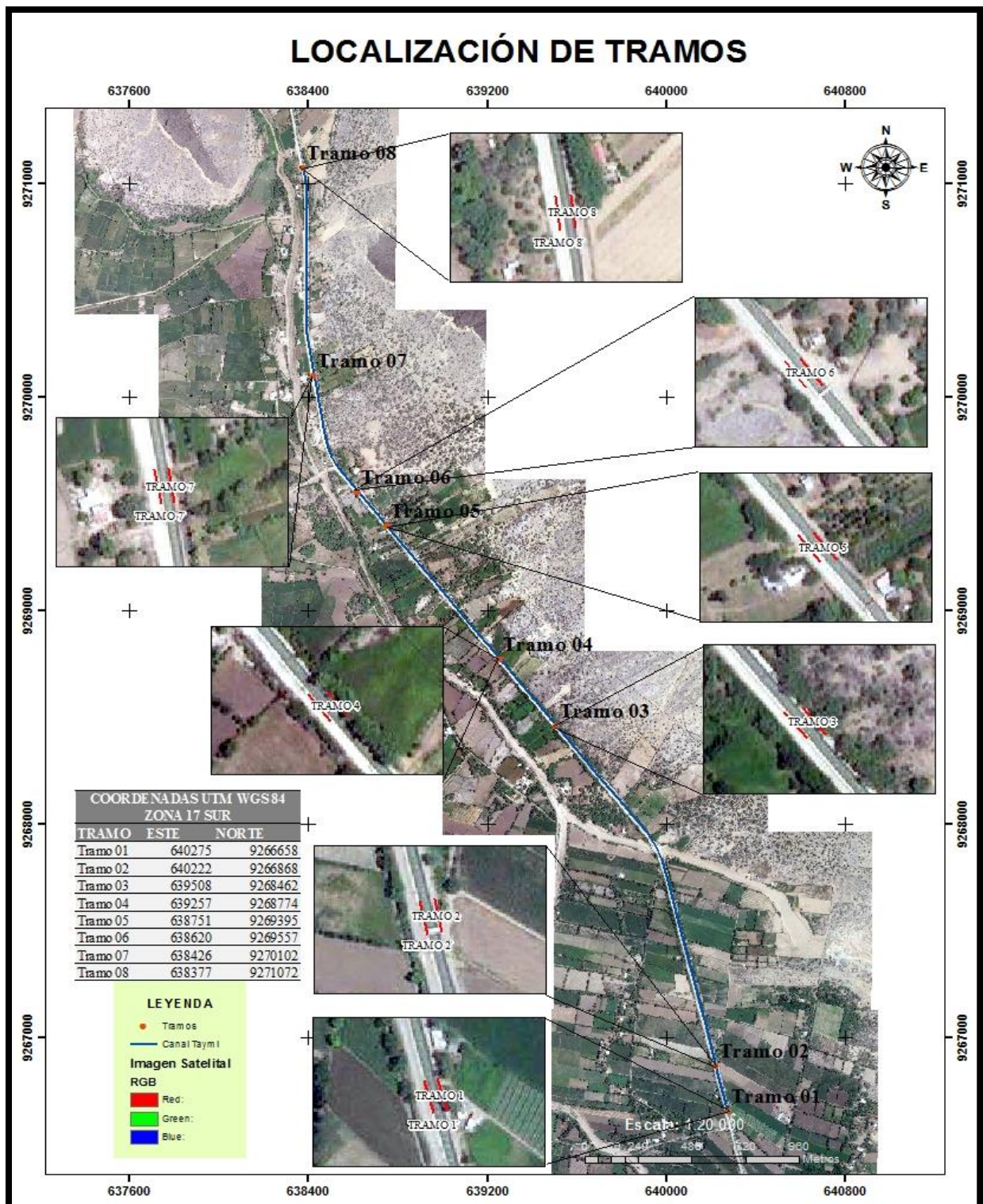


Figura 3: localización de los tramos del canal estudiado, fuente (Arcgis)

1.1.1. Nivel internacional.

De acuerdo con (Gonzales, 2010) Los sistemas costeros de aguas someras llámese como estuarios, bahías, marismas y caños se muestran como una singularidad e inconsistencia ambiental ya que normalmente están atados a la actividad humana. Mostrando característica de tipo hidrodinámico condicionando de algún modo un proceso físico como una evolución morfodinámica así como también el transporte de sedimentos de algunos sustratos biogeoquímicos.

Según (Medina, 2002) La Directiva Marco del agua 2000/60/CE, actualmente define a las aguas de transición como masas de agua superficial donde las aguas de los ríos son parcialmente salinas producto de su cercanía a las aguas costeras, donde recibe un importante dominio de flujos de agua dulce, hay abundantes estudios encaminados a su conservación y rehabilitación. Que se consideran excelentes hábitats, entonces es justo que se cuente con herramientas precisas para dicha gestión

Conforme a (Weber A. M., 2002) Se ha notado en cuantiosas aplicaciones de la ingeniería hidráulica que se debe aproximar la repartición transversal de la velocidad en canales de sección tipo compuesta, que normalmente constituye el canal primordial y llana de desbordamiento a ambos bordes. Agregado a este tipo de fenómeno que es la distribución de velocidades, se vincula la existencia de tensiones de corrientes secundarias y corte transversal. Temas que han sido analizados por investigadores, de forma numérica como experimental.

1.1.2. Nivel nacional.

De acuerdo con (Flor, 2012) El agua apta para el consumo humano (agua potable), es aquella que es segura, es decir no contiene microorganismos (echerichia coli, coliformes totales y fecales), sin embargo el agua contaminada es aquella que contiene microbios y otras impurezas, ya que por la cual es necesario que pase por un tratamiento para minimizar los contaminantes que se encuentran en el agua, sabiendo que tiene etapas de pretratamiento, también tratamiento primario, como tratamiento secundario y a su vez tratamiento terciario también llamado tratamiento físico-químico-biológico. Con la finalidad de obtener aguas con las características adecuadas para el consumo humano.

Conforme a (Rojas Rubio, 2010) Se muestran distintos tipos de suelos donde la práctica de riego de la napa freática no disminuye con la ligereza que se necesita. Ya que se produce deterioros en los cultivos causando mayores pérdidas. Tener en cuenta que para solucionar dicho problema se necesitara drenar de manera ordenada las tierras que se deben de cultivar. Por ende si no se construye adecuadamente un drenaje ya sea en una ciudad o una carretera, esto aportara al daño de la estructura. Si diseñamos un fructífero sistema de drenaje hay que tener presente muchos factores donde lo importante para el sistema es reducir la distancia que el fluido circula en el medio poroso.

Según (Yzocupea, 2002) La bahía paracas es un hermoso lugar situado en la costa sur del Perú. El área de estudio central está ubicado entre el 13°40' y el 13°52' al sur (latitud), el 76°12' y el 76°20' de oeste (longitud). Esta bahía es conocida por su gran riqueza hidrobiológica e intereses turísticos. Pero, desafortunadamente también existe un fuerte desarrollo industrial pesquero que vierte sus aguas de desecho a la entrada de la bahía.

1.1.3. Nivel local.

De acuerdo con (Segundo Nuñez Juares, 2017) Las regiones más afectadas en Perú a causa del fenómeno durante el Niño Costero en el año 2017 se resumen a continuación:

Tabla 1: Regiones más afectadas en Perú a causa del fenómeno durante el niño costero en el año 2017, fuente ((Segundo Nuñez Juares, 2017)

| Región | Damnificados | Afectados | Viviendas colapsadas |
|--------------------|---------------------|------------------|-----------------------------|
| Lambayeque | 41237 | 93486 | 4483 |
| Piura | 18996 | 225492 | 2250 |
| Lima | 4972 | 17320 | 1085 |
| La libertad | 3606 | 17071 | 542 |
| Tumbes | 380 | 21792 | 5 |

Según el gobierno nacional son las regiones que se encuentran bajo declaratoria de estado de Emergencia.

Conforme a (Agapito, 2017) Nos narra que a mediados de las 9:30 de la noche, los vecinos de Mesones Muro - Ferreñafe, Mencionaron que el canal Taymi se había rebosado.

“se sabe que el desbordamiento afecto los sectores de cultivo y no en zonas de viviendas por ende se está habilitando el río viejo para que se pueda desviar por allí el agua”, señaló el jefe de Imagen de la Municipalidad de Ferreñafe, Juan Carlos Agapito Chepe.

Según (Ugaz, 2011) Se hace hincapié a la siguiente incógnita: ¿Existe necesidad de gestionar la demanda de agua superficial en la unidad hídrica Chancay - Lambayeque?

Con respecto a la interrogante se aspira lo siguiente: hacer valido el modelo de dirección de la demanda de agua superficial fundado en el enfoque del recurso hídrico en la unidad hídrica Chancay – Lambayeque.

1.2. Antecedentes de Estudio.

1.2.1. Nivel internacional.

De acuerdo con (Trehwela Palacios, 2015) Nos da a conocer en su libro de tesis cuyo **Título** es “Modelo numérico para flujos bidimensionales de fluidos no-newtonianos sobre topografías complejas”, para recibir el **Grado** académico de Magister en ciencias de la ingeniería, Mención recursos y medio ambiente hídrico de la **Universidad** de Chile, tipo de **investigación** experimental, identifiqué el **Problema** “...probar que un modelo de código abierto sea capaz de modelar flujos geofísicos de agua...”; además, se tiene por **Objetivo** que mediante programas de simulaciones numéricas se puede analizar flujos de fluidos no – newtonianos, consiguiéndose por **Conclusión** que para futuros usos del mencionado modelo fue adecuada la estabilidad numérica de las modelaciones y por ende genere expectativas, por tanto se **Recomienda** destacar buenos datos de ingreso para el mencionado modelo en las simulaciones numéricas de flujos de topografías reales. En el trabajo, se identificó como un aspecto **relevante**, que dicho modelo numérico está apto a reproducir flujos bidimensionales de fluidos no-newtonianos sobre superficies reales.

Conforme a (Torres Pineda, 2015) en el Proyecto de investigación cuyo **Título** es “Modelación Hidráulica de las condiciones actuales del tramo calamar Santa Lucia en el canal del Dique”, Requisito para recibir el **Título** de Especialista en recursos hidráulicos y medio ambiente ,de la **Escuela** Colombiana de Ingeniería, tipo de **investigación** experimental, identifiqué el **Problema** “...probar que las condiciones actuales del canal Dique sea capaz de modelar los tipos de ...”; además, el **Objetivo** elaborar un modelo hidráulico numérico de un tramo del canal Dique, usando el software HEC-RAS, en el cual se simulara flujo permanente, no permanente, cuasi permanente y transporte de sedimentos, obteniéndose por **Conclusión** que los niveles calculados con el modelo HEC-RAS representan adecuadamente los respectivos niveles registrados, por tanto se **Recomienda** destacar los datos de ingreso para el mencionado modelo para las simulaciones numéricas de los tipos de flujos. En el trabajo, pudo identificarse como aspecto **relevante** que el modelo es capaz de propagar tipos de flujos en dicho canal.

Según (Hernandez A. V., 2014) en el libro de tesis cuyo **Título** es “Aplicación de un modelo turbulento bidimensional para la simulación de flujo a superficie libre en un canal horizontal” para recibir el **Grado** académico de Magister en ingeniería-Recursos Hidráulicos perteneciente a la **Universidad** Nacional de Colombia, cuya **investigación** es de tipo experimental, identifico el **Problema** “... menciona que dichas ecuaciones de Navier-stokes algunas veces se resolverán analíticamente...”; además, el **Objetivo** es resolver la dificultad que un modelo de flujo turbulento puede desempeñar, obteniéndose por **Conclusión** Que se comprenda que al utilizar el paquete computacional OpenFOAM en su estructura y etapas en los asuntos de la dinámica de fluidos computacional se obtiene una importante simulación para los contratiempos de flujos a superficie libre.

Entonces se **Recomienda** planificar para que se pueda desarrollar la limpieza tanto en el fondo y en las paredes del canal horizontal, además del inconveniente del flujo a superficie libre, se identificó como un aspecto **Relevante** investigar, y cotejar los resultados que se han modelado en OpenFOAM, empleando distintos modelos de turbulencia.

Conforme a (Cuervo Muñoz, 2012) en el libro de tesis cuyo **Título** es “Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional (HEC-RAS) y bidimensional (IBER) en el análisis del rompimiento de presas de materiales sueltos”, Proyecto previo para obtener el **Título** de Master en recursos Hídricos, de la **Universidad** Politécnica de Catalunya de España, tipo de **investigación** experimental, identifico el **Problema** “...refiriéndose que cuando la dificultad del flujo (agua) se localiza muy cerca al calado crítico (número de froude cercanos a 1) se presentaran algunos obstáculos de inestabilidad...”; además el **Objetivo** Que mediante la determinación, de las diferencias del hidrograma de salida generada por el rompimiento de presas de los materiales sueltos, se usa para obtener un hidrograma de tipo tanto numérico unidimensional y bidimensional. obteniéndose por **Conclusión** que mediante un estudio de comparación entre los programas de modelación IBER y HEC – RAS usando esquemas de distintos cálculos para determinar posibles soluciones de las ecuaciones de Saint Venant, el programa IBER utilizo el esquema de volúmenes finitos mientras tanto el programa HEC – RAS utilizo el esquema implícito en diferencias finitas, y los resultados que se obtuvieron en ambos programas para la

rotura de presas de los materiales sueltos son casi parecidos, por tanto se **Recomienda** que Mediante los resultados mostrados a pesar de la similitud pueden no ser verdaderos entonces se debe de realizar con mucho cuidado los programas mencionados, identificándose la **relevancia** del proyecto de reducir valores del tiempo hasta 1 minuto para prevenir los contratiempos de inestabilidad inclusive reducir valores de tiempo del orden de los segundos si fuera necesario.

Según (Hamad, 2008) en el libro de tesis cuyo **Título** es “Aplicaciones del modelo Hec-Ras para el análisis del flujo no permanente con superficie libre”, Para obtener el **Grado** académico de Ingeniero Civil en la **Escuela** Politécnica Nacional de Ecuador, donde la **investigación** es de tipo experimental, identifiqué el **Problema** “...desarrollar los flujos y el sistema de transporte además de evacuar caudales con velocidades bajas y pendientes medias, con secciones de tipo compuestas e irregulares...”; además el **Objetivo** es con respecto a la base teórica del flujo no permanente efectuar una asimilación en caudales artificiales y obtener un aplicativo del modelo numérico HEC-RAS para su simulación mostrando sus respectivas ventajas y limitaciones, obteniéndose por **Conclusión** que el primordial intervalo para la modelación es el coeficiente n de Manning (rugosidad), por tanto no existen estrategias de calibración en la modelación, por ende se **Recomienda** calibrar de manera fácil con el fin de adecuar los valores n de Manning, identificándose la **relevancia** en este proyecto de conducir de manera pausada el caudal de diseño o a la ampliación del tiempo de retorno o de vida útil de dichos diques perimetrales.

1.2.2. Nivel nacional.

Conforme a (Samame, 2015) en su proyecto de tesis cuyo **Título** es “Optimización del diseño hidráulico del proyecto Miraflores utilizando el modelo numérico telemac-2D”, Tesis para optar el **Grado** académico de Ingeniero Civil de la **Universidad** de Piura, Donde la **investigación** es de tipo experimental, identifico el **Problema** “...que al modelar de manera precisa el comportamiento del flujo de agua fue aumentando. Dichos fenómenos donde estuvieron implicados presentaron un comportamiento de manera hidrodinámica tridimensional que de alguna manera no puede ser deducido claramente con el uso de fórmulas y gráficos...”; además el **Objetivo** es ofrecer de alguna u otra manera aportaciones trascendentales para hacer mejor el funcionamiento del programa Telemac-2D y en un futuro proponer simulaciones numéricas, obteniéndose por **Conclusión** con respecto al programa Telemac – 2D primero se debe de realizar el modelo numérico y luego el modelo físico para una buena optimización en el diseño de dichas estructuras hidráulicas , por tanto se **Recomienda** que se trabaje con procesadores en paralelo, para la obtención de un buen tiempo, Dicho proyecto genera gran impacto en el norte del país y es **relevante** la obra de ingeniería, en el cual se presentan fenómenos hidráulicos de condición tridimensional.

Según (Flores, 2015) en el libro de tesis cuyo **Título** es “Análisis comparativo de un modelo hidrodinámico unidimensional para flujo newtonianos y no newtonianos del río seco zona urbana Tacna”, Proyecto para obtener el **Grado** académico de Ingeniero Geólogo – Geotécnico de la **Universidad** Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna. Donde la **investigación** es de tipo experimental, identifico el **Problema** “...de no existir actualmente modelos unidimensionales que permiten examinar tanto el flujo newtoniano como no newtoniano haciendo énfasis para examinar el comportamiento del flujo específicamente en las quebradas de la Región Tacna...”; además el **Objetivo** es examinar y fabricar un modelo de tipo unidimensional así ejecutar un análisis de comparación tanto de un flujo newtoniano como de un flujo no newtoniano del río Seco localizada en la ciudad de Tacna, obteniéndose por **Conclusión** para un modelo unidimensional se compara el las aguas con sedimentos y el flujo de aguas claras, donde claramente se observó

que los tirantes del flujo están aumentando en función a la concentración volumétrica de sedimentos y que la velocidad del flujo está disminuyendo de la misma manera en función de la concentración volumétrica de sedimentos, por tanto se **Recomienda** Realizar el tipo de modelación hidrodinámica con sedimentos a través de todo el tramo del cauce Caplina y así analizar y poder determinar aumento de áreas vulnerables, identificándose la **relevancia** de ejecutar un amplio análisis tanto del flujo de aguas claras como el flujo de aguas con sedimentos para variados escenarios.

De acuerdo con (César Barreto, 2015) en el libro de tesis cuyo **Título** es “Investigación Hidráulica utilizando un modelo numérico 3D de la presa Tablones alto- Chincas”, Proyecto para obtener el **Título de** Ingeniero Civil de la **Universidad** de Piura. La **investigación** es de tipo experimental, identifico el **Problema** “...Refiriéndose a la implementación de nuevas tierras de cultivo que abastece a las cuencas de los ríos Casma, Santa, Sechin y Nepeña. Donde es una de las estructuras más importantes respecto a la captación ...”; además el **Objetivo** es brindar una amplia visión para mostrar que las obras de irrigación cumplen un papel importante en el Perú, obteniéndose por **Conclusión** desarrollar los principales tipos de modelos numéricos de tal manera que puedan solucionar el problema antes mencionado, por tanto se **Recomienda** que para desarrollar una modelación numérica siempre se tiene que evaluar el tipo de estructura a representar, identificándose la **relevancia** de analizar los modelos numéricos aplicados en estructuras hidráulicas que permitan determinar que los valores obtenidos sean lo más cercano a la realidad.

Según (Luis Edgardo, 2013) en el libro de tesis cuyo **Título** es “Diseño hidráulico del canal de disipación que conecta un conducto con flujo supercrítico con un aforador parshall, Empleando un modelo a escala”, Proyecto para obtener el **Grado** académico de Ingeniero Civil de la pontificia **Universidad** Católica del Perú, donde la **investigación** es de tipo experimental, además se identificó el **Problema** “...Realizando los ensayos de un modelo físico a escala, se podrá alcanzar el flujo subcritico...”; además el **Objetivo** Es la aproximación necesaria de la longitud del canal, además se tiene en cuenta su rugosidad en el fondo y la disipación de dicho canal para que se obtenga el flujo de régimen subcritico, obteniéndose por

Conclusión Se observó que el canal fue de base empedrada, además el tipo de flujo que se obtuvo es de régimen subcrítico ya que el número de Froude es equivalente a 0,79, por tanto se **Recomienda** la sistematización de la matriz que debe realizarse durante el ensayo mostrando el procedimiento de las mediciones, La **relevancia** en este proyecto es la aplicación y el desarrollo de un modelo físico, construido a escala.

1.2.3. Nivel Local

De acuerdo con (Torres Sanchez, 2017) en el libro de tesis cuyo **Título** denominado “Diseño hidráulico y Modelamiento en HEC-RAS del Canal de concreto y de obras de Arte del Proyecto Carpintero-Tramo Km 0+000 al Km 5+000”, Tesis para obtener el **Grado** académico de Ingeniero Civil de la **Universidad** Peruana de Ciencias Aplicadas, Donde la **investigación** es de tipo Experimental, en el transcurso del valle Chancay localizado en Lambayeque, se suscitan algunos **Problemas** donde la eficiencia de riego es muy baja ya que las filtraciones que se suscitan en los canales distribuyen dicho recurso hídrico a las parcelas beneficiadas, además el **Objetivo** es ejecutar un diseño de dicho canal y sus obras de arte mediante el cual se utiliza los criterios del Bureau of Reclamation y la modelación respectiva del flujo en el mencionado canal, obteniéndose por **Conclusión** que dicho canal se abstendrá de los problemas con respecto a la sedimentación ya que su velocidad mínima de 1.03 m/s, Valor que es superior a la velocidad mínima (0.762 m/s), por tanto se **Recomienda** la modelación del flujo del agua con el mencionado programa HEC-RAS ya que se debe realizar junto con el diseño del canal y obras de arte, de tal manera se verifica que el diseño que se realiza funcione y no se originen problemas en el flujo de agua, se identificó como un aspecto **relevante** elaborar propuestas para el diseño del mencionado canal y sus obras de arte empleando criterios de diseño que son recomendados por el Bureau of Reclamation, además será comparado con los resultados obtenidos con el programa HEC-RAS, Para validar la proximidad de sus resultados.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Variable Dependiente:

Superficie libre del canal

A. Canales

Recibe el nombre de canales aquellos canales artificiales que tienen forma regular de conducir el agua. Donde el flujo se produce sin presión existiendo siempre una superficie libre por lo cual se obtiene la presión atmosférica. Por tanto se considera un canal a todo conducto cerrado, que se funciona parcialmente lleno.

Además reciben el nombre de canales abiertos a todo conducto que va a cielo abierto.

Según (Rojas Rubio, 2010)

Llámesese conductos abiertos o conductos cerrados a dichos canales por donde el agua toma su movimiento gracias a la acción de la gravedad y no teniendo presión alguna, sabiendo que **la superficie libre** del fluido está en contacto con la atmósfera lo que implica que el agua fluye de manera impulsada por la presión atmosférica y por su propio peso. **Según** (Rodríguez Ruiz, 2008)

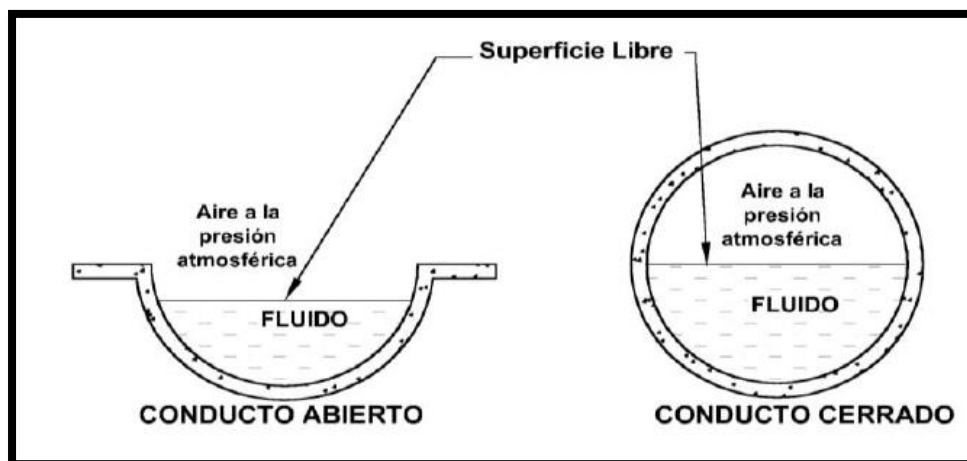


Figura 4: Flujo en conductos, Fuente (Rodríguez Ruiz, 2008)

B. Clasificación de los canales

Según su origen los canales se clasifican en canales naturales y canales artificiales:

Veamos las dos clasificaciones de canales.

a) Canales naturales:

Los canales naturales como su propio nombre lo dice, existen de manera natural en la superficie de la tierra que varían de tamaño desde los más pequeños que son los arroyuelos y se encuentran en zonas montañosas, hasta ríos pequeños y grandes, quebradas, lagos, arroyos y lagunas, también se consideran como canales abiertos naturales a las corrientes subterráneas que transportan el fluido con una superficie libre, con respecto a su sección transversal del canal natural se dice que es de forma irregular y variable durante su trayectoria ver (**Figura 5**)

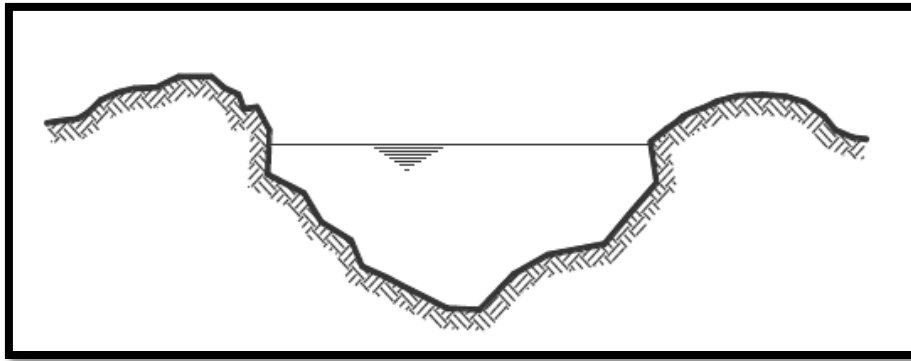


Figura 5: Sección transversal irregular, fuente (Rodríguez Ruiz, 2008)

b) Canales artificiales:

Llamados así a todos aquellos que son trabajados o construidos con el esfuerzo del hombre ya sea como canales de riego, control de inundaciones, de navegación existiendo además otros tipos de canales artificiales tales como canales de centrales hidroeléctricas, sanitario, alcantarillado pluvial, canales de desborde, canaletas de madera, etc. Los canales artificiales normalmente son diseñados de forma geometría regular (prismáticos), además los canales que se construyen con una sección transversal invariable y otra con pendiente de fondo constante tiene nombre de canal prismático, donde el término de la sección de canal se refiere a una sección transversal tomado de forma perpendicular a la dirección del flujo.

C. Secciones transversales del canal

Hay varios tipos de secciones transversales a continuación se muestran las siguientes:

Sección trapezoidal: Esta sección es una de las más utilizadas para canales revestidos, además se utiliza mucho en canales de tierra ya que provee pendientes necesarias para su estabilidad.

Sección rectangular: Junto a la sección trapezoidal esta sección también se utiliza mucho en los canales revestidos, acueductos de madera también para canales excavados en roca.

Sección triangular: Esta sección se emplea normalmente para cunetas revestidas en las carreteras, también en canales de tierra pequeños ya que tiene la factibilidad del trazo.

Sección parabólica: En algunas ocasiones se emplea tanto para canales revestidos y canales antiguos de tierra.

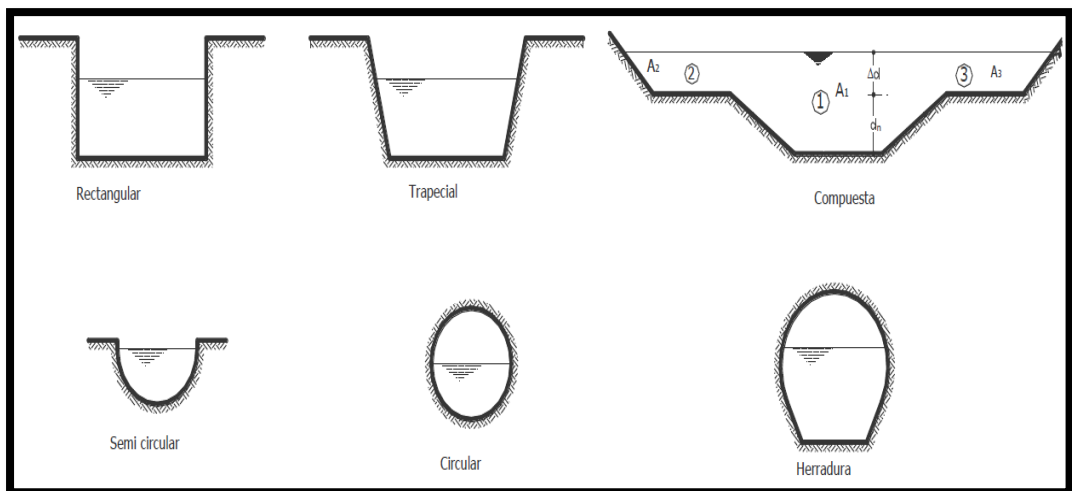


Figura 6: Secciones artificiales transversales tipos, fuente (Rodríguez Ruiz, 2008)



Figura 7: Canal artificial Taymi de sección Trapecial, fuente (elaboración propia)

También podemos utilizar algunos conceptos en referencia a los sedimentos que intervienen ya sea en canales, ríos, etc. Como por ejemplo la balanza de lane, que a continuación se detallara

D. Mecánica del transporte de sedimentos (nociones).

D.1. agua-sedimentos-mezcla

Hay materiales que se componen de los lechos de los ríos y pueden ser cohesivos o granulares. Con respecto a lo anterior se ha notado considerablemente modificaciones del cauce debido al aumento de resistencia de la erosión, si notamos la erosión del fondo un lecho cohesivo restablece su cuota original pero ahora como material granular

Se sabe que el peso es una de las propiedades que tiene mayor énfasis con respecto a las partículas del lecho granular. Por ende hay cauces naturales que se forman a través de partículas de rocas y minerales donde la densidad " ρ_s " tiene baja

variación. Se puede dar un valor adaptado medio que es $\rho_s = 2.65$ así mismo se tiene que la densidad relativa (respecto del agua) es $\rho_s/\rho = 2.65$ y la densidad relativa sumergida “ Δ ” es la relación de mucho uso en la Mecánica del Transporte de Sedimentos ver (ecuación 1):

$$\Delta = \frac{\rho_s - \rho}{\rho} \cong 1.65$$

Ecuación 1: densidad relativa sumergida

Esta relación que es aproximadamente una constante se da en los cauces naturales, el tamaño pasa hacer la propiedad más importante, como una determinada presentación de volumen en la partícula.

Existen variados conceptos que genera el establecimiento para el tamaño de la manifestándose así el diámetro de tamiz, de sedimentación, de caída, nominal, etc **según**. (Weber, 2000)

Las dimensiones triaxiales de dicha una partícula ideal (ver figura 8) cumple la siguiente relación ($a > b > c$), la dimensión de la medida “b” es la decisiva para que el grano sea retenido o pase por un tamiz.

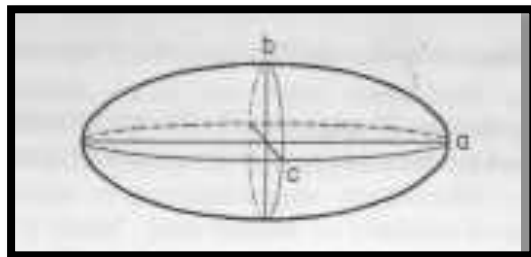


Figura 8: principales ejes de una partícula ideal, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Se representa en la siguiente gráfica fracciones acumuladas de los porcentajes en peso que pasa a un determinado tamaño (tamiz), semejante a las diferentes dimensiones de granos que representa dicha muestra, a continuación se verifica la distribución granulométrica (ver figura 9).

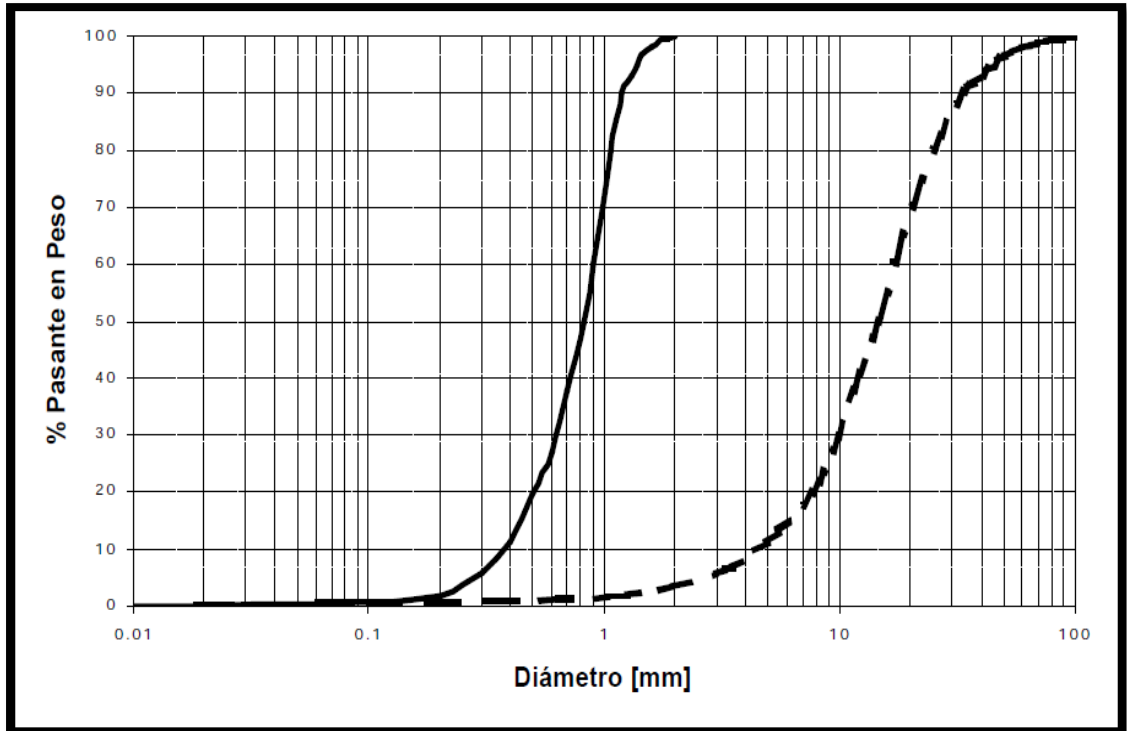


Figura 9: Ejemplo de curvas granulométricas, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Hay que tener en cuenta que normalmente se trabaja con el diámetro el D50 que es el más empleado. En términos estadísticos se define la varianza de una muestra tal como se muestra en (ecuación 2):

$$\sigma^2 = \sum \%p_i \cdot (D_i - D_m)^2$$

Ecuación 2: Varianza de una muestra

Dónde: D_m representa la media aritmética de diámetros de dicha muestra, D_i es el diámetro que corresponde al porcentaje pasante p_i

Referente a los ríos de montaña se entiende que están compuestos generalmente por mezclas de tamaños que varía desde finos a gruesos, la desviación estándar para el caso es $\sigma > 3$ y por ende la granulometría del material es bien graduado o extendida. En cambio para los ríos de llanura el caso es distinto, $\sigma < 3$ la

granulometría de la materia es mal graduada o es uniforme. A su vez dichos materiales granulares tienen la opción de subdividirse según el diámetro de tamizado; a su vez los limos y arcillas dependen de su diámetro de sedimentación. La escala que más se utiliza para dicha separación es la famosa clasificación del American Geophysical Union (AGU) (ver figura 10).

| Grupo | Clase | Tamaño [mm] | |
|---------|-------------|---------------|----------------|
| Bolos | Muy grandes | 2 048 | - 4 096 |
| | Grandes | 1 024 | - 2 048 |
| | Medianos | 512 | - 1 024 |
| | Pequeños | 256 | - 512 |
| Cantos | Grandes | 128 | - 256 |
| | Pequeños | 64 | - 128 |
| Grava | Muy gruesa | 32 | - 64 |
| | Gruesa | 16 | - 32 |
| | Mediana | 8 | - 16 |
| | Fina | 4 | - 8 |
| | Muy fina | 2 | - 4 |
| Arena | Muy gruesa | 1 | - 2 |
| | Gruesa | 0.5 | - 1 |
| | Mediana | 0.25 | - 0.5 |
| | Fina | 0.125 | - 0.25 |
| | Muy fina | 0.062 5 | - 0.125 |
| Limo | Stokes | | |
| | Grueso | 0.031 25 | - 0.062 5 |
| | Mediano | 0.015 625 | - 0.031 25 |
| | Fino | 0.007 812 5 | - 0.015 625 |
| | Muy fino | 0.003 906 25 | - 0.007 812 5 |
| Arcilla | Gruesa | 0.001 953 125 | - 0.003 906 25 |
| | Mediana | 0.000 976 563 | - 0.001 953 13 |
| | Fina | 0.000 488 281 | - 0.000 976 56 |
| | Muy fina | 0.000 244 141 | - 0.000 488 28 |

Figura 10: Clasificación de los materiales sedimentarios de la América Geophysical Unión, Fuente (García Flores et al-1995)

Según. (García Flores, 1995) y (Weber, 2000). Se debe de mencionar que son bastante conocidas las propiedades de la fase por ende se mencionaran algunas como. Peso específico (γ), Densidad (ρ), viscosidad cinemática (ν), viscosidad dinámica (μ), elasticidad volumétrica, índice de compresibilidad etc.

Así mismo se verifica que las propiedades de la mezcla bifásica sobresale la concentración, significa que equivale a la relación que presenta el volumen de sólidos con el volumen total de la mezcla

D.2. Comienzo del movimiento

Los lechos granulares que son avasallados al acto de la corriente de agua, en algún momento la partícula se movilizara por la acción de la fuerza de arrastre del fluido. Se debe de conocer las condiciones en que se manifiesta este fenómeno, el problema que se denomina Umbral o inicio de la acción del fondo, permite establecer el comienzo y la finalización de dicho flujo bifásico.

Sobre este tema el estado del arte proviene básicamente de estudios experimentales llámese en laboratorios y con áridos uniformes (arenas), dado que paralelamente han sido sostenidos por teorías mecanicistas y sobre todo empleando el análisis dimensional, pero si bien es cierto existe un consenso en medida al resultado que se obtuvo por el investigador Albert Shields en el año de 1936, acreditado como Diagrama de Shields.

Se menciona que la acción del fluido a través del lecho puede darse alguna caracterización por parte de la tensión cortante a través del fondo. Se relaciona con su peso sumergido la resistencia de la partícula a ser movida con su peso sumergido, siendo función del peso específico sumergido representado por $(\gamma_S - \gamma)$ y el diámetro D que caracterizando al volumen de la partícula. Con las mencionadas variables podemos formar una tensión de corte adimensional o parámetro adimensional $\bar{\tau}$ (ver ecuación 3)

$$\bar{\tau} = \frac{\tau_0}{(\gamma_S - \gamma) \cdot D}$$

Ecuación 3: tensión de corte adimensional

En la ecuación 3 se muestra la comparación que existe entre la fuerza que aproxima a producir el movimiento (la acción de arrastre es proporcional a $\tau_0 \cdot D^2$) con la fuerza que hace lo posible para estabilizarlo o mantenerlo en reposo, en este caso (la acción del peso es proporcional a $(\gamma_S - \gamma) \cdot D^3$)

Si en un trayecto se analiza el equilibrio de las fuerzas de cauce de longitud diferencial, veremos claramente la acción en el sentido de la corriente que la componente del peso de dicho volumen de control es hacer frente a la fuerza de rozamiento tal como se muestra en la (figura 11).

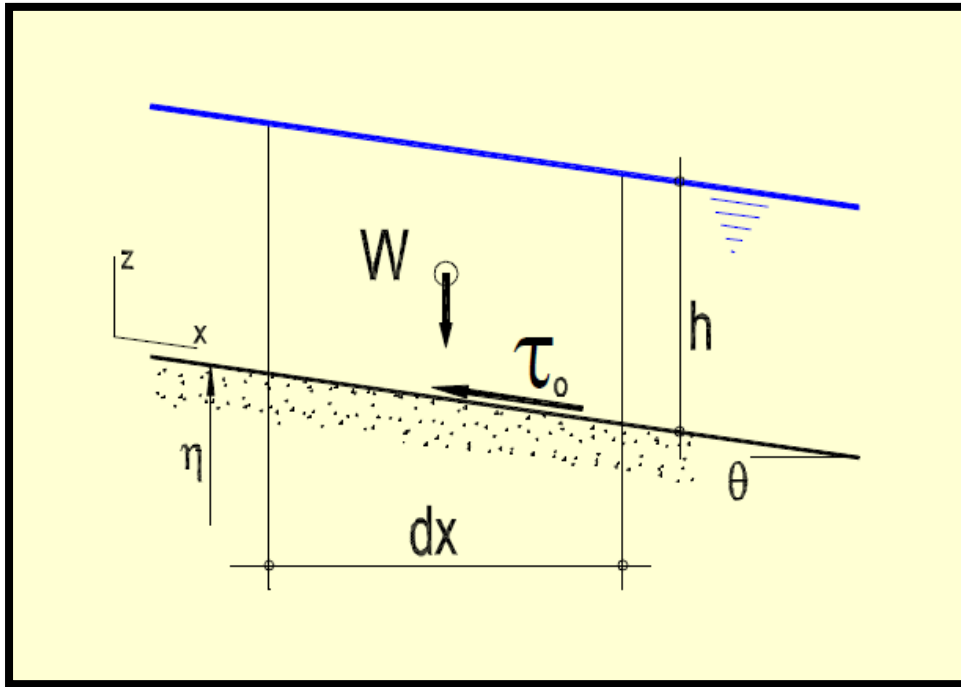


Figura 11: Corte longitudinal que representa a un cauce, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Para un cauce de forma prismático, se define el peso del líquido (W) por definición equivale al producto del peso específico con el volumen de control $W = \gamma \cdot A \cdot dx$ donde “ A ” representa el área transversal del cauce. Dicha componente que va en la dirección del flujo definida por $W_x = \gamma \cdot A \cdot dx \cdot \text{sen } \theta$, analizamos si dicho ángulo “ θ ” es pequeño $\text{sen } \theta \approx \text{tg } \theta \approx S$ siendo “ S ” la pendiente del intervalo del cauce analizado. Del mismo, existe una fuerza llamada fricción que se aplicada en la proximidad del cauce que se opone a dicho escurrimiento vale decir $\tau_0 \cdot P \cdot dx$ a su vez “ P ” representa el perímetro mojado del cauce. Si analizamos el equilibrio de las dos fuerzas obtenemos la siguiente equidad $\tau_0 \cdot P \cdot dx = \gamma \cdot A \cdot S \cdot dx$, despejando obtenemos:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot S$$

Ecuación 4: Resistencia del flujo en el fondo

Aquí “ R ” representa el radio hidráulico del mencionado cauce donde ($R = A/P$) y para cauces que son muy anchos ($B > 20h$) luego $R \approx h$ reduciéndose así la ecuación 4 como:

$$\tau_0 = \gamma \cdot h \cdot S$$

Ecuación 5: Resistencia del flujo en el fondo para cauces muy anchos

El agua genera una acción sobre lo profundo y también se puede representar por una velocidad que se llama “velocidad de corte μ_* ”. Así mismo se adquirió el conocimiento en Mecánica de los Fluidos, dicha velocidad se define en función de la tensión (τ_0) como:

$$\mu_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$$

Ecuación 6: velocidad de corte

O bien:

$$\tau_0 = \rho \cdot \mu_*^2$$

Ecuación 7: Resistencia del flujo en el fondo en función a la velocidad de corte

El parámetro mostrado $\bar{\tau}$ que se definió en la ecuación 3 también se expresa en función de la velocidad de corte como:

$$\bar{\tau} = \frac{\rho \mu_*^2}{(\gamma_s - \gamma) \cdot D} = \frac{\mu_*^2}{g \cdot \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\rho} \cdot D} = \frac{\mu_*^2}{g \cdot \Delta \cdot D}$$

Ecuación 8: Parámetro adimensional en términos de la velocidad de corte

En la ecuación 8 se muestra un esqueleto del número de Froude. También, con la velocidad de corte es factible definir un parámetro adimensional que recibe por nombre número de Reynolds granular R_{e*}

$$R_{e*} = \frac{\mu_* \cdot D}{\nu}$$

Ecuación 9: Número de Reynolds granular

Se destaca que hay flujos dependiendo de su naturaleza llámese turbulentos que dependen del espesor de dicha subcapa viscosa representada por el símbolo “ δ ” con el diámetro “ D ” representando a las partículas del cauce, ya que el movimiento será turbulento con respecto a la pared lisa ($\delta > D$) o rugosa ($\delta > D$), ver (**figura 12**)

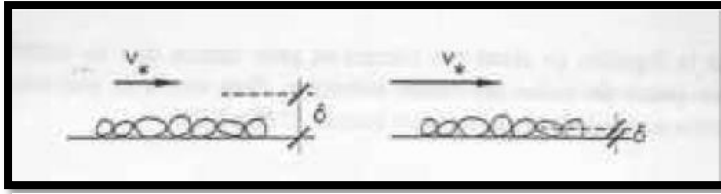


Figura 12: Movimiento turbulento liso (izq.) y rugoso (der.), fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

El llamado espesor nominal se sabe que es adimensional por tanto la subcapa viscosa se relaciona con R_{e*} y se escribe mediante la siguiente ecuación:

$$R_{e*} = 11.6 \frac{D}{\delta}$$

Ecuación 10: Relación del espesor nominal adimensional de la subcapa viscosa con el número de Reynolds granular

Despejando obtenemos la ecuación siguiente:

$$\delta = 11.6 \frac{D}{R_{e*}} = 11.6 \frac{\nu}{\mu_0}$$

Ecuación 11: espesor nominal adimensional de la subcapa viscosa

Analizando la (ecuación 11) observamos que si $R_{e*} = 11.6$ se cumple la siguiente relación $\delta = D$ ubicándose dicho flujo en una situación que se puede analizar entre pared lisa y rugosa.

Según el diagrama de Shields ver (**figura 13**) se observa la relación de los parámetros $\bar{\tau}$ y R_{e*} (adimensionales) que se mencionaron con anterioridad. Si analizamos en la parte inferior de la curva podemos mencionar que existe un reposo. Por debajo de la curva existe reposo; mientras que los puntos por encima de dicha curva pertenecen al movimiento desarrollado. Por ende, dicho diagrama no representa la llamada relación determinística, al contrario existe una zona o banda perteneciente a la curva donde existe una probabilidad alta digamos de (~ 40 a 50 %) de inicio de movimiento. A dicho valor del parámetro adimensional recibe el nombre de tensión crítica “ τ_c ”.

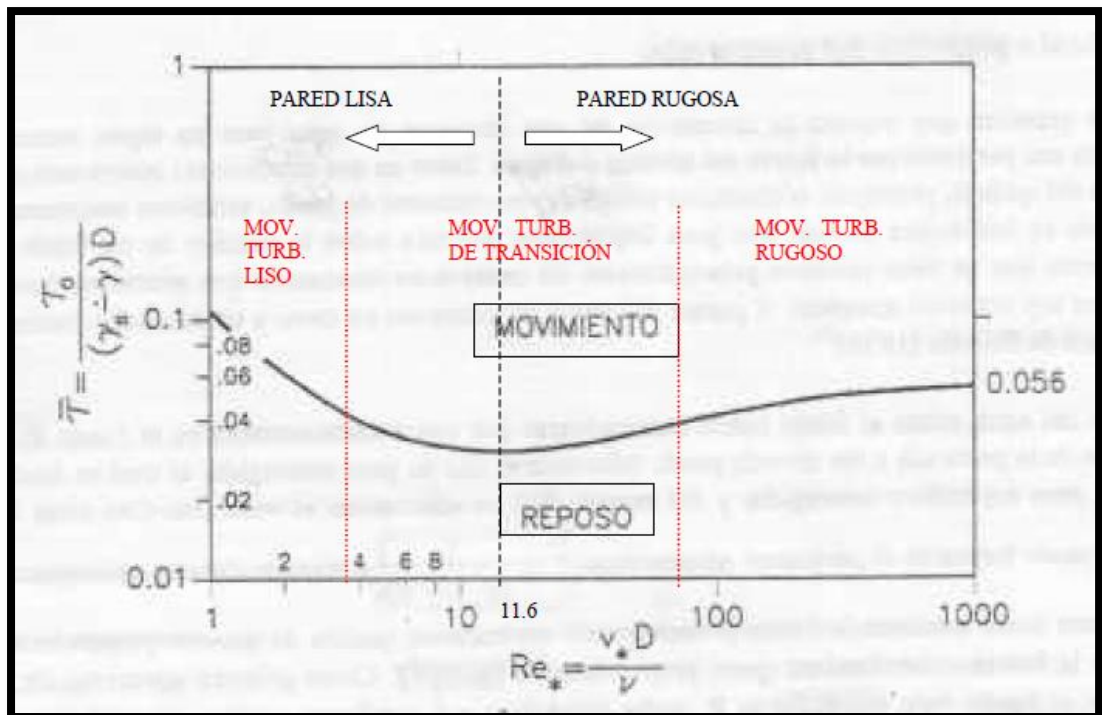


Figura 13: Diagrama de shields, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Para el número de Reynolds granular verifica una relación con las fuerzas de inercia y viscosas en el entorno de un grano, refiriéndose al grado de turbulencia. Si aumentamos el Re_* dicho movimiento es más turbulento en la proximidad de la partícula y la curva de Shields se aproxima a ser asintótica horizontalmente. Cuyo valor de la tensión adimensional ($\bar{\tau}$) en el mencionado régimen es independiente del Re_* variando, según varios autores, varían en el intervalo siguiente desde 0.03 a 0.06.

D.3. Formas de fondo

El umbral de movimiento tiene la siguiente desigualdad $\bar{\tau} > \tau_c$, cuando dicho umbral es superado entonces el fondo de un río tiende a presentar una configuración de tipo ondulada donde recibe el nombre de formas de fondo. Dicho fenómeno es de gran importancia ya que tiene una participación en el llamado transporte sedimentos interviniendo de alguna forma en la resistencia al flujo (rugosidad). Normalmente dichas formas ocurren en lechos de arena, por tanto los ríos conformados por materiales gruesos y de granulometría extendida tienden a presentarse en forma limitada.

Al iniciar el movimiento en un determinado lecho de arena a su vez la velocidad va aumentando en lo cual se presentan las siguientes formas: dunas, antidunas, rizos, Los rizos o también llamados arrugas son pequeñas ondulaciones triangulares donde la altura máximas se da por un orden en centímetros y la longitud de onda se da por un orden en decímetros. Los que aparecen con arena fina son (< 0.6 mm) y su presencia indica que el movimiento para un determinado fondo aun no sería turbulento rugoso, lo cual cumpliría la siguiente relación ($\delta > D$).

Con respecto a las dunas reciben el nombre de ondulaciones pero también se le conoce como triangulares, donde las aguas arriba son muy suaves y las aguas abajo es muy marcado. Si comparamos el tamaño de la duna con los rizos se analiza que el orden de magnitud es mayor de los rizos ya que mantiene una relación de proporción con el tirante de agua. Donde la superficie libre del cauce tiende a ondular suavemente en oposición al fondo (con respecto a la cresta descende y con respecto al valle asciende) significa que dicho régimen hidráulico es pausado. Cuando las dunas hacen su recorrido en aguas abajo quedaran atrapados en el valle ya que la pendiente es muy suave, o bien pueden quedar suspendidos dentro de la masa líquida debido a que la turbulencia es mayor en dichos sectores., el comportamiento de las dunas se ven alargadas hasta ser barridas, donde el lecho queda plano. Del mismo modo si la velocidad es mayor, el lecho tiende a ondularse en formas asimétricas recibiendo el nombre de antidunas donde la forma puede migrar hacia aguas arriba a pesar de su revisión con un fuerte transporte de sedimentos aguas abajo.

El desarrollo del régimen maneja el hecho de la aparición de crestas de espuma y llevándolo esto a verdaderos resaltos hidráulicos. En destacados momentos, esto es agregado a la clasificación que se denomina “rápidos y pozos” donde abarca el punto final de una evolución que producen los ríos de mucha pendiente. Suficiente para que hecho alcance sugerir que el régimen rápido no necesariamente ocurre en forma estable y extensa ya que el fondo es deformable y móvil. Ver **(figura 14)**.

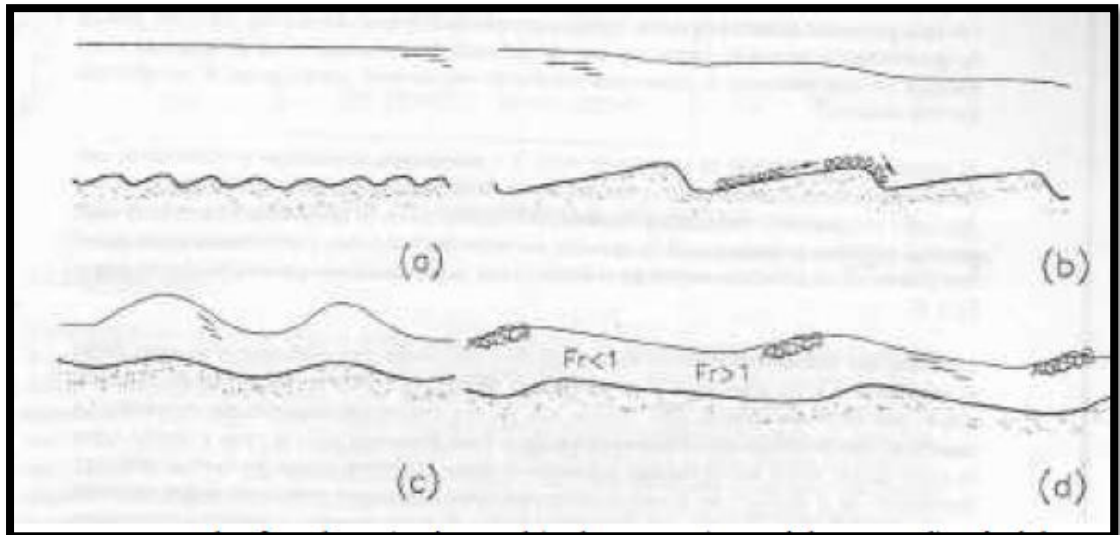


Figura 14: Formas de fondo: (a) rizos, (b) dunas, (c) antidunas, (d) rápidos y pozos, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Se dan muchos criterios con respecto a las formas de fondo de un lecho granular para poder deducir. Empleando las variables adimensionales del diagrama de Shields, por tanto resultaría que el área es distinta para cada forma superior a dicha curva del inicio del movimiento ver **(figura 15)**. Claramente se aprecia que los rizos o arrugas pertenecen al movimiento turbulento liso y por tanto se sustituyen por dunas y por ende se da el lecho plano para flujo más avanzado.

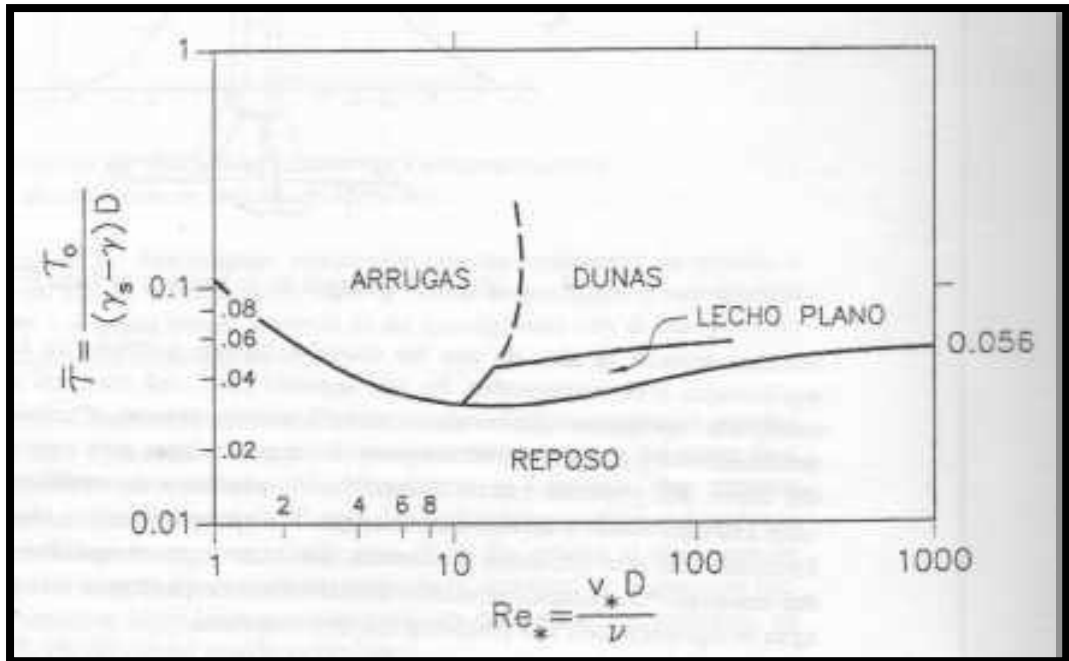


Figura 15: Formas de fondo en un diagrama de Shields, Fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Para las formas de fondo se añade la rugosidad ya que el tamaño del grano recibe una resistencia por forma. Vale decir que esta es mayor con las dunas que con rizos o fondo plano. Del mismo modo, el fondo plano se acerca considerablemente con el régimen crítico, y cuando el régimen es crítico por teoría se concluye que el número de Froude es la unidad ($Fr = 1$). Ver (figura 16) observamos que la tensión total es debido a que las fuerzas de rozamiento varían en el fondo de acuerdo con la evolución de formas.

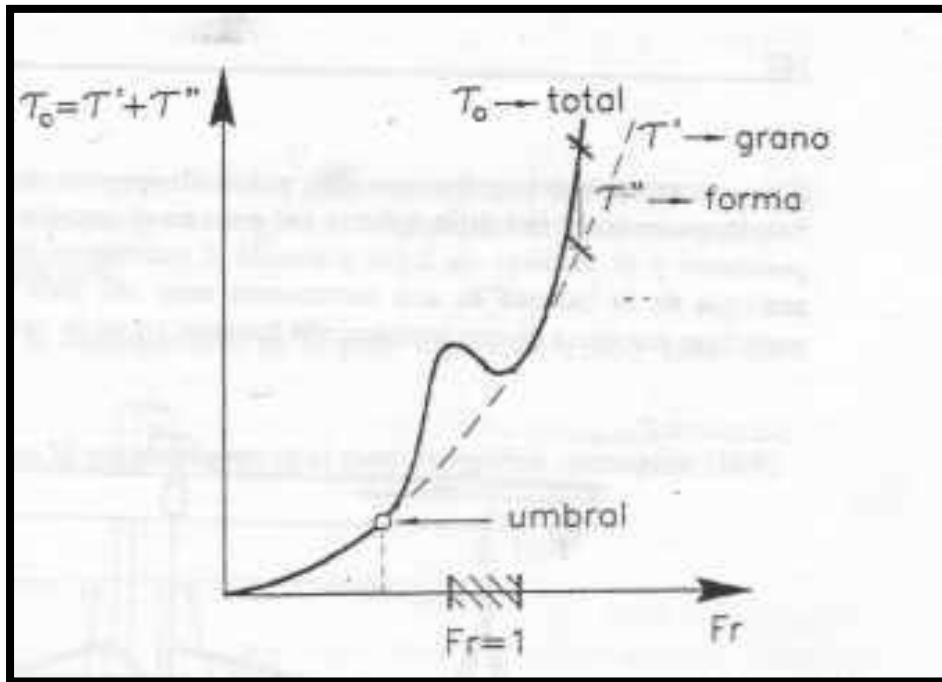


Figura 16: Tensión del corte total dependiendo del número de Froude, Fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Existen variados métodos empíricos que puede separar la fricción con respecto a la producción de las formas de fondo, uno de ellos es el de Einstein, **Einstein-Barbosa** y **Engelund-Hansen**. Con respecto al último lo desarrollo (Weber, 2000).

E. Transporte de sedimentos.

E.1. Clasificación.

Se tiene en cuenta dos criterios para la clasificación del transporte de sedimentos en un determinado río: según el modo de transporte y según el origen del material. Para el primer caso, los sedimentos pueden ser transportados en suspensión que pueden sostenerse en el seno del flujo debido a la turbulencia, o también por el fondo rodando, ya sea en forma de deslizamiento o en forma de salto (con respecto al tamaño del grano: de grueso a fino en ese orden).

Cuando la partícula al inicio está en reposo se desplaza rodando o saltando cuando es mayor el umbral del movimiento, sin embargo si dicha corriente sigue en aumento, luego se puede transportar en suspensión. Vale decir cuanto más intensa es la corriente, significa que mayor es el tamaño del material. Dicha idea nos lleva a observar que el sedimento cuyo origen es el cauce entonces puede ser llevado de ambos modos: tanto en suspensión como por el fondo.

Se dice también que un posible origen del material transportado es la cuenca hidrográfica del río. Dicho material es demasiado fino (**limos y arcillas $D < 0.0625$ mm**), por tanto siempre se transporta en suspensión. Con respecto a la clasificación del transporte de sedimentos podemos apreciar con mayor detalle en la (**tabla 2**).

Tabla 2: Clasificación del transporte de sedimentos, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

| Origen del Material | Modo de Transporte |
|---------------------|---|
| LECHO (q_s) | q_{sf} → DE FONDO <ul style="list-style-type: none"> • Rodamiento • Deslizamiento • Saltación (debido a las Formas de Fondo) |
| CUENCA (q_w) | q_{ss} → EN SUSPENSIÓN <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> ↓ Material grueso ↓ Material fino </div> |

El transporte de sedimentos total esta dado según la (**Ecuación 12**):

$$q_t = q_{sf} + q_{ss} + q_w$$

Ecuación 12: Transporte de sedimentos total

Normalmente el transporte en suspensión varia en representación de porcentaje pero suele representar más del 90% de todo el transporte sólido que genera un determinado río por ende la carga de lavado suele ser de mayor importancia. Dicha carga se relaciona a las características hidrológicas de la cuenca: tales como topografía, tipo de suelos y cobertura, precipitaciones, etc. Los materiales que se transportan en suspensión influyen demasiado en la desembocadura de un sistema fluvial.

En cambio cuando se habla del transporte de fondo, se da la máxima recuperación sobre el mismo río, ya que es causada por algunas modificaciones y por ende es mayor el interés en la hidráulica fluvial. Por otro lado el transporte de fondo (material del cauce) está vinculado a las características del cauce tales como: granulometría, ancho, caudal, pendiente, entre otros.

Con respecto a la separación de transporte de fondo a suspensión se dice que no es accidentado en la naturaleza, vale decir que no existe un límite exacto, pero si apreciamos la (Tabla 3) verificamos que cuenta con criterios empíricos tales como el de Raudkivi que nos da a entender que el fenómeno está en función de la relación entre la velocidad de caída de las partículas “ ω ” con la velocidad característica cerca del fondo “ u^* ”.

Tabla 3: Criterio de Raudkivi para separación de modos de transporte de sedimentos, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

| | | | |
|---------|--------------|---------|---------------------------|
| $6 >$ | ω/u^* | > 2 | Rodamiento, deslizamiento |
| $2 >$ | ω/u^* | > 0.6 | Saltación |
| $0.6 >$ | ω/u^* | > 0 | Suspensión |

E.2. Definición de equilibrio de fondo.

Cuando no sufre alguna modificación en el fondo del río, aun con la presencia de transporte de sedimentos se dice que un lecho se encuentra en equilibrio. Hay numerosas variables que entran en juego para proporcionar este equilibrio. Mencionando a un autor conocido como Lane en el año de 1955 con un propósito solo cualitativo presento 4 variables a tener en cuenta: continuación se muestran dichas variables caudal sólido de fondo " q_{sf} ", caudal líquido " q ", el tamaño del sedimento " D " y la pendiente " S " y los presento en la similitud de la balanza ver (figura 17). La balanza de Lane es un instrumento que es de mucha ayuda para el análisis en particular del desequilibrio de un río.

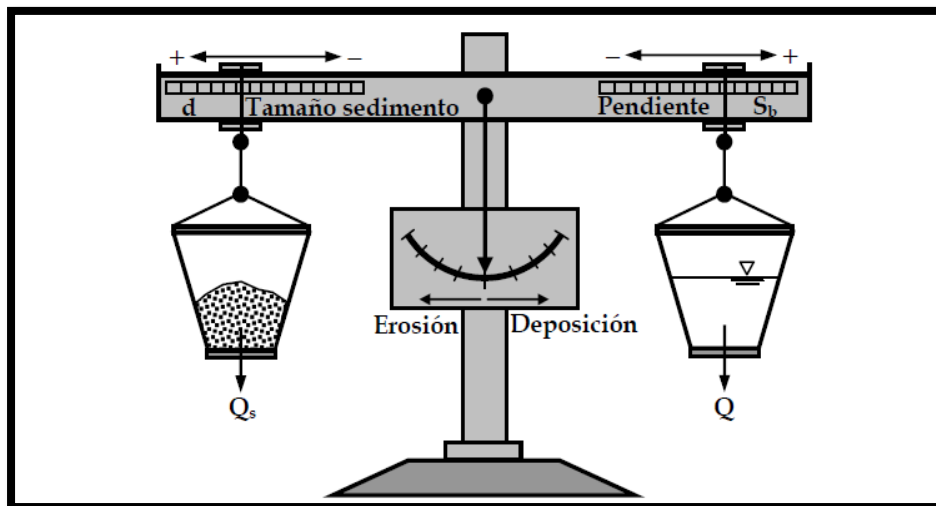


Figura 17: Esquematización de la balanza de Lane para la condición de equilibrio, fuente (hidráulica fluvial, conceptos básicos)

Con respecto a los caudales sólidos y caudales líquidos de un río pueden estar en equilibrio como también no, si se da el primer caso se debe a que puede haber exceso o defecto de material sólido, respondiendo mediante una sedimentación si el caudal es líquido o respondiendo mediante una erosión si el caudal es sólido.

La igualdad que existe es referente a la pendiente de cauce, por ende se puede fijar la pendiente de equilibrio como aquella que compensa los caudales sólidos y los caudales líquidos (por ejemplo forman una gran pendiente cuando se da el caso mucho sólido y poca agua).

E.3. Cuantificación del transporte

Para la cuantificación de un caudal básicamente refiriéndose al caudal sólido de un río se realiza mediante mediciones (tanto directas como indirectas) también mediante el uso de ecuaciones de transporte. En tanto las fórmulas de transporte cuantifican el caudal sólido de una determinada corriente en función de las sus formas hidráulicas y específicamente de sus propiedades geométricas y granulométricas del río.

Se sabe que es complicado con respecto a la mecánica de transporte de sedimentos por ende aún no existe una fidedigna ecuación dinámica para el transporte de la fase sólida de un flujo de agua y sólidos. Por tanto se han desarrollado en su lugar acaudaladas ecuaciones empíricas, semiempíricas o apoyándose en diferentes teorías que generalmente responden a observaciones de laboratorio.

Dichas ecuaciones no son exactas si no aproximadas, por ende válido dentro del intervalo en que fueron obtenidas cada una de las variables y sus relaciones.

Una limitación de dichas ecuaciones de transporte son las mismas que proviene de fórmulas de capacidad de transporte, vale decir, de transporte en potencia. Para que dicho transporte real sea comparable con respecto a la capacidad de transporte es justo que exista en dicha corriente una cantidad de sedimento. Cuando existe un material y por ende disponible, el transporte real y la capacidad, tenderán que coincidir en términos medios con respecto al tiempo y espacio. De lo contrario, si no se dispone del material dicho transporte real será inferior a la capacidad.

Para un flujo establecido, la capacidad de transporte se dice que va de menor a mayor respecto al tamaño de las partículas.

Con respecto a las magnitudes se puede observar detalladamente en la (**figura 18**), para aplicar una fórmula de transporte será equivocada si el material es más fino que D^* , ya que la cantidad que transporta estará chequeada por la disponibilidad del material, no por la capacidad de transporte.

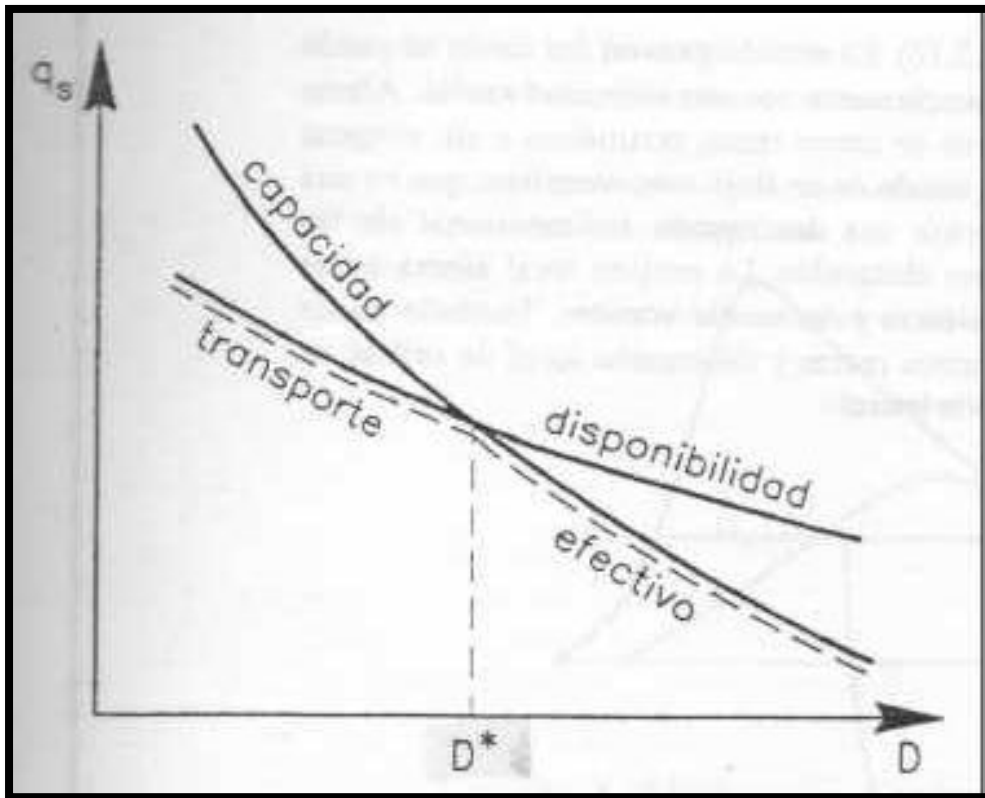


Figura 18: disponibilidad y capacidad con relación al transporte sólido, fuente (catedra de obras hidráulicas, obras fluviales)

Las fórmulas de transporte de fondo son unívocas por tanto más o menos explícitas entre en caudal sólido unitario q_{sf} y propiedades hidráulicas del río. Varias obedecen a una relación tal como se muestra en la **(ecuación 13)**

$$q_{sf} = F(\tau_0 + \tau_c) \dots (13)$$

Ecuación 13: Caudal solido unitario

Donde τ_c representa la tensión crítica (Shields), τ_0 representa la tensión actuante en el fondo. Por consiguiente, el caudal sólido sería una función que aumenta con el exceso de tensión de corte respecto la del inicio del movimiento.

Por lo general, ante solicitudes crecidas (máximas) dichas fórmulas son arribadas o contribuidas por diferentes autores.

1.3.2. Variable independiente:

Modelación del flujo a superficie libre en el canal

MODELACIÓN HIDRÁULICA

Cuando hablamos de **Modelación** Hidráulica específicamente está relacionado con la matemática vale decir que dicha modelación reproduce matemáticamente el comportamiento del flujo, claro está que se ayuda de técnicas numéricas o métodos, que un determinado fenómeno físico lo representa para poder resolver las ecuaciones de dicha representación, Nos manifiesta que dependiendo de los datos que se tenga y la exactitud que se requiera se puede decir que las modelaciones lo podemos estudiar en tres tipos tales como: 1D, 2D o 3D.

Considerando así para la modelación de una dimensión la fórmula **de Manning, según** (Sanchez Tueros) nos menciona que una modelación Hidráulica sirve tanto para, Diseño de encauzamientos, delimitación de zonas inundables como también para, Restauración de ríos , obras de protección entre otros.

MODELOS NUMÉRICOS vs MODELOS FÍSICOS

Si afirmamos en la ingeniería hidráulica que los modelos numéricos reemplazan a los modelos físicos estaríamos cometiendo un grave error ya que ambos modelos necesitan un del otro es decir son complementarios y que en los próximos tiempos tendría que buscarse la modelación híbrida físico-matemática, al aplicar cada tipo de modelo donde se pueda ofrecer la máxima relación de beneficio-costos. Por decir si queremos modelar un tramo demasiado largo por decir de varios kilómetros de longitud no podríamos aplicar el modelo físico; para este ejemplo es claro que la única opción sería aplicar el modelo numérico. También mencionar que las ecuaciones matemáticas son resueltas por los modelos numéricos que describen el fenómeno de estudio; no obstante, en determinados problemas dichas ecuaciones no se encuentran disponibles. Un claro ejemplo de ello es el transporte de sedimentos ya que a diferentes ecuaciones por ende proporcionan resultados diferentes, según la fórmula que emplee, un modelo numérico también dará resultados diferentes

Los modelos físicos son excelentes para el estudio de erosión local; pero no sucede lo mismo con la erosión general ya que esta demanda modelar grandes extensiones.

Los modelos físicos tienen gran aporte en la modelación de transportes de fondo, ya que el material es grueso. Pero por motivos de escala se limita para el correcto modelamiento.

DIMENSIONALIDAD

Para los modelos de **una dimensión (1D)** con respecto a las tres dimensiones una de ellas sobresale con respecto a las restantes en el transcurso longitudinal del río o canal. Para su modelamiento es necesario introducir la información topográfica mediante secciones transversales, donde se trabaja con la velocidad promedio y el tirante en toda la sección transversal., no se consideran variaciones en la distribución de velocidades tanto horizontal como verticalmente. Se asume por defecto que el flujo y la sección transversal son perpendiculares. Dichos modelos se aplican en distancias de canales y ríos muy largos, frecuentemente mayores a 20 veces su ancho.

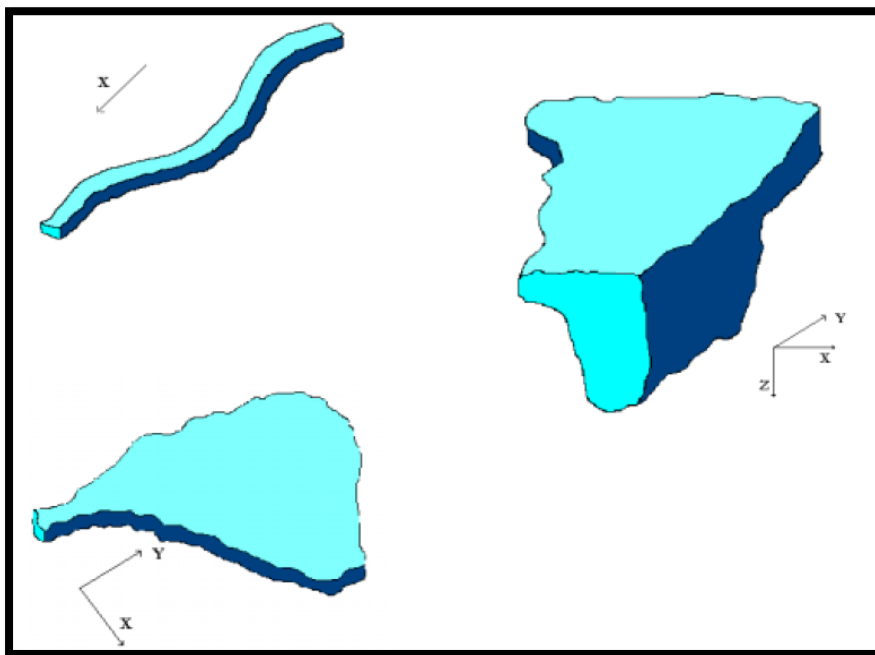


Figura 19: Esquema de modelos hidráulicos una dimensión (X), dos dimensiones (X,Y) y tres dimensiones(X,Y,Z), fuente (Vasquez Ojeda, 2003)

Los **modelos de dos dimensiones (2D)** se considera que habrá variaciones en los dos ejes (X; Y) del plano horizontal. Las variaciones de las magnitudes ya sea de la velocidad u otras asumen como único valor el promedio de dichas magnitudes en la columna vertical del fluido. Dichos modelos son gratamente provechosos en flujos muy espaciosos (como lagos, estuarios, entre otros) donde la variación vertical de

velocidad es mínima, por ende reciben el nombre de modelos de aguas someras o poco profundas. No se aplican a casos donde la variación vertical de la velocidad es apreciable.

Los modelos **de tres dimensiones (3D) según** (Vasquez Ojeda, 2003), **representan** el estado en su máxima expresión de la modelación. Estos modelos calculan las tres componentes espaciales de la velocidad, y por tanto se aplican a casos prácticos.

1.3.3. Impacto ambiental.

Según (Washington, 1991) , en su investigación constituye una justificación ambiental, porque incluirá dos análisis el primero un análisis global del proyecto en su conjunto y el segundo un análisis detallado de sus principales componentes. De tal manera se obtiene como resultado de efectuar el proyecto a las relaciones positivas que se presentan tales como intereses y actividades (impacto ambiental)

La proyección de canales revestidos, como es el caso de investigación de nuestro canal revestido (canal Taymi específicamente los tramos del km 33+000 al km 38+000) como muchos otros canales, genera impactos ambientales que son radicales siendo no tan favorable para una solución económica, por tanto se produce una problemática, por ende resultan ser proyectos más integradores como por ejemplo los canales de tierras ya que se busca explotar con mucha intensidad sus propios recursos que pueden generar significativamente una disminución con respecto a los costos del proyecto.

1.3.4. Seguridad y salud ocupacional.

En el Perú como en otros países se dan factores negativos con respecto al trabajo que en determinados momentos terminan por fatigar, ya sea por numerosas horas de trabajo, excesiva carga de trabajo, con salud y seguridad pobre en las mencionadas áreas de trabajo. También súmese a esto para los países del tercer mundo un empleo inestable, condiciones inadecuadas para el trabajo, una economía escasa, entre otros.

Según Brunette nos manifiesta que los estudios que se han hecho sobre seguridad se resumen en dos características: Adolecer de estudios que relaciona estrictamente la condición de trabajo y la otra característica, una salud que satisfaga al empleador.

La presente investigación está orientado a estudiar de alguna manera cómo perjudica la satisfacción en el trabajo y en la salud de los empleadores del Perú.

1.3.5. Gestión de riesgos y prevención de desastres.

Para el punto de vista de la gestión del riesgo se dice que es relativamente prematura. Ya que dicha definición se da a fines del siglo XX donde básicamente sobresalía en los campos del conocimiento y de la acción en las políticas públicas y con respecto a los planificadores del desarrollo, era el de desastres. Por tanto dicho desastre fue percibido de forma natural y de manera inevitable, ante el mencionado hecho nos queda solo adelantarse, es decir prepararse para hacer frente y así poder reducir los efectos de un desastre.

Por tanto la gestión del riesgo tiene como objetivo reducir y controlar dicho riesgo, por tanto se tendrá que desarrollar un conjunto de acciones que de alguna manera afecten los factores que explican la vulnerabilidad, es decir se busca incrementar la resiliencia y a su vez reducir la exposición, la fragilidad. Dichas acciones tienen por nombre medidas de gestión del riesgo y que **según** la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres (EIRD ,2010) define como “aquellas medidas tomadas para contrarrestar y/o reducir el riesgo de desastres”. Normalmente se trabaja con dos medidas con respecto a la ingeniería, tanto estructural como no estructural:

Las medidas estructurales: se refiere a las construcciones físicas que puedan reducir o contrarrestar los posibles impactos de las amenazas, o aplicar variadas técnicas de ingeniería con el objetivo de lograr la resistencia en dichas estructuras frente a cualquier tipo de amenaza.

Medidas no estructurales: relacionado a la medida anterior esta medida, no aplica para construcciones físicas, si no que se basa en los acuerdos que se tomen y se aprueben mediante leyes y políticas reduciendo el riesgo y sus impactos.

1.3.6. Gestión de mantenimiento.

Según (Prando, 2001), Se conoce como gestión de mantenimiento a la aplicación sistemática que está constituido por habilidades, conocimientos, herramientas elementales en la planificación, ejecución y control para que una empresa pueda lograr el máximo rendimiento y aprovechamiento de los activos y por ende cumplir los objetivos trazados como por ejemplo asegurar una óptima calidad y seguridad con un mínimo costo. Con respecto a la gestión de mantenimiento existen tres retos muy importantes que son:

- Minimizar los costos de adquisición de activos físicos.
- Minimizar los costos de mantenimiento de los activos físicos.
- Asegurar que los activos físicos continúen operando satisfactoriamente.

1.3.7. Normativa.

Para la normativa se empleara como referencia a la norma técnica, guía que ayudara mucho en la elaboración de la presente investigación.

1.3.8. Estado del arte.

Con respecto al estado de arte existen números programas que sirven para la modelación de ríos o canales revestidos como es el caso que estamos estudiando, entre ellos se menciona a los siguientes programas o softwares

SOFTWARE HEC-RAS:

HEC ha sacado nueva versión del programa HEC-RAS llamada **versión 5.0.7** Dicha versión fue trabajada la modelación del canal Taymi, Esta versión fue diseñada solo para corregir errores (es decir, No hay nuevas características). En la versión anterior de HEC - RAS, en la versión 5.0.6 hubo un error en el que las regiones de reemplazo de valores n de Manning definidas por el usuario para las

Áreas de flujo 2D (denominadas "regiones n de Manning del área 2D"), definidas en el editor de Geometría, no se aplicaban a las Caras 2D.

Por lo tanto, los usuarios no sabrían que no estaban modificando los valores "n" de Manning para estas regiones de anulación.

Dado que este es un error de cálculo incorrecto, cualquiera que esté usando las "n" regiones de reemplazo de Manning definidas en el editor de Geometría, debe ejecutar sus modelos con esta nueva versión de HEC-RAS 5.0.7. (Goodell, 2018)

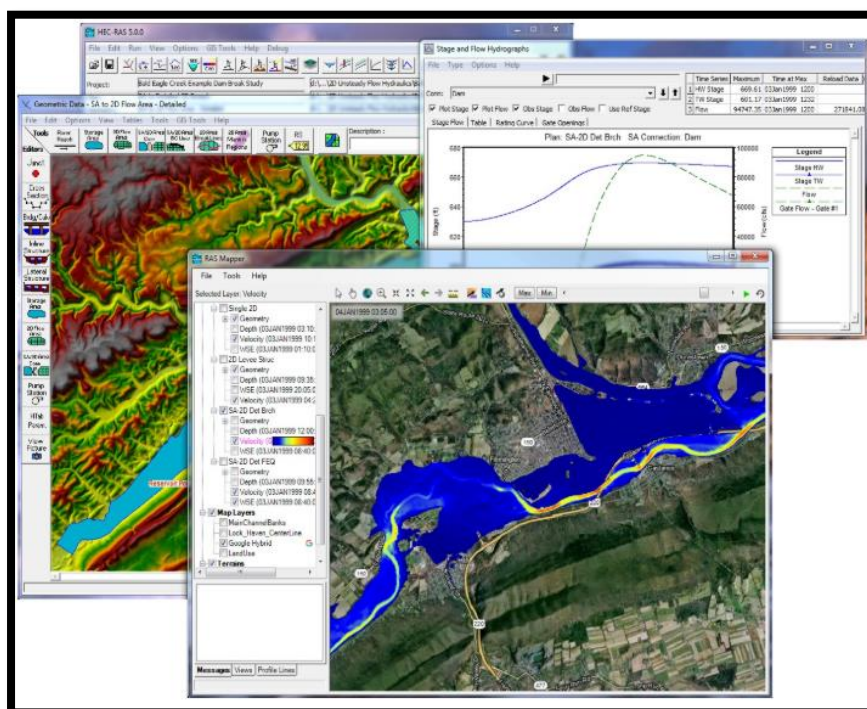


Figura 20: Modelación Hidráulica de un canal con el software Hec-Ras. Fuente (Goodell, 2018)

SOFTWARE HCANALES:

Según (Villón Béjar, s.f.), HCANALES es un programa que nos ayuda enormemente al diseño de canales artificiales y estructuras hidráulicas, ya que su uso es muy fácil. Calcula el caudal para canales artificiales de diferentes secciones transversales tales como: sección trapezoidal, sección rectangular, sección circular, sección parabólica. Además dicho programa nos ayuda a resolver los problemas más frecuentes que se presentan en el diseño de canales y estructuras hidráulicas, tales como:

Calcular el Tirante Crítico, el Tirante Normal, el Resalto Hidráulico, la Curva de Remanso, entre otros. Además en el capítulo de RESULTADOS se hará una comparación entre dichos programas para ver la similitud de sus resultados.

1.3.9. Definición de términos.

Un **Canal** abierto es un acueducto que a través de la superficie libre el fluido sigue su trayectoria o recorrido. Según el origen los canales se dan en forma natural y también en forma artificial.

Los **canales naturales** como su propio nombre lo dice, existen de manera natural en la superficie de la tierra que varían de tamaño desde los más pequeños que son los arroyuelos y se encuentran en zonas montañosas

Los **canales artificiales** según (Chow, 1994) , Llamados así a todos aquellos que son trabajados o construidos con el esfuerzo del hombre ya sea como canales de riego, control de inundaciones, de navegación existiendo además otros tipos de canales artificiales tales como canales de centrales hidroeléctricas, sanitario, alcantarillado pluvial, canales de desborde, canaletas de madera, entre otros

El **flujo** en un determinado canal tiene por característica principal a la velocidad media, ya que dicha velocidad es el dato principal para introducir su valor a programa para su modelamiento.

Flujo continuo depende básicamente de la velocidad media (V), y de la profundidad o tirante (Y), además el tiempo es una variable que trabaja en forma independiente con respecto a la velocidad y la profundidad.

Flujo discontinuo para este flujo es obligatorio que la variable independiente sea la variable tiempo.

Flujo uniforme para este tipo de flujo es necesario que la velocidad (V) y la profundidad (Y) sean independientes respecto a la coordenada de posición en la dirección del flujo

Flujo no uniforme significa que la velocidad (V) y la profundidad (Y) varían de magnitud en el transcurso de la coordenada. **Según** (Merle C., 2002)

Una **Modelación Hidráulica**, específicamente está relacionado con la matemática es decir que dicha modelación guiado de ecuaciones matemáticas estudia el comportamiento del flujo.

1.4. Formulación del problema

¿Cuál es el adecuado modelamiento del flujo a superficie libre en el canal Taymi, KM 33+000 al KM 38+000, Lambayeque. 2019?

1.5. Justificación e importancia de estudio

Justificación científica

La presente investigación constituye una justificación científica, porque buscará observar y estudiar, atreves del modelamiento hidráulico, apoyándonos con el programa HEC – RAS, verificaremos el comportamiento que presenta el canal Taymi, en el distrito de Ferreñafe, cuando sea impuesto a varios caudales máximos (brindado por el proyecto especial olmos tinajones) que se obtuvieron en los últimos años ante diferentes periodos de retorno. Este modelamiento será de mucha importancia ya que obtendremos resultados hidráulicos que nos harán tomar decisiones frente a eventuales fenómenos que puedan darse en la naturaleza **Según**. (Cordova Diaz, 2017)

Justificación Social

La presente investigación constituye una justificación social, dado que el proyecto justifica la conservación de recursos naturales que pueden ser renovables en el canal Taymi. La metodología a utilizar será variada. Se entrevistarán a pobladores del lugar de Ferreñafe consultando sobre las condiciones actuales del canal, del mismo modo si es necesario se harán visitas a las comunidades obviamente que estén dentro de la zona de estudio, es decir en el caso de faltar datos para realizar una buena justificación según. (Washington, 1991)

Justificación Económica

La presente investigación constituye una justificación económica, porque apunta a justificar la finalidad de la evaluación de suministrar suficientes elementos de juicio sobre los costos y beneficios del proyecto, para que se pueda establecer la conveniencia al uso propuesto de los recursos económicos que se solicitan para el caso del manejo del canal Taymi. (Washington, 1991)

1.6. Hipótesis

El modelamiento del flujo a superficie libre en el canal Taymi KM 33+000 al KM 38+000, usando el programa HEC – RAS, la cual identificará las características hidráulicas.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Modelar el flujo a superficie libre en el canal Taymi, KM 33+000 al KM 38+000.

1.7.2. Objetivos específicos

1. Verificar las dimensiones y materiales de construcción del canal Taymi en el tramo del KM 33+000 al KM 38+000.
2. Verificar un modelo de funcionamiento hidrológico sedimentológico del tramo del canal estudiado.
3. Establecer propuestas de mejora del tramo estudiado

II. MATERIAL Y MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación:

Según (Cordova Diaz, 2017) , El proyecto desarrolla una investigación **Aplicativa** porque su objetivo principal es solucionar un específico problema, el cual es conocer la situación real y actual de la sección del canal Taymi y por ende proponer variadas soluciones a los problemas que se presenten en dicho canal mediante la utilización o aplicación de conocimientos adquiridos referente a la ingeniería civil. Y otra investigación **Descriptiva** porque su finalidad es comprender y detallar sus características más resaltantes y sus condiciones actuales a través de la recolección de datos obtenidos en campo por medio de los pobladores entrevistados.

Cuantitativa-Tecnológica, se orientó a la medición de caudales en las diferentes estaciones obteniendo las muestras respectivas para incorporar los datos obtenidos al software para verificar los resultados obtenidos.

2.1.2. Diseño de investigación:

Investigación descriptiva:

Según (Cordova Diaz, 2017) Para este tipo de diseño se dice que la investigación es **descriptiva**, ya que describe las características hidráulicas del canal estudiado detallando también el procedimiento para una buena solución de mejora con respecto al diseño. Lo más importante de la investigación se da en campo ya que allí se toman los datos respectivos, datos como velocidad del canal, temperatura del agua, cuyos resultados se muestran en tablas y figuras.

Experimental (Cuasi-Experimental), ya que incorpora el trabajo de campo y gabinete. El primero (campo), enfocado al tema de las muestras de agua, y el segundo (gabinete), enfocado básicamente a la utilización del software (Hec-Ras)

2.2. Población y muestra.

2.2.1. Población

Canal Taymi, Lambayeque con un total de **48.8 Kilómetros de longitud**.

2.2.2. Muestra

Canal Taymi **km 33+000 al km 38+000**, Lambayeque,

2.3. Variables, Operacionalización

Variable dependiente:

Superficie libre en el canal taymi km 33+000 al km 38+000.

Variable independiente:

Modelación de flujo a superficie libre del canal.

Operacionalizacion:

Tabla 4: Operacionalizacion variable dependiente. Fuente: (Cordova Diaz, 2017)

| Variable dependiente | Definicion conceptual | Definicion operacional | Dimensiones | Indicadores | subindicadores | Técnicas | Instrumentos | Escala |
|------------------------------|--|---|-------------------------|--------------------|-------------------|--|--------------------------------|--------|
| Superficie libre en el canal | La superficie libre del líquido está en contacto con la atmosfera; esto quiere decir que el agua fluye impulsada por la presión atmosférica y de su propio | Los canales artificiales son aquellos construidos o desarrollados mediante el esfuerzo humano como canales de modelos construidos en el laboratorio con propósitos experimentales. (Chow, 1994) | Sección transversal | Área hidráulica | m ² | Levantamiento topográfico y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | | Radio hidráulico | m | Análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Nivel de agua | Tirante hidráulico | m | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Velocidad de agua | Velocidad | m/s | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Desniveles | Pendiente | m/m | Levantamiento topográfico | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Irregularidad del cauce | Rugosidad | | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | caudal del canal | Caudal | m ³ /S | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |

Tabla 5: Operacionalización variable independiente. Fuente: (Cordova Diaz, 2017)

| Variable Independiente | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | subindicadores | Técnicas | Instrumentos | Escala |
|------------------------|---|---|-------------------------|--------------------|-------------------|--|--------------------------------|--------|
| Modelación del flujo | Los modelos consideran las variaciones en la dimensión del plano horizontal (Vasquez Ojeda, 2003) | Una Modelación Hidráulica reproduce matemáticamente el comportamiento del flujo, ayudándonos de métodos o técnicas numéricas (Sanchez Tueros) | Sección transversal | Área hidráulica | m ² | Levantamiento topográfico y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | | Radio hidráulico | m | Análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Nivel de agua | Tirante hidráulico | m | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Velocidad de agua | Velocidad | m/s | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Desniveles | Pendiente | m/m | Levantamiento topográfico | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | Irregularidad del cauce | Rugosidad | | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |
| | | | caudal del canal | Caudal | m ³ /s | Observación y análisis de documentos | Guía de análisis de documentos | Razon |

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

2.4.1. Técnicas de recolección de datos

Observación no experimental

Según (Hernandez, Fernandez, & Pilar, 2010), Mediante esta técnica nos permitirá analizar la zona y tomar algunas decisiones para la realización de la investigación, tales como muestras de agua que nos sirvió para hacer un análisis químico obteniendo como resultados para: potencial de hidrogeno, conductividad, dureza del agua y temperatura del agua resultados que se muestran en la (**Tabla 7**)

Análisis de documentos

Según. (Hernandez, Fernandez, & Pilar, 2010), Servirán como ayuda de la investigación los siguientes documentos: ensayos, artículos, libros, tesis, entre otros, obviamente que guarden relación con el tema que se está investigando con el propósito de tener una buena información para la redacción del presente trabajo.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos validez y confiabilidad

Guía de observación

Para la siguiente guía se utilizó los siguientes formatos: Formatos de recopilación de datos del proyecto especial olmos tinajones, Formato de prácticas de laboratorio de la Universidad Señor de Sipan (ensayo de sedimentación, medición del caudal mediante el instrumento llamado correntómetro electromagnético o molinete).

Guía de análisis documental

Se ha determinado varias guías para esta investigación, tales como determinación de las coordenadas y las alturas de las secciones transversales del canal Taymi (referencia de análisis programas acrgis y google Earth pro), para la determinación de la velocidad de sedimentación (referencia prácticas de laboratorio de suelos y pavimentos de la Universidad Señor de Sipán), para determinar la medición del caudal tanto su altura

como su velocidad utilizando el correntómetro electromagnético (referencia prácticas de laboratorio, Equipo de hidráulica de la Universidad Señor de Sipán) y otras características hidráulicas (referencia programa HEC- RAS).

2.5. Procedimientos de análisis de datos

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos

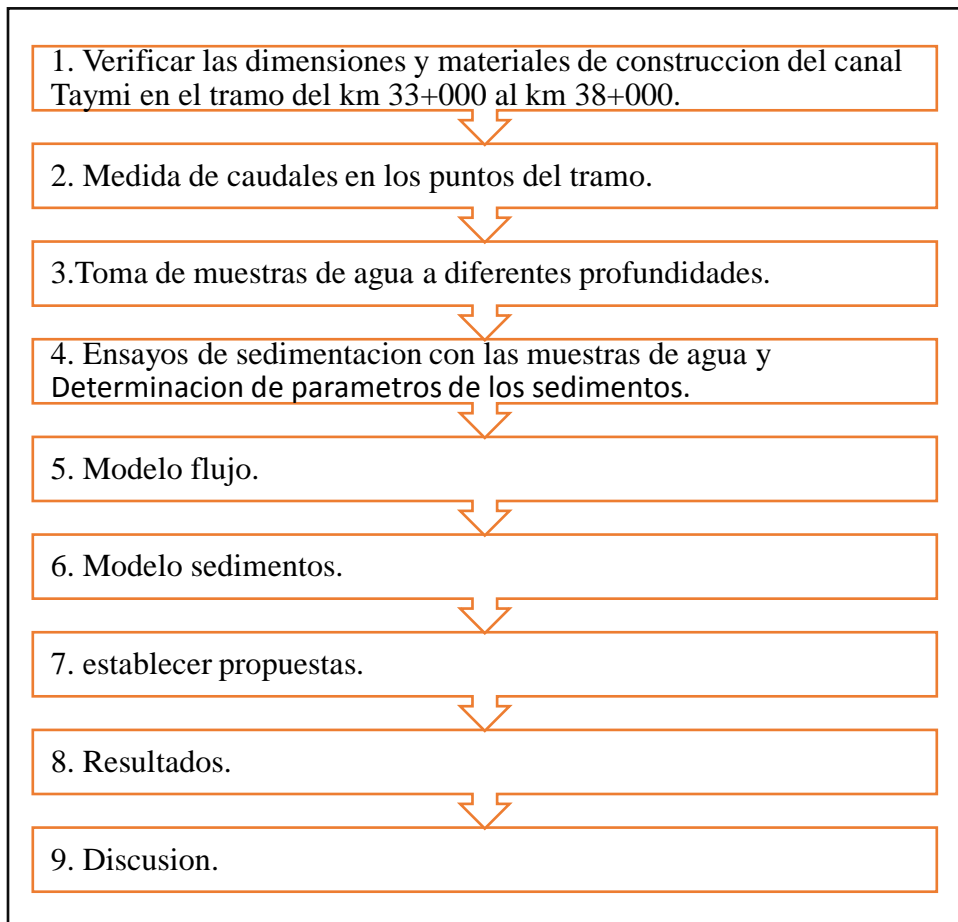


Figura 21: Flujo de procesos de la tesis de investigación, fuente (elaboración propia)

2.5.2. Descripción de procesos

Todos los procesos que se muestran en el diagrama de flujo, que se realizaron en campo esta detallado en el Capítulo III de Resultados.

2.6. Criterios éticos

Ética de recolección de datos

La recolección de datos en las secciones transversales del canal contara con un instrumento actualizado (correntómetro electromagnético o molinete) que nos permite obtener los datos de velocidad del caudal y su altura del mismo, así mismo obtuvimos las muestras del agua para su respectivo análisis de sedimentación y análisis químico del mismo. Datos que son necesarios para una óptima investigación.

Ética de la publicación

Si se da el caso como aporte para otras investigaciones. El presente trabajo deberá ser reconocido como un esfuerzo que realizo el autor.

Ética de aplicación

Básicamente depende del autor para poder utilizar dichos resultados en la investigación. Además este trabajo produce algunos beneficios del tipo social y de impacto ambiental.

2.7. Criterios de rigor científico:

De acuerdo con (Cortés Cortés & Iglesias Leon, 2004) Cuando se refiere a la calidad de la investigación se muestra con énfasis la metodología con que se ha aplicado para su diseño y desarrollo, mediante el programa HEC – RAS y su respectivo modelamiento por ende se puede mostrar los resultados auténticos y veraces que han sido conseguidos en el presente trabajo.

2.7.1. Credibilidad

Mediante la búsqueda del rigor científico, hubo credibilidad ya que se realizó las encuestas y a la vez se observó en qué condiciones estuvo el canal para su respectivo estudio.

2.7.2. Fiabilidad

Los estudios realizados en la presente investigación son confiables, ya que se ejecutaron con un programa de modelamiento (HEC –RAS) resultados que se generaron mediante datos obtenidos según formatos presentados en el laboratorio del equipo de hidráulica, de mecánica de suelos y pavimentos, de la Universidad Señor de Sipán.

III. RESULTADOS

3.1. Resultados de la investigación

Realizando el estudio del canal, se observó que el canal tiene forma de sección trapezoidal, donde se hizo la respectiva medida de los elementos geométricos de la sección del canal. En la **figura 22** se observa la medición dentro del canal de los diferentes parámetros, siendo los resultados los siguientes:

b (Ancho del canal), **$b = 3.30m$**

h (Altura total del canal), **$h = 3.27m$**

d (Distancia inclinada), **$d = 4.06m$**

T (Ancho superficial o espejo de agua), **$T = 6.53m$**

y (Tirante de agua o profundidad de flujo), **$y = 2.27m$**

z (Talud del canal), **$z = 0.74$**



Figura 22: Estableciendo las dimensiones y materiales de construcción del canal Taymi en el km 37+000, fuente (elaboración propia)

En la **figura 23** se muestra la realización de la medida de caudales en el punto del tramo, se utilizó una cinta métrica lo cual permitió medir la distancia en cierto tramo del canal, además la utilización de un cronometro para medir el tiempo estimado en dicha distancia,



Figura 23: Estableciendo las medidas de los caudales en el punto del tramo, fuente (elaboración propia)

Tabla 6: Resultados del tiempo (T) y la velocidad (V) en los tramos establecidos con una distancia (D) constante, fuente (elaboración propia)

| | |
|--|---------------------------|
| MUESTRA N° 1: KM 33+ 000 – KM 33+ 025 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 2.23m/s</i> |
| <i>T = 11.2s</i> | |
| MUESTRA N° 2: KM 33+ 216 – KM 33+ 241 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 2.43m/s</i> |
| <i>T = 10.29s</i> | |
| MUESTRA N° 3: KM 35+ 000 – KM 35+ 025 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 2.00m/s</i> |
| <i>T = 12.51s</i> | |
| MUESTRA N° 4: KM 35+ 400 – KM 35+ 425 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 1.85m/s</i> |
| <i>T = 13.52s</i> | |
| MUESTRA N° 5: KM 36+ 200 – KM 36+ 225 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 1.65m/s</i> |
| <i>T = 15.13s</i> | |
| MUESTRA N° 6: KM 36+ 410 – KM 36+ 435 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 1.98m/s</i> |
| <i>T = 12.60s</i> | |
| MUESTRA N° 7: KM 37+ 000 – KM 37+ 025 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 2.65m/s</i> |
| <i>T = 9.43s</i> | |
| MUESTRA N° 8: KM 37+ 975 – KM 38+ 000 | |
| <i>D = 25m</i> | <i>V = 2.51m/s</i> |
| <i>T = 9.98s</i> | |

En la **tabla 6**, se muestran los resultados a los ensayos sedimentológicos de 8 muestras y se puede observar que, de las muestras obtenidas se elaboró un promedio del tiempo y un promedio de la velocidad para calcular el caudal, teniendo en cuenta que el caudal (Q), está dado por:

$$Q = V * A$$

Ecuación 14: Caudal del canal

El área de la sección del canal trapezoidal está dado por:

$$A = (b + zy) * y$$

Ecuación 15: Área de la sección del canal trapezoidal

Donde:

$$b = 3.30m$$

$$z = 0.74$$

$$y = 2.27m$$

Reemplazando datos en la ecuación 15 se tiene:

$$A = (3.30 + 0.74 * 2.27) * 2.27$$

$$A = 11.30 m^2$$

$$V = 2.163m/s \text{ (Promedio de las velocidades en los puntos indicados)}$$

Luego reemplazando datos en la ecuación 14 se tiene:

$$Q = (2.163 m/s) * 11.30m^2$$

$$Q = 24.44 m^3/s$$

Además de aplicar el método artesanal dichas mediciones, también se utilizó un equipo que permite la medición del caudal. Dicho equipo recibe el nombre de CORRENTÓMETRO ELECTROMAGNÉTICO o también conocido como MOLINETE.

Dicho equipo es un medidor de caudal magnético-inductivo, donde se pueden mostrar de forma automática el cálculo de la medición de la velocidad del caudal así como la altura del agua con respecto a la base del canal. Ver (**figura 24**).

En la **figura 24** se muestra que el caudal se encontraba a una profundidad de 0.13m el equipo marcaba una velocidad de 0.67m/s.

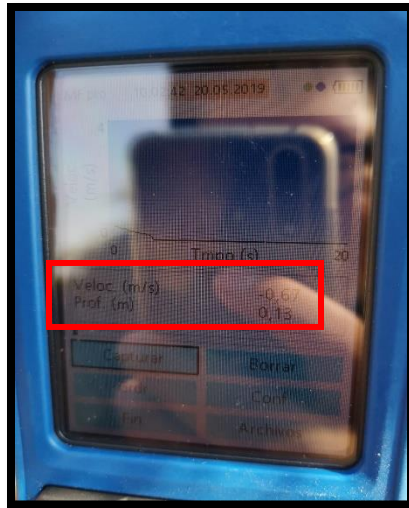


Figura 24: lectura del equipo in situ. Fuente (elaboración propia)

En la **figura 25**, se observa que el correntómetro electromagnético es introducido en el agua para observar a que profundidad se encuentra dicho flujo y a qué velocidad se mueve.

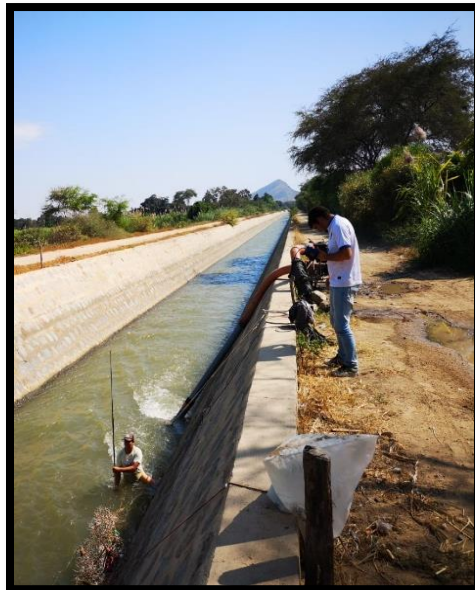


Figura 25: Momento en que se utiliza el equipo para establecer dicha lectura, Fuente (elaboración propia)

Según la **figura 26**, se observa que se están realizando las muestras de agua a diferentes profundidades para realizar el ensayo de sedimentación



Figura 26: toma de muestras de agua a diferentes profundidades, Fuente (elaboración propia)

Se realizó un total de 8 muestras de agua (**P1-A, P2-A, P3-A, P1-B, P2-B, PROFUNDIDAD, ESTRATO 1-C1, ESTRATO 1-C2**) para realizar un ensayo de sedimentación con dichas muestras de agua. Además del ensayo de sedimentación se realizó un análisis químico para las muestras de agua **P1-A, P2-A, P3-A, P1-B, P2-B y PROFUNDIDAD**.

Donde se analizó el Potencial de Hidrogeno (**PH**), conductividad (μ_s), Dureza del agua (**PPM**) y la temperatura del agua (**°C**).

En la **figura 27** se detallan las muestras para el análisis químico



Figura 27: Análisis químico de las muestras, fuente (laboratorio de química USS)

Luego de realizar el análisis químico del agua se obtuvieron los siguientes resultados Como se puede observar en la **tabla 7**.

Tabla 7: resultados del análisis químico del agua, fuente (elaboración propia)

| MUESTRA | POTENCIAL DE HIDROGENO (PH) | CONDUCTIVIDAD (μ_s) | DUREZA DEL AGUA (PPM) | TEMPERATURA (°C) |
|--------------------|------------------------------------|---|------------------------------|-------------------------|
| P1-A | 7.79 | 271 | 134 | 25.1 |
| P2-A | 8.27 | 273 | 137 | 25 |
| P3-A | 8.08 | 265 | 137 | 24.9 |
| P1-B | 7.87 | 265 | 133 | 25.6 |
| P2-B | 8.25 | 251 | 127 | 25 |
| PROFUNDIDAD | 6.9 | 267 | 133 | 25.1 |

- el PH del agua varía de **6.9 -- 8.27**. Lo que significa que en general el potencial de hidrogeno (PH), $\text{PH} > 7$. Se considera básica o alcalina.
- La conductividad (μ_s) varia de **251 -- 273**. Lo que indica que el tipo de agua es potable.
- La dureza del agua (**PPM**) varía de **127 – 137**. se clasifica como moderadamente dura.
- Y la temperatura del agua varia de **24.9 — 25.6 °C**, lo cual se considera una temperatura normal.

En la **figura 28** se realizara el ensayo de sedimentación con las muestras de agua que se obtuvo en campo



Figura 28: con las muestras de agua para realizar el ensayo de sedimentación, fuente (elaboración propia)

La sedimentación consiste en una separación por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas.

Para determinar la velocidad de una sedimentación $v = f(c)$, se utilizó los datos obtenidos en campo.

En el laboratorio se realizó el ensayo para probetas de 25 ml y 1000 ml de la siguiente manera:

- En primer lugar se hizo la medición de la altura inicial de la suspensión, usando la regla acoplada a cada probeta.
- Luego utilizamos hexametáfosfato de sodio (defloculante) mezclando con agua suficiente para que pueda disolverse.
- En seguida la mezcla se lleva al vaso de la agitadora eléctrica para luego dejar por siete minutos aproximadamente batiéndose para que dicho defloculante pueda alcanzar cada una de las partículas del suelo.
- Luego que se agito bien la mezcla, dicha mezcla se coloca en la probeta.
- Con la probeta ya graduada, se tapa con la mano y se agita por 60 segundos aproximadamente hasta que no haya residuos asentados en el fondo de la probeta.
- A su vez se prepara otra probeta graduada con 1 litro de agua (1000 ml) y hexametáfosfato de sodio (deflocualnte).
- Una vez que se tienen las dos probetas para el uso se colocan los hidrómetros a la vez uno en cada probeta, con mucho cuidado para evitar la turbulencia que genere en la probeta.
- Una vez hecho el paso anterior se enciende el cronómetro.
- Luego se procede a tomar las lecturas de los hidrómetros, cuando dichos hidrómetros no presenten movimientos fuertes. Con ayuda del cronometro se toma la primera lectura para luego tomar las siguientes lecturas aumentando en forma progresiva el tiempo, es decir a 1 minuto, luego a 2, luego a 4 y así sucesivamente.
- Así mismo también se tendrá en cuenta la temperatura de la mezcla.

En las **figuras 29 y 30** se muestran las probetas de 25 y 1000 ml respectivamente



Figura 29: probetas de 25 ml mezclado con el defloculante lista para agitar, fuente (elaboración propia)



Figura 30: probetas de 1000 ml introduciendo el hidrómetro para las lecturas correspondientes, fuente (elaboración propia)

En la **figura 31 hasta la figura 36** se muestran los resultados luego de realizar los ensayos correspondientes, además se obtuvieron las siguientes gráficas para la **determinación experimental de la velocidad de sedimentación** para las probetas de 25 ml

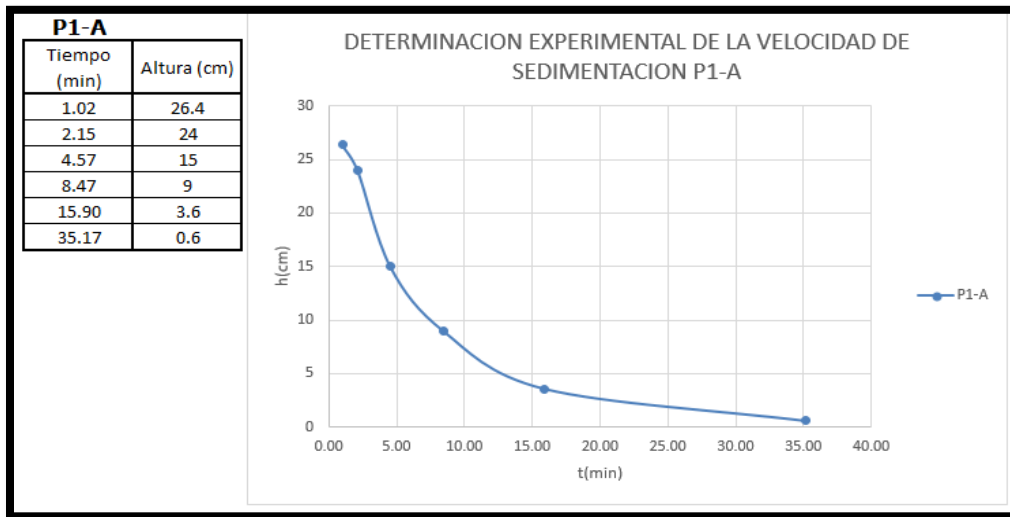


Figura 31: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el gráfico para la muestra P1-A, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

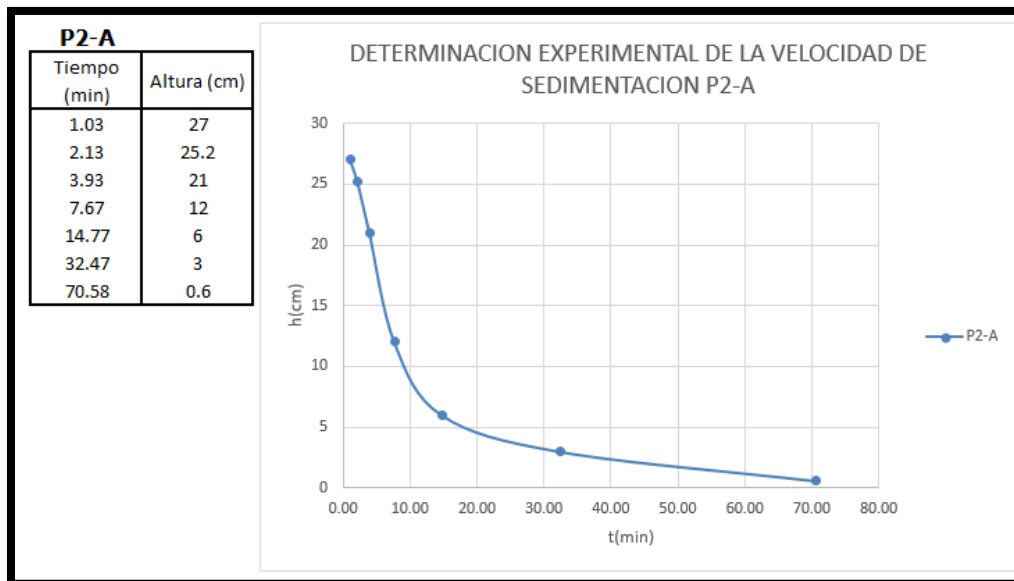


Figura 32: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el gráfico para la muestra P2-A, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

En estas graficas se ha podido establecer el tiempo a 1 min, 2 min, 4 min y así sucesivamente, y podemos observar que a medida que el tiempo aumenta la altura disminuye.

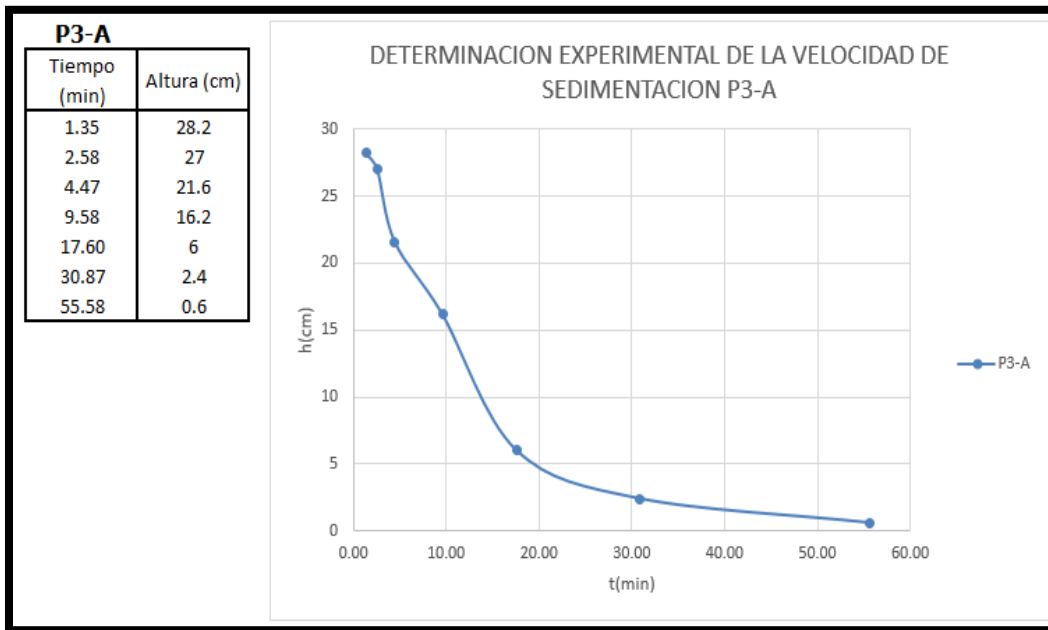


Figura 33: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P3-A, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

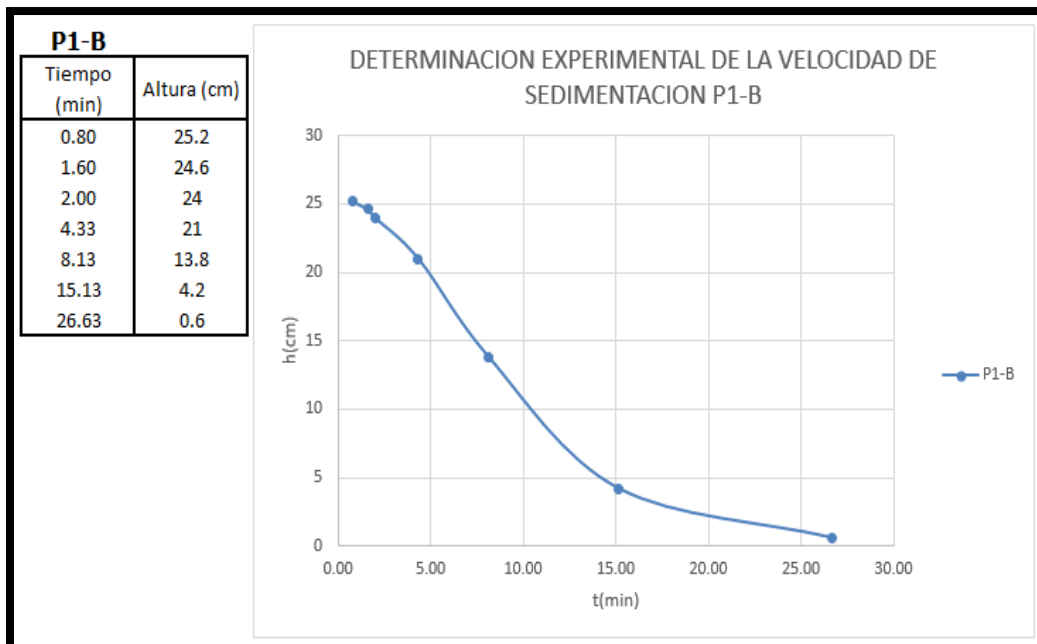


Figura 34: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P1-B, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

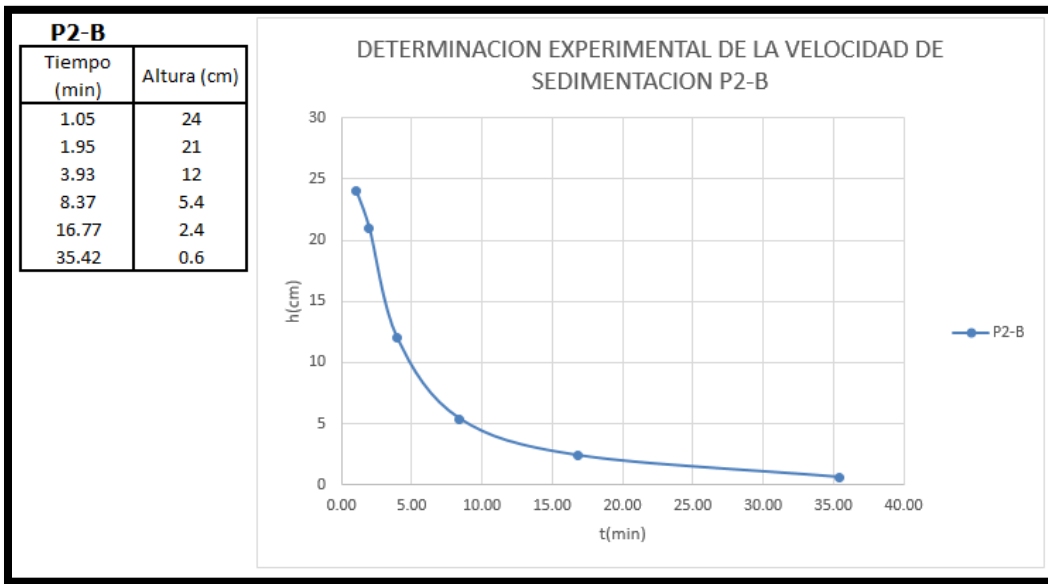


Figura 35: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra P2-B, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

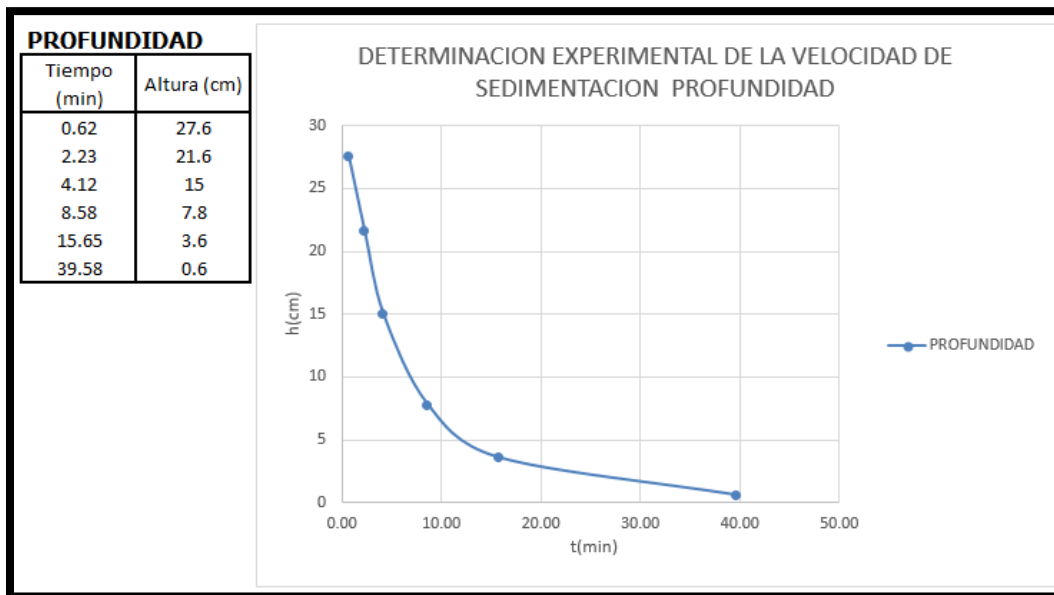


Figura 36: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el grafico para la muestra PROFUNDIDAD, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

En la **figura 37** se muestra los resultados de todos los ensayos realizados para las probetas de 25 ml

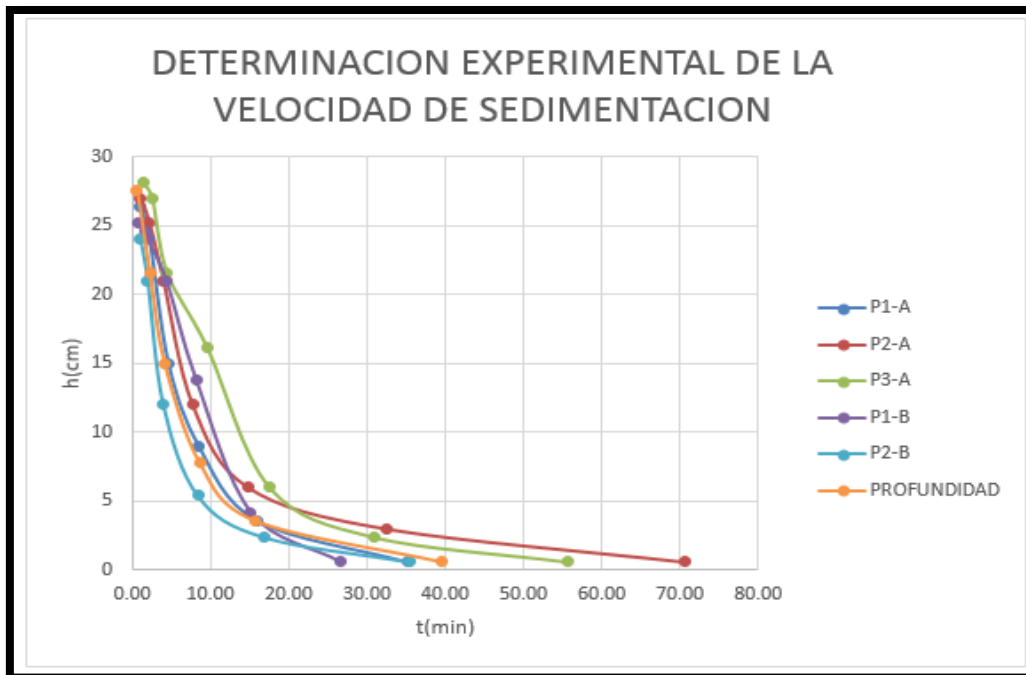


Figura 37: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación para todas las muestras del gráfico, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO C

En las **figuras 38 y 39** se muestran los resultados correspondientes a los ensayos y las gráficas para la **determinación experimental de la velocidad de sedimentación** para las probetas de 1000 ml

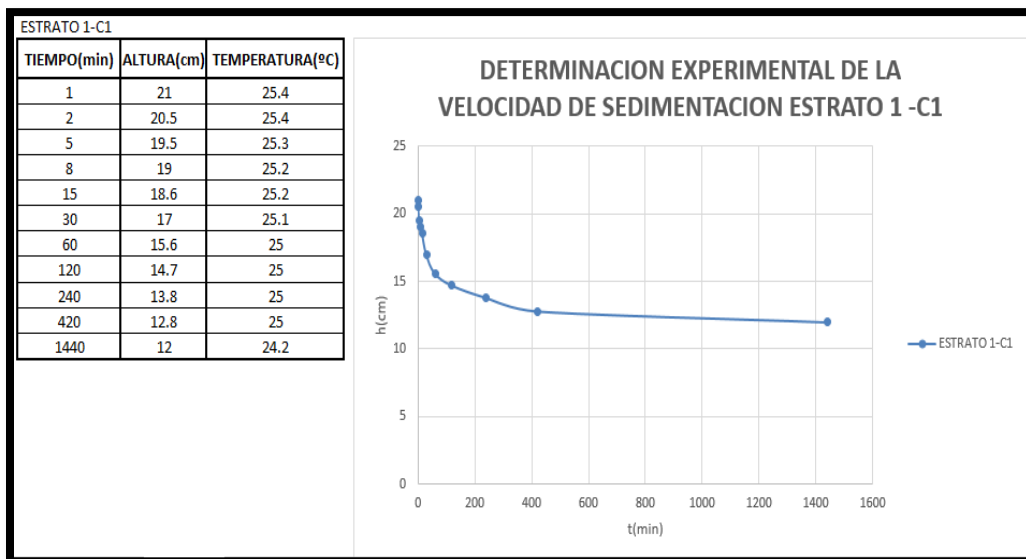


Figura 38: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el gráfico para la muestra 1-C1, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO D

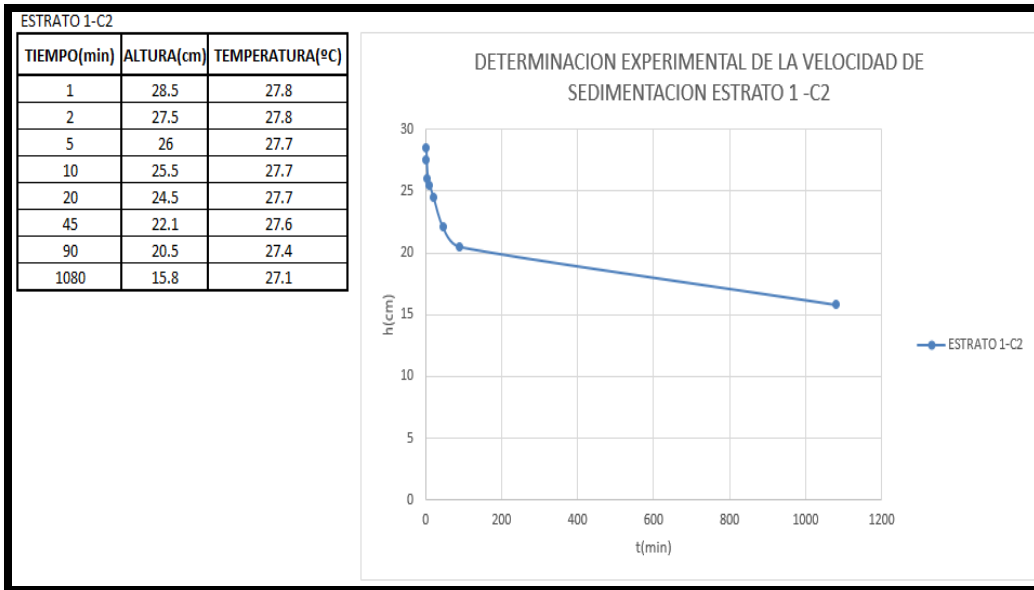


Figura 39: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación en el gráfico para la muestra 1-C1, fuente (elaboración propia). Ver ANEXO D

En la figura 40 se muestra los resultados de los ensayos realizados para las probetas de 1000 ml

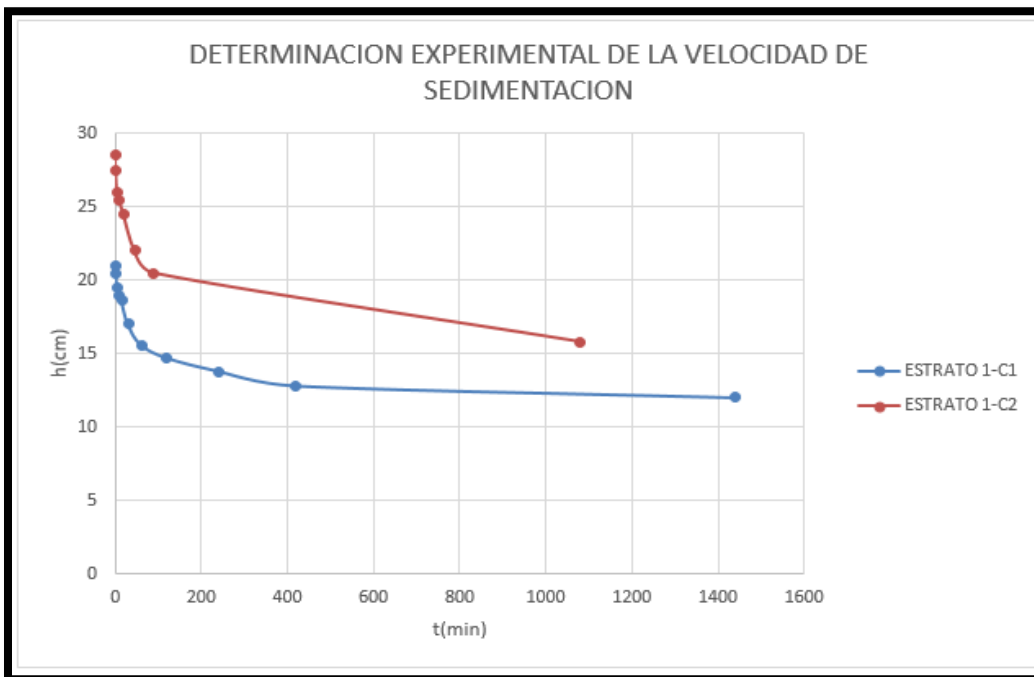


Figura 40: Determinación experimental de la velocidad de sedimentación para las muestras del gráfico, fuente (elaboración propia).ver ANEXO D

Con las muestras de agua se hizo una determinación experimental de la velocidad de sedimentación, ya que si analizamos la gráfica de una de las figuras se puede decir que en el ensayo de sedimentación podemos distinguir cuatro etapas, como se muestra en la **figura 41**.

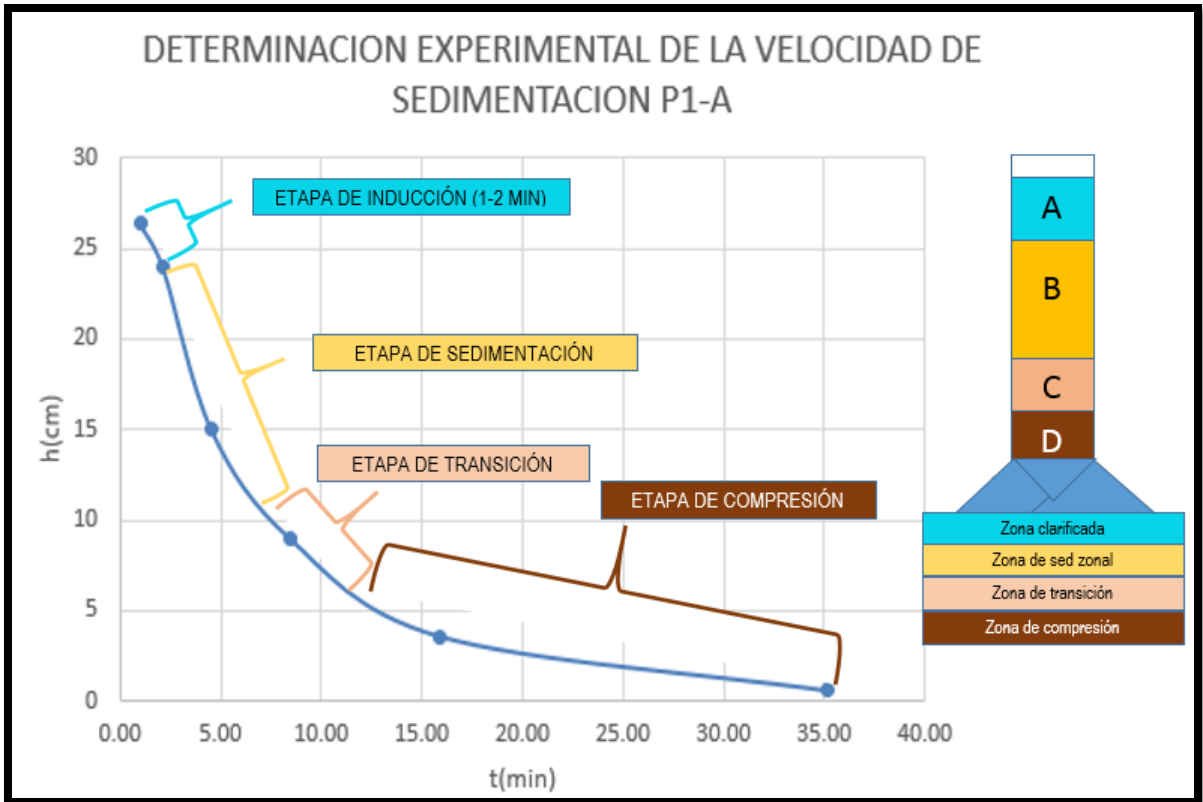


Figura 41: Detalle de las etapas de un ensayo de sedimentación en el gráfico la muestra P1-A, fuente (elaboración propia. Ver ANEXO C

- A. Etapa de inducción:** que suele durar entre 1- 2 min donde se produce la disipación de la turbulencia generada en el llenado de la probeta.
- B. Etapa de sedimentación zonal:** donde la velocidad de sedimentación zonal y la concentración de sólidos permanecen constantes.
- C. Etapa de transición:** donde la velocidad de sedimentación zonal disminuye debido al aumento de la concentración de los sólidos.
- D. Etapa de compresión:** se inicia cuando las partículas entran en contacto unas con otras

Se realizó el modelo de flujo con el programa HEC-RAS

En las secciones de la modelación realizada con el programa HEC-RAS se observa claramente que no existirá el riesgo de desbordamiento en ningún tramo del canal, tal como se puede observar en las **figuras 42 y 43** respectivamente:

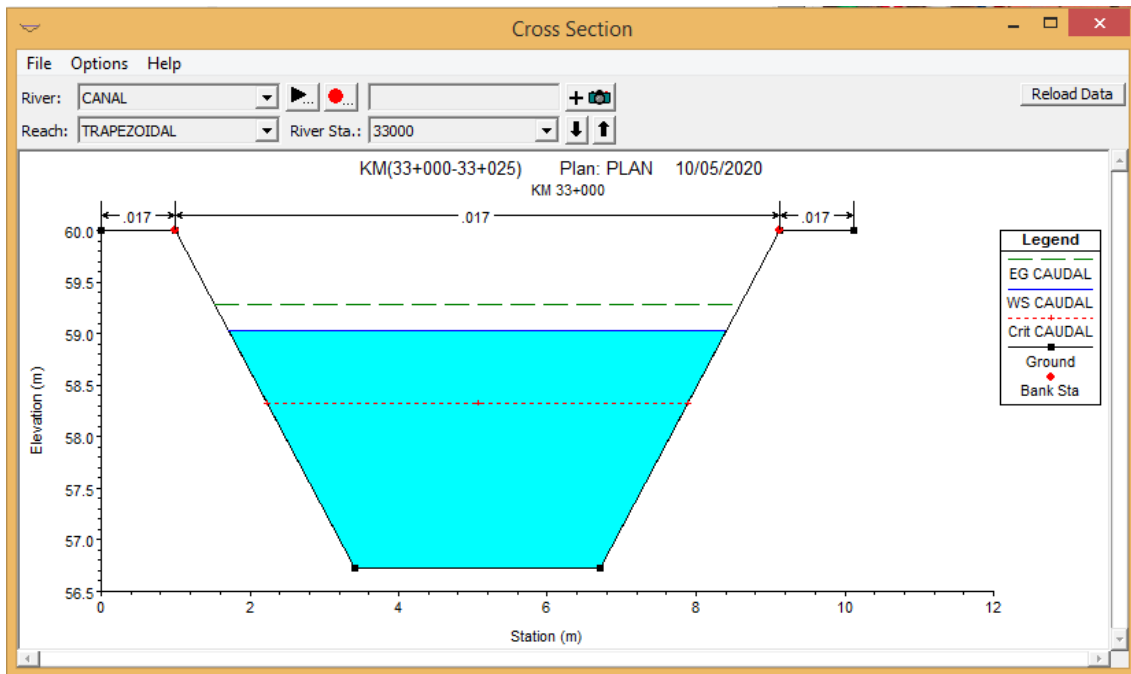


Figura 42: sección de caída inclinada km 33+000, fuente (HEC-RAS):

Como se mencionó en la sección de caída inclinada en el km 33+000 podemos apreciar claramente en la **figura 42** que no existirá el riesgo de desbordamiento.

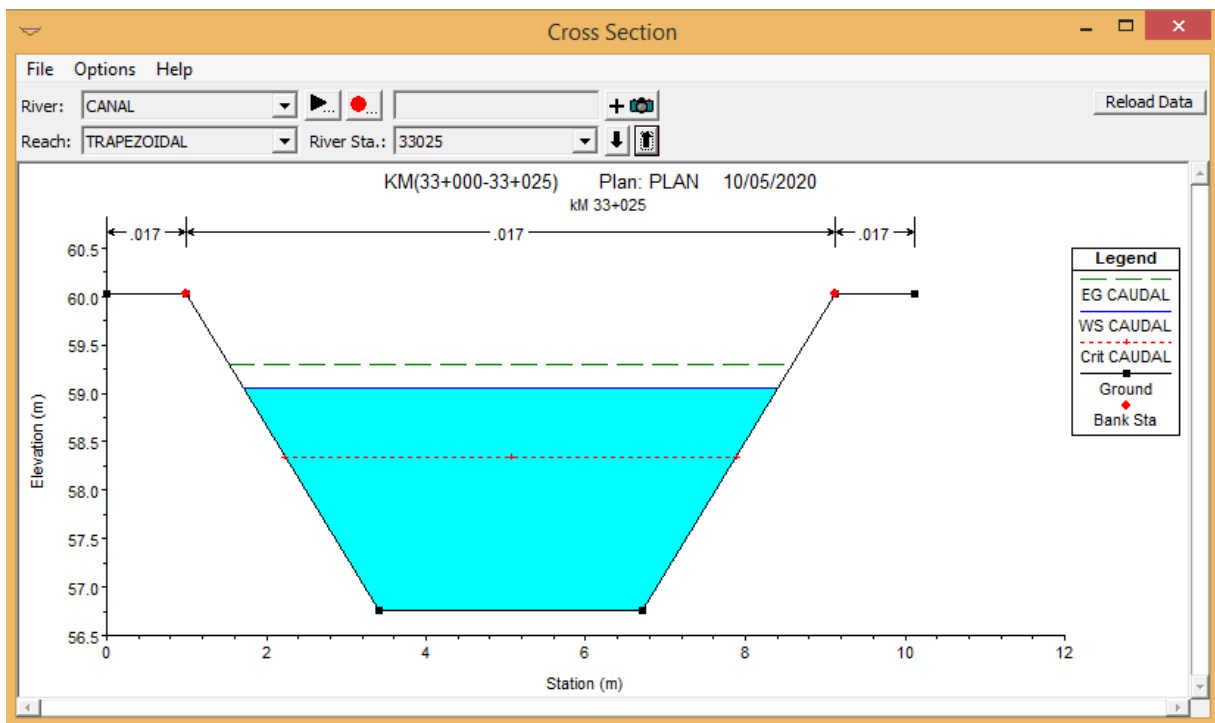


Figura 43: sección de caída inclinada km 33+025, fuente (HEC-RAS)

También en esta **figura 43** se observa claramente que no existirá el riesgo de desbordamiento.

Se introdujo los datos geométricos del canal trapezoidal al programa HEC-RAS

Sabiendo que uno de los factores más importantes del agua en el canal es la velocidad mínima y máxima.

- Según el estudio que se realizó en campo obtuvimos como velocidad mínima **1.65 m/seg** y una velocidad máxima de **2.65 m/seg**. estos valores se puede apreciar en la tabla 3
- Según Chow (1984), indica que la velocidad mínima es de **0.762 m/seg**, velocidad aceptable para que no permite la sedimentación de los materiales que el agua lleva en suspensión, y si apreciamos la velocidad mínima que obtuvimos en nuestro estudio es de 1.65 m/seg por lo tanto es aceptable.
- Con respecto a los tirantes de agua varían de **1.9476m (Q=18.6450 m³/s) a 2.46m (28.36m³/s)**. hay que tener en cuenta, que es constante la base del canal o ancho de solera, talud, coeficiente de rugosidad y las pendientes se mantienes constantes

($S=0.001\text{m/m}$), a excepción del tramo del km 37+000 al km 37+025 que tiene una pendiente ($S=0.002\text{m/m}$)

| HEC-RAS Plan: PLAN 05 River: CANAL Reach: TRAPEZOIDAL Profile: caudal | | | | | | | | | | | | | Reload Data |
|---|-----------|---------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach | River Sta | Profile | Max Chl Dpth (m) | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
| TRAPEZOIDAL | 36225 | caudal | 1.9476 | 18.6450 | 63.7300 | 65.6776 | 65.0601 | 65.8861 | 0.0010 | 2.0222 | 9.2200 | 6.1698 | 0.5283 |
| TRAPEZOIDAL | 36200 | caudal | 1.9476 | 18.6450 | 63.7050 | 65.6526 | 65.0348 | 65.8611 | 0.0010 | 2.0223 | 9.2199 | 6.1698 | 0.5283 |

Figura 44 valor mínimo del tirante en el km 36+200, para un caudal de 18.6450 m3/s fuente (HEC-RAS)

| HEC-RAS Plan: PLAN 08 River: CANAL Reach: TRAPEZOIDAL Profile: caudal | | | | | | | | | | | | | Reload Data |
|---|-----------|---------|---------------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Reach | River Sta | Profile | Max Chl Dpth (m) | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
| TRAPEZOIDAL | 38000 | caudal | 2.4590 | 28.3630 | 46.7301 | 49.1891 | 48.4385 | 49.4488 | 0.0010 | 2.2568 | 12.5677 | 6.9238 | 0.5349 |
| TRAPEZOIDAL | 37975 | caudal | 2.4589 | 28.3630 | 46.7051 | 49.1641 | 48.4134 | 49.4237 | 0.0010 | 2.2568 | 12.5676 | 6.9238 | 0.5349 |

Figura 45 valor máximo del tirante en el km 37+975, para un caudal de 28.3630 m3/s fuente (HEC-RAS)

- En las **figuras 44 y 45** se muestran el mínimo y máximo valor de los tirantes respectivamente

| HEC-RAS Plan: PLAN 01 River: CANAL Reach: TRAPEZOIDAL Profile: CAUDAL | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---------|-------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|--|
| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Hydr Radius C (m) | W.P. Channel (m) | Max Chl Dpth (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl | |
| TRAPEZOIDAL | 33025 | CAUDAL | 25.1990 | 1.2758 | 9.0228 | 2.3035 | 0.0010 | 2.1890 | 11.5116 | 6.6953 | 0.5331 | |
| TRAPEZOIDAL | 33000 | CAUDAL | 25.1990 | 1.2758 | 9.0228 | 2.3034 | 0.0010 | 2.1890 | 11.5114 | 6.6952 | 0.5331 | |

Figura 46 valores obtenidos del diseño hidráulico del canal Taymi en el Km 33+000 al Km 33+025 fuente (HEC-RAS)

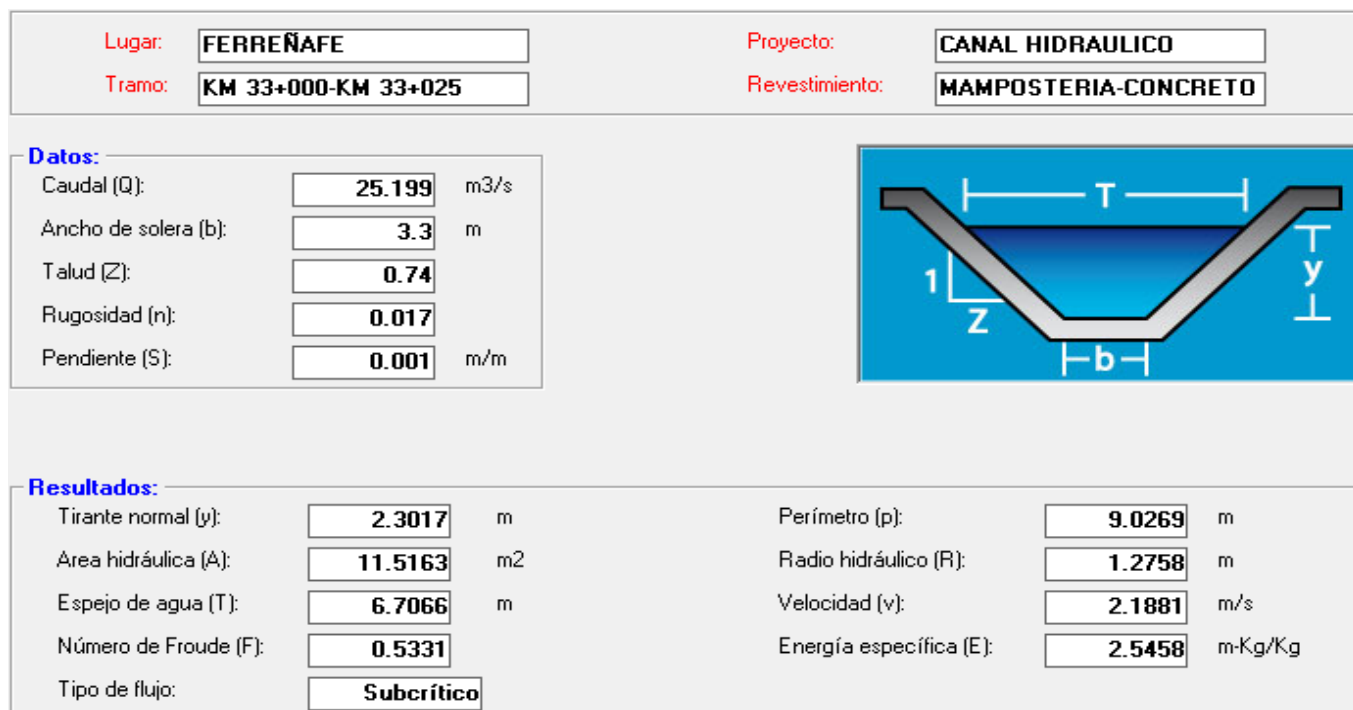


Figura 47 valores obtenidos del diseño hidráulico del canal Taymi en el Km 33+000 al Km 33+025 fuente (H-CANALES)

- En las **figuras 46 y 47** se muestran los parámetros hidráulicos analizados con los respectivos programas donde se puede apreciar que los resultados son muy similares, a continuación se hará un cuadro comparativo de los resultados.

Tabla 8: Comparación de Resultados obtenidos mediante las figuras 46 y 47 fuente (elaboración propia)

| DATOS | RESULTADOS | HEC-RAS | H-CANALES |
|---|-----------------------------------|------------|------------|
| <i>Caudal (Q = 25.199 m³/s)</i> <i>Ancho de solera (b = 3.3 m)</i> <i>talud (z = 0.74)</i> <i>Rugosidad (n = 0.017)</i> <i>Pendiente (S = 0.001 m/m)</i> | Tirante normal (m) | 2.3034 | 2.3017 |
| | Área hidráulica (m ²) | 11.5114 | 11.5163 |
| | Espejo de agua (m) | 6.6952 | 6.7066 |
| | Numero de froude | 0.5331 | 0.5331 |
| | Tipo de flujo | Subcritico | Subcritico |
| | Perímetro (m) | 9.0228 | 9.0269 |
| | Radio hidráulico (m) | 1.2758 | 1.2758 |
| | Velocidad (m/s) | 2.1890 | 2.1881 |

- En la tabla 8 se muestra una comparación de los resultados con los programas HEC-RAS Y H-CANALES, que se obtuvieron tras analizar el tramo del Km 33+000 al Km 33+025, donde observamos que los resultados por ambos programas son muy similares

Se verifico el modelo de funcionamiento hidrológico sedimentológico

Para este modelamiento de sedimentos se introdujeron cuatro archivos (un archivo de geometría, un archivo de flujo, un archivo de datos de sedimentos y un archivo de plan de análisis de sedimentos).

Para el primer archivo como es el caso de la geometría se introdujeron los datos en cada una de las secciones transversales (las estaciones, elevaciones, el coeficiente de rugosidad de Manning, ect) y así poder obtener la geometría de las secciones transversales en el kilómetro estudiado (km 33+000 - km 38+000).

Datos como por ejemplo de estaciones y elevaciones obtenidas con la ayuda de Arc gis y google heart pro y las características del canal se obtuvieron el campo.

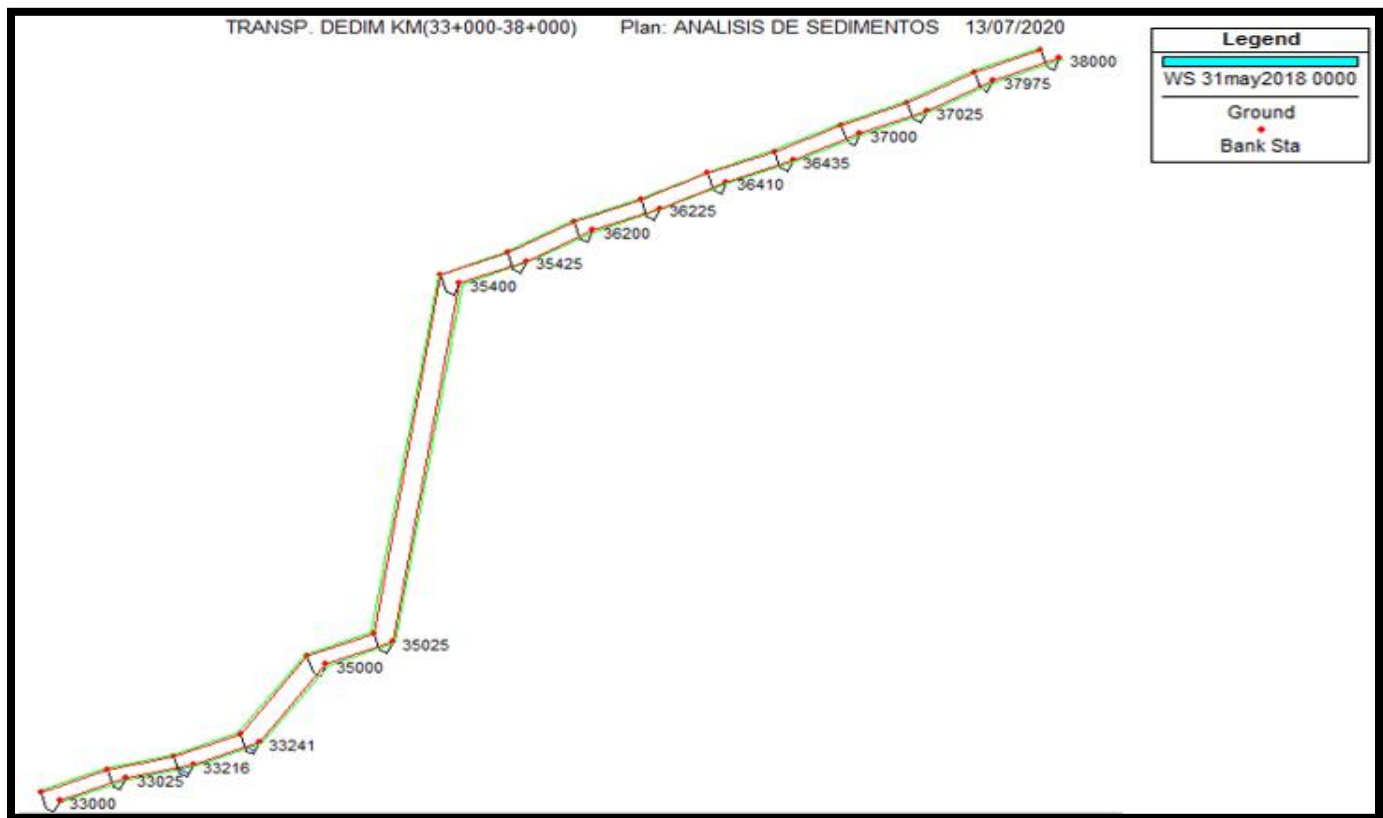


Figura 48: Geometría de las secciones transversales del canal Taymi en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS)

En la **figura 48** muestra las secciones transversales del canal Taymi en el tramo estudiado, podemos observar que entre el tramo 3(km 35+000 – km 35+025) y tramo 4(km 35+400 – km 35+425) hay una variación debido a que las elevaciones en la sección transversal aumentaron notablemente.

Para el segundo archivo como es el caso del flujo, para la modelación de sedimentos se introdujo un evento donde varios caudales (m^3/s), durante el tiempo en el cual se va a realizar la modelación con intervalos de 24 horas, y son introducidos como flujo quasi - unsteady (casi inestable) en HEC RAS. Para esto se tomó un tiempo de un mes, específicamente el mes de mayo del año 2018. La condición de frontera al introducir estos datos en el flujo casi estable es con una pendiente de 0.001.

Los caudales máximos diarios fueron proporcionados por el **proyecto especial olmos tinajones** Y también se introdujo el valor de la temperatura que varía de 24.9 (°C) - 25.6 (°C)

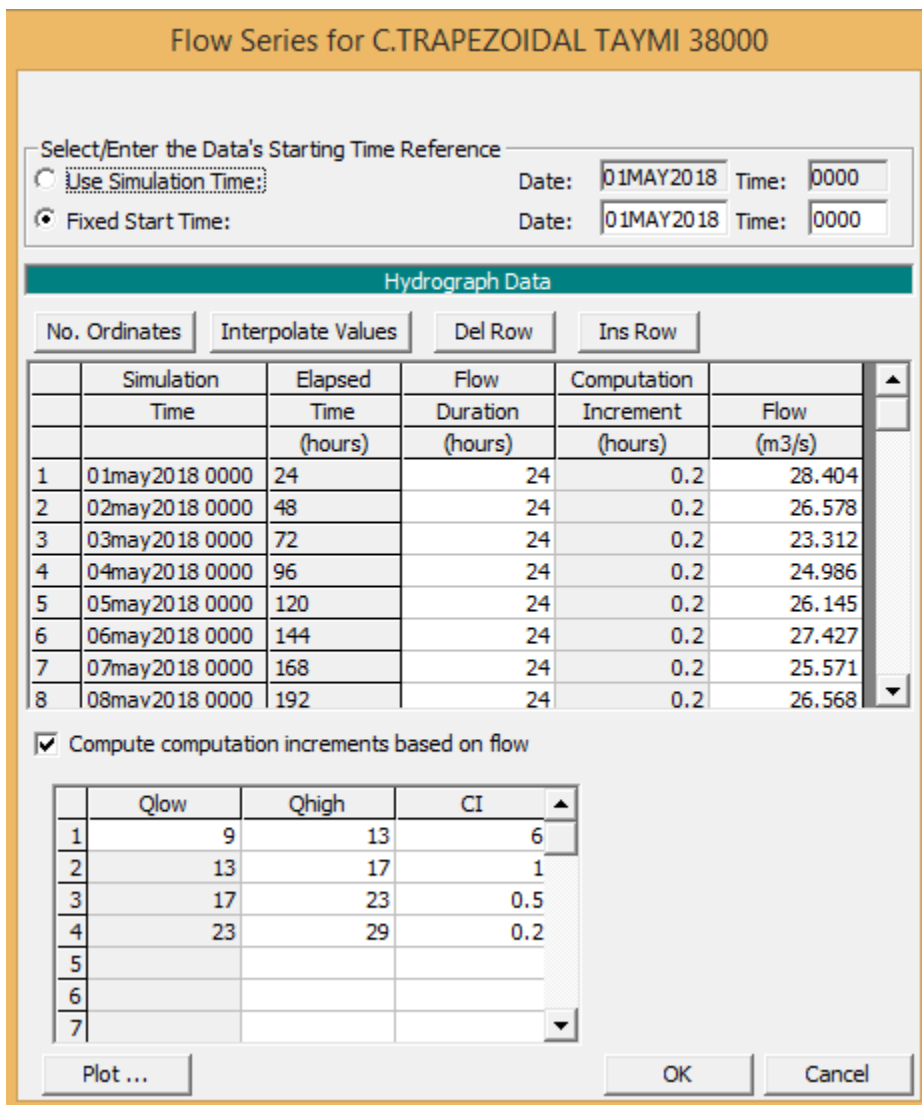


Figura 49: Datos como caudales, intervalos de tiempo. Introducidos al programa en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS)

En la **figura 49** se muestran los datos introducidos al programa HEC RAS, que en esta etapa fueron los caudales máximos diarios y los intervalos de tiempo.

Para el tercer archivo como es el caso de datos de sedimentos, En el modelo de sedimentos se trabajó con limos, ya que en el canal estudiado se hace su respectivo por tanto los sedimentos que ingresarían al canal son mínimos, compuestos mayormente por **limos y arcillas**.

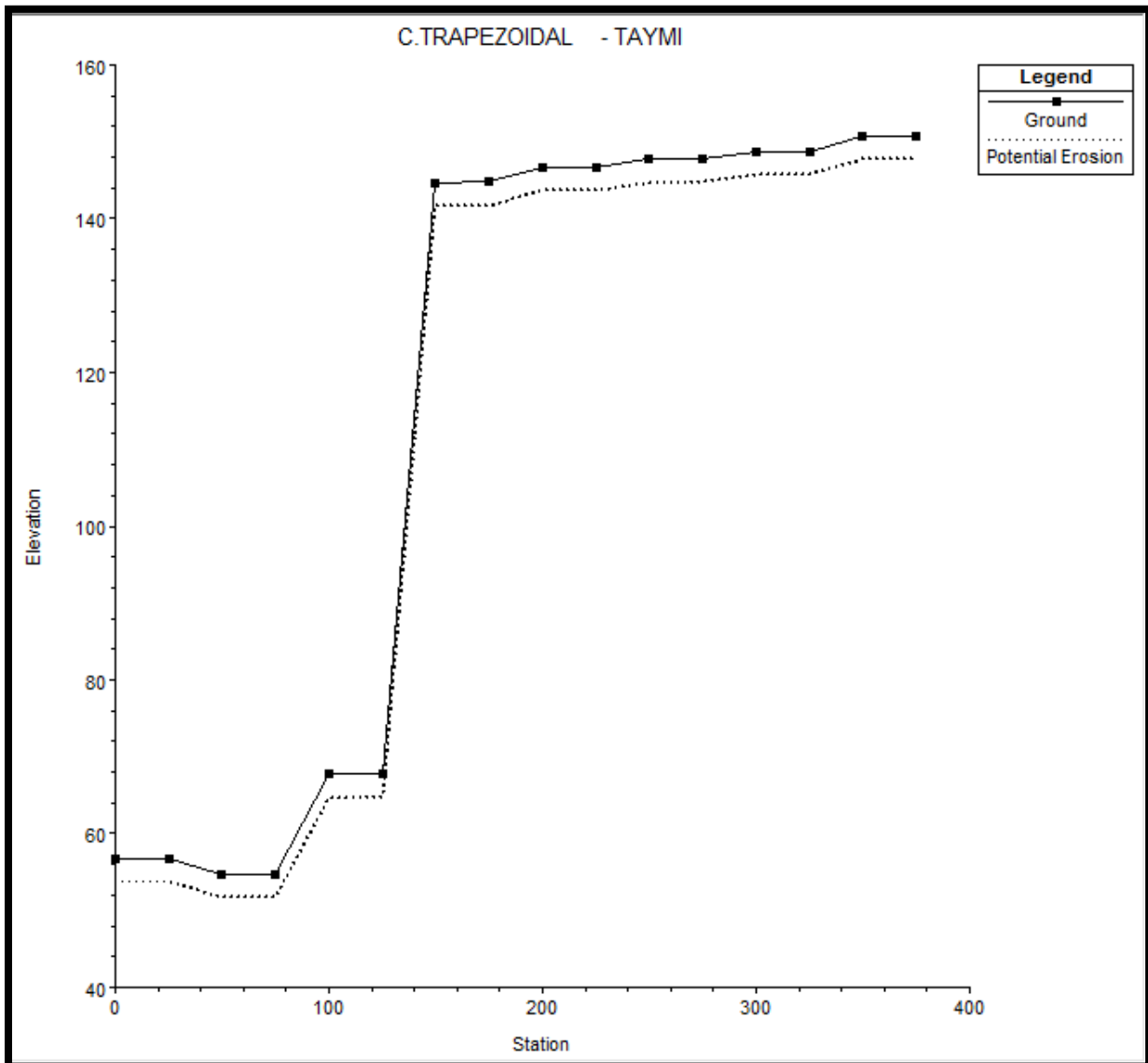


Figura 50: transporte de sedimentos a lo largo del canal en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS)

En la **figura 50** se muestran los sedimentos que circula a través del canal estudiado.

Además con los sedimentos introducidos al programa se trabajó con la opción de Rating curve (curva de calibración), Esta curva de calibración determina el flujo de entrada de sedimentos basado en el Flujo de entrada de agua.

Al elegir la opción de curva de calibración aparece la ventana del editor de especificación de la carga “Load Specification”. Cada columna tiene un flujo y una carga total asociada en (ton/día). La gradación característica de la carga total de sedimentos debe ser especificada en cada

columna, para este caso no se expresa como porcentaje de finos, se deben indicar los incrementos porcentuales no acumulativos.

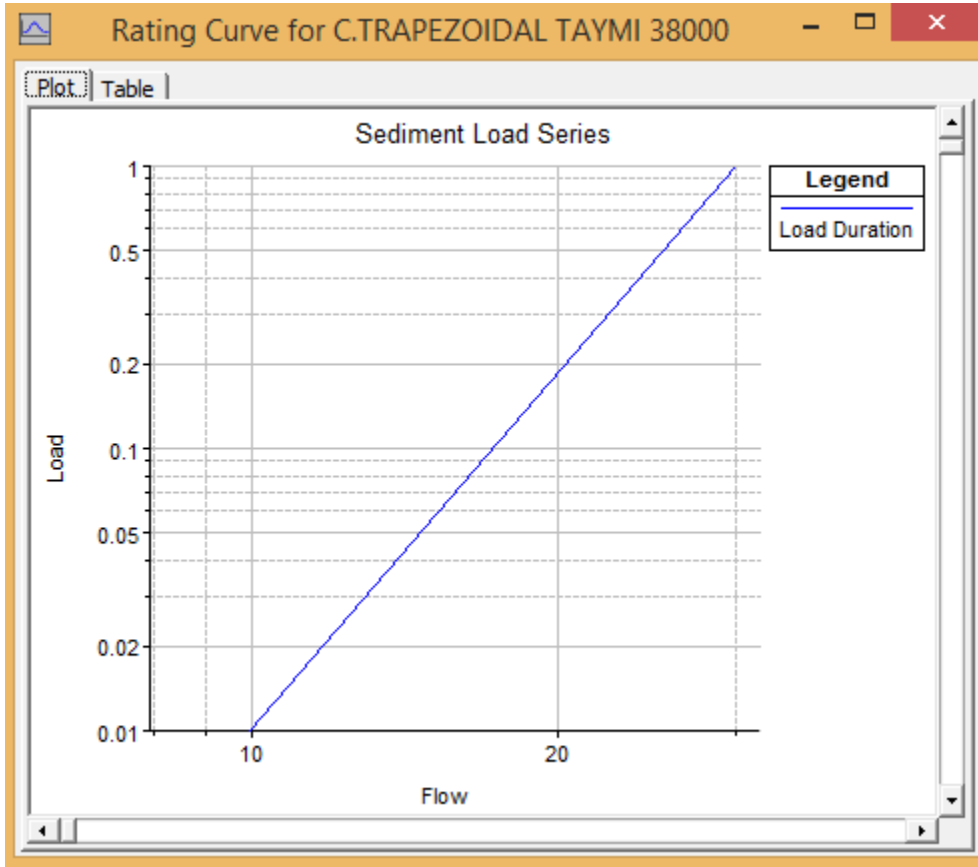


Figura 51: duración de la carga de sedimentos a lo largo del canal en el Km 33+000 al Km 38+000 fuente (HEC RAS)

En la **figura 51** se observa que la función es lineal en el espacio logarítmico, significa que los flujos más altos tienen una carga ligeramente proporcionada con respecto a las cargas.

Para el cuarto archivo se hace el análisis de los sedimentos, aquí obtendremos los resultados que nos proporciona el programa HEC RAS con los datos antes introducidos.

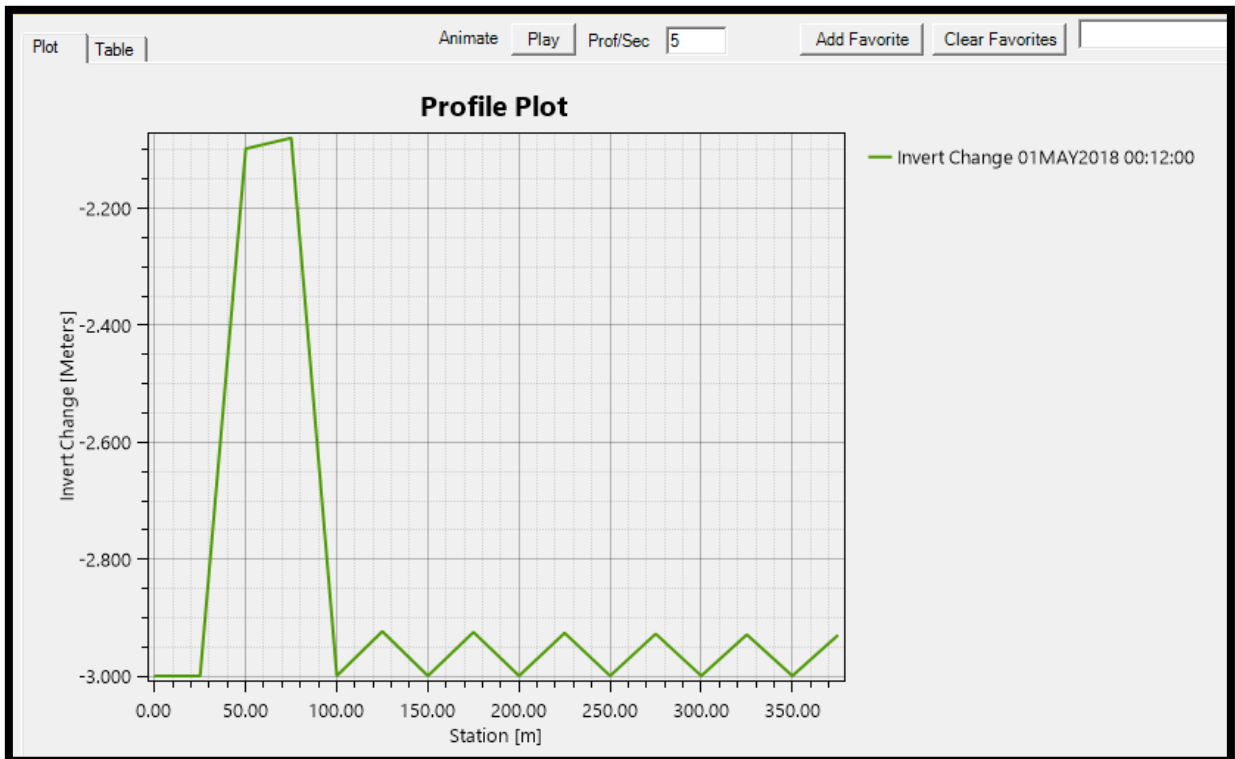


Figura 52: cambio de inversión en el perfil, con fecha 01 de mayo del 2018, fuente (HEC RAS)

En la **figura 52** se observa al cambio de inversión en el perfil y la inversión total y se puede decir que básicamente a lo largo de la estación hay una degradación de 60 metros y de la estación 100 a la estación 350 hay una degradación constante de 50 metros.

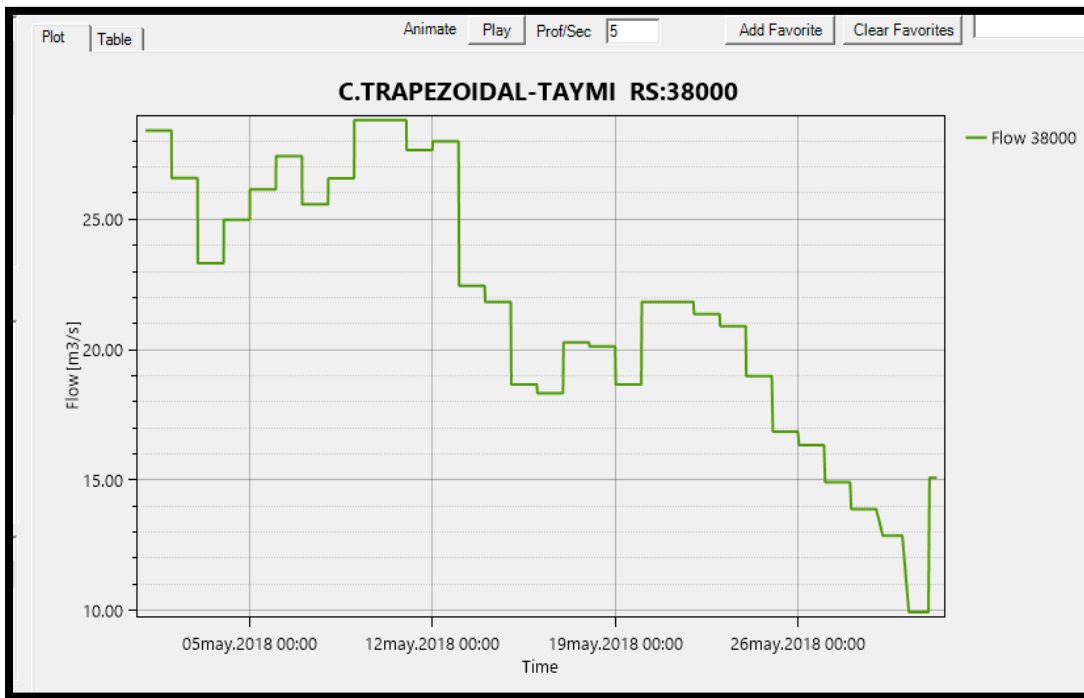


Figura 53: Interacción del flujo a través del tiempo, fuente (HEC RAS)

En la figura 53 se observa el cambio de interacción del flujo durante todo el mes de mayo.

Profile Output Table - Standard Table 1

File Options Std. Tables Locations Help

HEC-RAS Plan: 01 River: C.TRAPEZOIDAL Reach: TAYMI Profile: 31may2018 0000 Reload Data

| Reach | River Sta | Profile | Q Total (m3/s) | Min Ch El (m) | W.S. Elev (m) | Crit W.S. (m) | E.G. Elev (m) | E.G. Slope (m/m) | Vel Chnl (m/s) | Flow Area (m2) | Top Width (m) | Froude # Chl |
|-------|-----------|----------------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| TAYMI | 38000 | 31may2018 0000 | 15.10 | 147.76 | 149.25 | 148.98 | 149.60 | 0.002296 | 2.61 | 5.79 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 37975 | 31may2018 0000 | 15.10 | 147.73 | 148.95 | 148.95 | 149.50 | 0.004345 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.00 |
| TAYMI | 37025 | 31may2018 0000 | 15.10 | 145.76 | 147.25 | 146.98 | 147.60 | 0.002296 | 2.61 | 5.79 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 37000 | 31may2018 0000 | 15.10 | 145.73 | 146.95 | 146.95 | 147.50 | 0.004345 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.00 |
| TAYMI | 36435 | 31may2018 0000 | 15.10 | 144.76 | 146.25 | 145.98 | 146.60 | 0.002299 | 2.61 | 5.79 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 36410 | 31may2018 0000 | 15.10 | 144.73 | 145.95 | 145.95 | 146.50 | 0.004344 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.01 |
| TAYMI | 36225 | 31may2018 0000 | 15.10 | 143.76 | 145.25 | 144.98 | 145.60 | 0.002296 | 2.61 | 5.79 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 36200 | 31may2018 0000 | 15.10 | 143.73 | 144.95 | 144.95 | 145.50 | 0.004345 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.00 |
| TAYMI | 35425 | 31may2018 0000 | 15.10 | 141.76 | 143.25 | 142.98 | 143.60 | 0.002296 | 2.61 | 5.79 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 35400 | 31may2018 0000 | 15.10 | 141.73 | 142.95 | 142.95 | 143.50 | 0.004344 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.01 |
| TAYMI | 35025 | 31may2018 0000 | 15.10 | 64.76 | 66.25 | 65.98 | 66.60 | 0.002283 | 2.60 | 5.80 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 35000 | 31may2018 0000 | 15.10 | 64.73 | 65.95 | 65.95 | 66.50 | 0.004344 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.01 |
| TAYMI | 33241 | 31may2018 0000 | 15.10 | 51.76 | 55.61 | | 55.63 | 0.000046 | 0.64 | 23.55 | 8.51 | 0.12 |
| TAYMI | 33216 | 31may2018 0000 | 15.10 | 51.73 | 55.61 | | 55.63 | 0.000045 | 0.64 | 23.76 | 8.53 | 0.12 |
| TAYMI | 33025 | 31may2018 0000 | 15.10 | 53.76 | 55.25 | 54.98 | 55.60 | 0.002297 | 2.61 | 5.79 | 4.45 | 0.73 |
| TAYMI | 33000 | 31may2018 0000 | 15.10 | 53.73 | 54.95 | 54.95 | 55.50 | 0.004344 | 3.28 | 4.60 | 4.24 | 1.00 |

Total flow in cross section.

Figura 54: Resultados finales del modelo de funcionamiento hidrológico sedimentológico, fuente (HEC RAS)

En la **figura 54** se observa que en la fecha 31 de mayo del año 2018.

- Alcanzo un caudal (Q total) de **15.10 m³/s**,
- La mínima elevación del canal (Min Ch El) es de **51.73 m** y se encuentra en el km **33+216**
- La superficie del agua calculada a partir de la ecuación energética (W.S Elev) es de **149.25 m** y se encuentra en el **Km 38+000**
- Elevación crítica de la superficie del agua. Superficie del agua correspondiente al mínimo(Crit W.S) es de **54.95 m** y se ubica en el **km 33+000**
- Línea de grado de energía para WSEL dado (E.G Elev) es de **143.50 m** ubicado en el **km 35+400**

Y algunos otros resultados que se muestran en la **figura 54**.

Además se hizo una comparación para los diferentes periodos de retorno de 20, 50 y 100 años con caudales de 25.20, 35.20 y 45.20 m³/s respectivamente, donde los resultados obtenidos fueron los siguientes

| Plan: PLAN 01 CANAL TRAPEZOIDAL RS: 33025 Profile: 20 años | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m) | 59.30 | Element | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m) | 0.24 | Wt. n-Val. | | 0.017 | |
| W.S. Elev (m) | 59.06 | Reach Len. (m) | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| Crit W.S. (m) | 58.35 | Flow Area (m2) | | 11.51 | |
| E.G. Slope (m/m) | 0.001001 | Area (m2) | | 11.51 | |
| Q Total (m3/s) | 25.20 | Flow (m3/s) | | 25.20 | |
| Top Width (m) | 6.70 | Top Width (m) | | 6.70 | |
| Vel Total (m/s) | 2.19 | Avg. Vel. (m/s) | | 2.19 | |
| Max Chl Dpth (m) | 2.30 | Hydr. Depth (m) | | 1.72 | |
| Conv. Total (m3/s) | 796.6 | Conv. (m3/s) | | 796.6 | |
| Length Wtd. (m) | 25.00 | Wetted Per. (m) | | 9.02 | |
| Min Ch El (m) | 56.75 | Shear (N/m2) | | 12.52 | |
| Alpha | 1.00 | Stream Power (N/m s) | | 27.41 | |
| Frctn Loss (m) | 0.03 | Cum Volume (1000 m3) | | 0.29 | |
| C & E Loss (m) | 0.00 | Cum SA (1000 m2) | | 0.17 | |

Figura 55: Valores obtenidos para un periodo de retorno de 20 años con un caudal de 25.20 m³/s, fuente (programa HEC RAS)

En la **figura 55**, se observa para un periodo de retorno de 20 años con un caudal de 25.20 m³/s que la velocidad total en el tramo es de 2.19 m/s y una pérdida de fricción de 0.03 m.

| Plan: PLAN 01 CANAL TRAPEZOIDAL RS: 33025 Profile: 50 años | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m) | 59.81 | Element | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m) | 0.29 | Wt. n-Val. | | 0.017 | |
| W.S. Elev (m) | 59.52 | Reach Len. (m) | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| Crit W.S. (m) | 58.70 | Flow Area (m2) | | 14.76 | |
| E.G. Slope (m/m) | 0.001001 | Area (m2) | | 14.76 | |
| Q Total (m3/s) | 35.20 | Flow (m3/s) | | 35.20 | |
| Top Width (m) | 7.38 | Top Width (m) | | 7.38 | |
| Vel Total (m/s) | 2.39 | Avg. Vel. (m/s) | | 2.39 | |
| Max Chl Dpth (m) | 2.76 | Hydr. Depth (m) | | 2.00 | |
| Conv. Total (m3/s) | 1112.6 | Conv. (m3/s) | | 1112.6 | |
| Length Wtd. (m) | 25.00 | Wetted Per. (m) | | 10.17 | |
| Min Ch El (m) | 56.75 | Shear (N/m2) | | 14.24 | |
| Alpha | 1.00 | Stream Power (N/m s) | | 33.97 | |
| Frctn Loss (m) | 0.03 | Cum Volume (1000 m3) | | 0.37 | |
| C & E Loss (m) | 0.00 | Cum SA (1000 m2) | | 0.18 | |

Figura 56 : Valores obtenidos para un periodo de retorno de 100 años con un caudal de 35.20 m³/s, fuente (programa HEC RAS)

| Plan: PLAN 01 CANAL TRAPEZOIDAL RS: 33025 Profile: 100 años | | | | | |
|---|----------|----------------------|---------|---------|----------|
| E.G. Elev (m) | 60.24 | Element | Left OB | Channel | Right OB |
| Vel Head (m) | 0.33 | Wt. n-Val. | | 0.017 | |
| W.S. Elev (m) | 59.92 | Reach Len. (m) | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| Crit W.S. (m) | 59.00 | Flow Area (m2) | | 17.79 | |
| E.G. Slope (m/m) | 0.001001 | Area (m2) | | 17.79 | |
| Q Total (m3/s) | 45.20 | Flow (m3/s) | | 45.20 | |
| Top Width (m) | 7.96 | Top Width (m) | | 7.96 | |
| Vel Total (m/s) | 2.54 | Avg. Vel. (m/s) | | 2.54 | |
| Max Chl Dpth (m) | 3.16 | Hydr. Depth (m) | | 2.24 | |
| Conv. Total (m3/s) | 1428.5 | Conv. (m3/s) | | 1428.5 | |
| Length Wtd. (m) | 25.00 | Wetted Per. (m) | | 11.15 | |
| Min Ch El (m) | 56.75 | Shear (N/m2) | | 15.66 | |
| Alpha | 1.00 | Stream Power (N/m s) | | 39.79 | |
| Frctn Loss (m) | 0.03 | Cum Volume (1000 m3) | | 0.44 | |
| C & E Loss (m) | 0.00 | Cum SA (1000 m2) | | 0.20 | |

Figura 57: Valores obtenidos para un periodo de retorno de 100 años con un caudal de 45.20 m³/s, fuente (programa HEC RAS)

Además para las **figuras 56 y 57**, se observa para un periodo de retorno de 50 y 100 años respectivamente con caudales de 35.20 m³/s, la velocidad total es de 2.39m/s y 45.20 m³/s la velocidad total es de 2.54m/s y una pérdida de fricción de 0.03 m que se mantiene constante para los periodos de retorno

3.2. Discusión de resultados

- ❖ Como ya se mencionó en el análisis de resultados el canal estudiado tiene forma de sección trapezoidal, y se hizo las medidas geométricas de dicho canal donde la observación principal en el tramo del canal es que tiene un problema técnico en la infraestructura que en este caso sería la ausencia de barandas, ya que constituye un elemento de protección para evitar algún tipo de accidente. Si revisamos (Hernandez A. V., 2014) en recomendaciones muestra que se debe programar y realizar actividades de limpieza en las paredes y fondo del canal, este aspecto concuerda con la **figura 58** donde se ha interrumpido el caudal del canal para la limpieza respectiva.

Y con respecto al material que ha sido construido el canal, podemos apreciar según la **figura 58**, que es revestido de concreto simple.

Si revisamos (César Barreto, 2015) En recomendaciones muestra evaluar el tipo de estructura o fenómeno a representar, este aspecto concuerda con uno de los objetivos que es establecer los materiales de construcción según lo que se aprecia en la **figura 58**.



Figura 58: en este tramo observamos el tipo de material de construcción y la ausencia de barandas, fuente (elaboración propia)

- ❖ Con respecto a la medición de caudales se trabajó con dos métodos, el primero denominado método del flotador, es decir se utilizó un flotador que permitía desplazarse en la superficie y ayudándonos con un cronometro para medir el tiempo estimado con una distancia de 25 metros (ver figura 23), obtuvimos una velocidad promedio de **2.163 m/s**. Si revisamos (Luis Edgardo, 2013) en recomendaciones se muestra las mediciones que se deben de realizar durante el ensayo este aspecto concuerda con el ensayo que se realizó en campo (ver figura 23). El segundo denominado método del **correntómetro electromagnético** o también llamado **Molinete** con este método se nos hizo más fácil trabajar ya que solo introducimos el equipo dentro del canal y automáticamente nos arrojó los resultados esperados, Si revisamos (Trehwela Palacios, 2015) en recomendaciones se enfatiza el uso de buenos datos de entrada de flujos en superficies reales este aspecto concuerda con el método del correntómetro electromagnético ya que al introducir al canal nos arroja buenos datos (valores reales) del caudal (ver figura 24).

```

Tiempo real

Modelo: MF pro
n/s: 000000337858
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,06

Tipo sensor: Veloc. y profund.
n/s: 182060338621
Arr.: v1,00
Aplicación: v1,02

Filtr.: FPA Parámetro: 10 s
Pre-filtro: Activado Rang.: 5
IEM: 60 Hz

```

| Mstra | Marca tmp. | Veloc. (m/s) | Prof. (m) |
|-------|---------------------|--------------|-----------|
| 1 | 09:58:24 20.05.2019 | 0,46 | 0,51 |
| 2 | 09:59:53 20.05.2019 | 0,89 | 0,56 |
| 3 | 10:00:40 20.05.2019 | 0,48 | 0,58 |

Figura 59: resultados obtenidos con el correntómetro electromagnético o molinete, fuente (elaboración propia)

Pero vale hacer la aclaración que cuando utilizamos el equipo el tirante del canal había disminuido notablemente con respecto al inicial del método del flotador. Como podemos apreciar las velocidades de los dos métodos utilizados son diferentes y la discusión principal es debido a lo siguiente, cuando utilizamos el equipo el canal tenía un tirante o una profundidad variante de **0.51 m – 0.58m** como podemos apreciar en la **figura 59**, y automáticamente las velocidades también serían mínimas como se aprecian en la **figura 59** las velocidades varían de **0.46m/s-0.89 m/s**

- ❖ Con respecto a las muestras obtenidas en campo también se hizo un estudio químico del fluido para analizar algunas características del mismo como por ejemplo: El análisis del PH (potencial de hidrogeno), su conductividad, dureza del agua y temperatura donde sus resultados obtenidos fueron óptimos. (Ver tabla 6) Si revisamos (Flores, 2015) en conclusiones nos muestra una comparación de aguas claras, este aspecto concuerda con una de las características obtenidas en campo. Vale decir que también los usuarios se benefician de dicho fluido ya que utilizan el agua para la agricultura. y otros fines.

- ❖ Con respecto al ensayo de sedimentación se ha determinado experimentalmente la velocidad de sedimentación utilizando dos probetas una de 25 ml y otra de 1000 ml para ver el comportamiento real de los sedimentos, si revisamos (Flores, 2015) en relevancia nos muestra un análisis del flujo de aguas con sedimentos para diferentes escenarios, este aspecto concuerda con nuestro ensayo que se realizó dos escenarios distintos (ver figuras 29 y 30). en las gráficas obtenidas el comportamiento es similar o igual ya que su comportamiento de las partículas solo varían según la altura del instrumento en un determinado tiempo. Donde según la **figura 41** se pueden apreciar cuatro etapas donde ya se analizó y se detalló el comportamiento experimental de la sedimentación.

- ❖ Según los datos obtenidos en campo con respecto a las velocidades, medidas en las estaciones indicadas fue que la velocidad mínima obtenida es de **1.65 m/s en el km 36+200 – km 36 + 225** y la velocidad máxima obtenida es de **2. 65 m/s en el km 37+200 – km 37 + 025** quiere decir que las velocidades en el tramo estudiado no tienen mucha variación al igual que los datos ingresados al programa HEC – RAS notamos que las velocidades para los diferentes periodos de retorno tampoco hay mucha variación. Si revisamos (Torres Sanchez, 2017) en conclusiones relaciona la velocidad mínima proyectada de 1.03 m/s este aspecto concuerda con nuestro caso que es de 1.65 m/s. valores que son superiores a la velocidad mínima (0.72 m/s) recomendada por el Bureau of Reclamation.

Si revisamos (Torres Pineda, 2015) en Objetivos relaciona elaborar un modelo hidráulico usando el software HEC – RAS este aspecto concuerda con el tramo estudiado ya que al ingresar los datos a dicho programa obtenemos una velocidad similar obtenido en campo. Si revisamos (Hamad, 2008) en Problema desarrolla los cursos naturales de los caudales con velocidades bajas este aspecto concuerda con la velocidad obtenida en campo, además en Objetivos se realiza una síntesis en caudales no naturales este aspecto concuerda con el canal estudiado ya que es un canal no natural (ver figura 58)

- ❖ Para el modelamiento de sedimentos se pudo trabajar con limos y arcillas pero se introdujo al programa HEC-RAS **limos** ya que los elementos que ingresan al canal son mínimos, ya que se realizan limpiezas en dicho canal.

Si revisamos (Torres Sanchez, 2017) en conclusiones nos muestra que el canal carpintero no tendrá problemas de sedimentación al ser su velocidad mínima de 1.03 m/s, valor que es superior a la velocidad mínima (0.72 m/s) recomendada este aspecto concuerda con nuestro caso ya que la velocidad mínima es de 1.65 m/s valor que es superior a la velocidad mínima (0.72 m/s). Si revisamos (Cuervo Muñoz, 2012) en conclusiones que a pesar de que los modelos comparados en este estudio IBER, HEC- RAS para el tema de sedimentos (materiales sueltos) no son muy diferentes, este aspecto concuerda con el tipo de sedimentos que se trabajó en el programa HEC –RAS (ver figura 50).

- ❖ También se introdujo al programa HEC-RAS los siguientes caudales de 25.20 m³/s para un periodo de retorno de 20 años, se observa que la velocidad total es de **2.19 m/s** y una pérdida de fricción de **0.03m** (ver figura 55), el otro caudal de 35.20 m³/s para un periodo de retorno de 50 años, se observa que la velocidad total es de **2.39 m/s** y una pérdida de fricción de **0.03 m** (ver figura 56), y el caudal de 45.20 m³/s para un periodo de retorno de 100 años se observa que la velocidad total es de **2.54 m/s** y una pérdida de fricción de **0.03 m** (ver figura 57)

Donde se puede observar que su comportamiento con respecto a las diferencias de velocidades de uno y otro caudal es mínimas y que la pérdida de fricción para todos los caudales se mantiene constante. Si revisamos (Samame, 2015) en problema nos habla de una modelación exacta y el comportamiento del flujo de agua va en aumento este aspecto concuerda con el aumento de las velocidades del flujo de agua para los diferentes periodos de retorno.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Las conclusiones que se obtuvieron en este estudio son las siguientes:

- ✓ Se modeló el flujo a superficie libre en el canal taymi del km 33+000 al km 38+000
- ✓ El modelamiento realizado al canal Taymi es eficiente ya que cumple con los requerimientos establecidos por la U.S.B.R
- ✓ Se verifico las dimensiones y materiales de construcción del canal taymi en el tramo estudiado.
- ✓ En dicho canal se procedió a la medida de caudales en los puntos del tramo del km 33+000 al km 38+000
- ✓ En un tramo del canal se realizó la toma de muestras de agua a diferentes profundidades con las cuales sirvieron para hacer un ensayo de sedimentación y un ensayo químico.
- ✓ Se verifico un modelo de funcionamiento hidrológico sedimentológico en el programa HEC - RAS del tramo del canal estudiado, utilizando el tipo de suelo limo
- ✓ El canal Taymi no tendrá problemas de sedimentación ya que su velocidad mínima según estudio fue de **1.65 m/seg**. Este Valor es superior a la velocidad mínima (**0.762 m/seg**) recomendada para que no permita la sedimentación.
- ✓ No tendrá algún tipo de problema con respecto al revestimiento del canal, porque su velocidad máxima es de **2.65 m/seg** el cual está por debajo de la velocidad máxima (**3.00m/seg**)
- ✓ En el análisis del flujo se puede observar que las características hidráulicas obtenidas del modelo en HEC-RAS son muy similares al modelo en H-CANALES.

4.2. Recomendaciones

- ✓ El modelamiento del flujo a superficie libre del agua con el programa HEC-RAS se debe realizar a la par con el diseño del canal, de esta forma se verificara que el diseño realizado funciona y no tenga problemas con el flujo del agua.
- ✓ Para la modelación de un canal, es muy importante la introducción de información de calidad tanto geométrica, como de las condiciones y límites de frontera.
- ✓ Con respecto al canal en el transcurso de su recorrido se observó la ausencia de barandas lo que implica que suceda muchos accidentes en dicho canal accidentes que ya ha pasado anteriormente.
- ✓ Entonces se recomienda a las autoridades municipales y a las juntas de usuarios del sector, que deben de velar por la integridad completa de los sistemas de protección que deben de instalarse para salvaguardar la integridad de la población.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agapito, J. C. (2 de 2 de 2017). *Canal taymi se desbordó en Pátapo y mesones muro*. Obtenido de Radio Programas del Perú, noticias: <http://rpp.pe/peru/actualidad/canal-taymi-se-desbordo-en-patapo-y-mesones-muro-noticia-1028284>
- al, G. F. (1995).
- Alfaro, T., & Bardalez, J. (2010). *TRATAMIENTO DE CAUCE DEL RIO PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN LA CUENCA CHANCAY LAMBAYEQUE*. Lima.
- Alva, W. (21 de 09 de 2016). *Revelan que uso de canal taymi se remonta a la época mochica*. Obtenido de Andina, agencia peruana de noticias: <http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=631920>
- Aquino Zamorano, L. M. (2011). *"MODERNIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA APRENDIZAJE EN LA ASIGNATURA DE HIDRÁULICA – I (CIV 229)"*. Cochabamba.
- Becerra, R., & Nayla, E. (2017). *ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS ECUACIONES DE TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ARRASTRE Y SUSPENSIÓN EN LAS INMEDIACIONES DE LOS PUENTES PUCALÁ Y MONSEFÚ – ETEN*. Pimentel.
- César Barreto, E. (2015). *INVESTIGACIÓN HIDRÁULICA UTILIZANDO UN MODELO NUMÉRICO 3D DE LA PRESA TABLONES ALTO – CHINECAS*. Piura.
- Chow, V. T. (1994). *HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS*. Santafé de Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA S.A.
- Cordova Diaz, C. J. (2017). *MODELACION HIDRAULICA DEL RIO "LA LECHE" CON EL PROGRAMA HEC-RAS EN UN TRAMO DE 4KM. EN EL DISTRITO DE ILLIMO, Y DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE*. Chiclayo.
- Cortés Cortés, M. E., & Iglesias Leon, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la investigación*. Ciudad Del Carman, Campeche.
- Cuervo Muñoz, A. E. (2012). *Comparación de los modelos hidráulicos unidimensional (HEC-RAS) y bidimensional (IBER) en el análisis del rompimiento de presas de materiales sueltos*. Catalunya.
- Flor, C. G. (2012). *canales y desarenadores con tratamiento preliminar en el agua para el consumo humano*.
- Flores, M. A. (2015). *Análisis comparativo de un modelo hidrodinámico unidimensional para flujo newtonianos del río seco zona urbana Tacna*. Tacna, Perú.
- garcía flores, e. a. (1995). *catedra de obras hidráulicas. obras fluviales*.
- Gonzales, O. A. (2010). *Modelo bidimensional de la hidrodinámica y transporte de sedimento en el caño de marea san pedro (Bahía de cadiz): implicaciones morfodinámicas*.

- Goodell, C. (13 de Junio de 2018). *THE RAS SOLUTION*. Obtenido de THE RAS SOLUTION:
<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>
- Hamad, K. M. (2008). Aplicaciones del modelo Hec-Ras para el analisis del flujo no permanente con superficie libre. Quito, Ecuador.
- Hernandez, A. V. (2014). Aplicacion de un modelo turbulento bidimensional para la simulacion de flujo a superficie libre en un canal horizontal. Bogota, Colombia.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Pilar, B. (2010). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: McGRAW-HILL /INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Luis Edgardo, A. H. (2013). Diseño hidraulico del canal de disipacion queconecta un conducto con flujo supercritico con un aforador. Lima, Perú.
- Medina, S. C. (2002). Analisis de los modelos 3d para la simulacion de flujo en aguas de transicion.
- Merle C., P. (2002). *Mecánica de fluidos*. ciudad de Mexico.
- Ministerio, d. a., & Riego. (2017). *Resolucion Directorial- MINAGRI-PSI*. Lima.
- Olmos, T. (16 de 05 de 2016). *Lambayeque: construyen seis sifones en canal "Taymi antiguo"*. Obtenido de Andina, agencia peruana de noticias:
<http://andina.pe/agencia/noticia.aspx?id=612863>
- Rodriguez Ruiz, P. (2008). *hidraulica II*. Oaxaca. Obtenido de definicion de superficie:
<https://definicion.de/superficie/>
- Rojas Rubio, H. (2010). *MANUAL DEL CURSO DE IRRIGACION Y DRENAJE*. NUEVO CHIMBOTE.
- Samame, E. W. (2015). Optimizacion del diseño hidraulico del proyecto miraflores utilizando el modelo numerico telemac-2d. Piura, Perú.
- Sanchez Tueros, H. S. (s.f.). Modelacion Hidraulica. *ibercursos*, 52. Obtenido de EcuRed conocimiento con todos y para todos: https://www.ecured.cu/M%C3%A9todo_de_modelaci%C3%B3n
- Segundo Nuñez Juares, D. T. (2017). *Evaluacion geologica de las zonas afectadas por el niño costero 2017 en las regines Lambayeque-Cajamarca*. Lambayeque-Cajamarca.
- Sotelo Avila, G. (1997). *HIDRAULICA GENERAL volumen 1*. Ciudad de Mexico: Editorial Limusa S.A.
- Torres Pineda, C. (2015). *MODELACIÓN HIDRÁULICA DE LAS CONDICIONES ACTUALES DEL TRAMO CALAMAR SANTA LUCIA EN EL CANAL DEL DIQUE*. BOGOTA.
- Torres Sanchez, J. M. (2017). Diseño hidraulico y modelamiento en HEC-RAS del canal de concreto y de obras de arte del proyecto carpintero- Km 0+000 al Km 5+000. Lambayeque, Perú.
- Trewhela Palacios, T. A. (2015). *Modelo nemerico para flujos bidimensionales de fluidos no-newtonianos sobre topografias complejas*. Santiago de Chile.
- Ugaz, W. A. (2011). Modelo para la gestion de la demanda de agua superficial en la unidad hidrica Chancay - Lambayeque.

Vasquez Ojeda, J. A. (2003). MODELACION NUMERICA EN HIDRAULICA.

Washington, D. C. (1991). *Proyecto de Manejo y Conservación de los Recursos Naturales Renovables de la Cuenca del Río Chixoy*. Guatemala.

Weber. (2000). catedra de obras hidraulicas. *obras fluviales*.

Weber, A. M. (2002). Modelacion Numerica de la distribucion del flujo a superficie libre en secciones compuestas.

Yzocupea, V. A. (2002). Modelo numerico de flujo bidimensional de la bahia paracas.

VI. ANEXOS

6.1. ANEXO A: Matriz de consistencia

| PROBLEMAS | HIPOTESIS | OBJETIVOS | VARIABLES |
|---|--|--|--|
| PROBLEMA CIENTIFICO | | OBJETIVO GENERAL | Variable Independiente |
| ¿Cuál es el adecuado modelamiento del flujo a superficie libre en el canal Taymi, KM 33+000 al KM 38+000, Lambayeque. 2019? | El modelamiento del flujo a superficie libre en el canal taymi KM 33+000 al KM 38+000, con el programa HEC – RAS , permitió identificar las características hidráulicas. | Modelar el flujo a superficie libre en el canal Taymi, KM 33+000 al KM 38+00. | Modelación de flujo a superficie libre del canal. |
| | | OBJETIVOS ESPECIFICOS | Variable Dependiente |
| | | 1. Establecer las dimensiones y materiales de construcción del canal taymi en el tramo del km 33+000 al Km 38+000. | Superficie libre en el canal taymi km 33+000 al km 38+000. |
| | | 2. Desarrollar un modelo de funcionamiento hidrológico sedimentológico del tramo del canal estudiado. | |
| | | 3. Establecer propuestas de mejora del tramo estudiado. | |

Figura 60: Matriz de consistencia, fuente (elaboración propia)

En la **figura 60** se observa un instrumento formado por columnas y filas, que permite evaluar el grado de coherencia y conexión lógica entre el título, el problema, la hipótesis, los objetivos, y las variables de estudio.

6.2. ANEXO B: Ensayo de sedimentación

USS | UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN Pimentel, 01 de JUNIO del 2019
PRACTICAS DE LABORATORIO
CARGO DE PRESTAMO DE EQUIPO E INSTRUMENTO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Nosotros, los atras firmantes, alumnos del curso de INVESTIGACION II de la Esc. Profesional de INGENIERIA CIVIL, integrantes del GrupoN°, recibimos en calidad de préstamo del laboratorio de la USS, el (los) equipo de Laboratorio que se detalla, para realizar la práctica de Laboratorio respectiva, a realizarse: (Marque con X donde se realizara la práctica, y lugar si es fuera.)

1.- Dentro del Campus de la universitario.
 2.- Fuera

Práctica a Realizar: ENSAYO DE SEDIMENTACION

| Cant. | Equipo / Instrumento | Descripción | Observ. | Ctrl. Devol. |
|-------|----------------------|-------------|---------|--------------|
| 3 | JARIZAS DE SED. | | OK | |
| 1 | HIDRÓMETRO | | OK | |
| 1 | AGITADOR | | OK | |
| 1 | AGITADOR MANUAL | | OK | |
| 1 | HEXAMETAFOFATO DE Na | | - | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Al respecto, nos comprometemos a cuidar y manipular los equipos del Laboratorio en forma adecuada, responsabilizándonos en forma conjunta por el daño y/o pérdida de cualquiera de ellos.

| Nombres y Apellidos | Código | Firma |
|-----------------------------|-----------|----------------|
| 1.- JESUS HOYLER RANDY MEGO | 212181456 | <i>[Firma]</i> |
| 2.- | | |
| 3.- | | |
| 4.- | | |
| 5.- | | |
| 6.- | | |

Autorización del Docente _____ Encargado de laboratorio *[Firma]*

Figura 61: Formato para la práctica de ensayo de sedimentación, fuente (prácticas de laboratorio de suelos y pavimentos de la universidad señor de sipán)

6.3. ANEXO C: Muestras de agua obtenidas en probetas de 25 ml

| P1-A | | P2-A | | P3-A | |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|
| Tiempo (min) | Altura (cm) | Tiempo (min) | Altura (cm) | Tiempo (min) | Altura (cm) |
| 1.02 | 26.4 | 1.03 | 27 | 1.35 | 28.2 |
| 2.15 | 24 | 2.13 | 25.2 | 2.58 | 27 |
| 4.57 | 15 | 3.93 | 21 | 4.47 | 21.6 |
| 8.47 | 9 | 7.67 | 12 | 9.58 | 16.2 |
| 15.90 | 3.6 | 14.77 | 6 | 17.60 | 6 |
| 35.17 | 0.6 | 32.47 | 3 | 30.87 | 2.4 |
| | | 70.58 | 0.6 | 55.58 | 0.6 |

| P1-B | | P2-B | | PROFUNDIDAD | |
|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------------|-------------|
| Tiempo (min) | Altura (cm) | Tiempo (min) | Altura (cm) | Tiempo (min) | Altura (cm) |
| 0.80 | 25.2 | 1.05 | 24 | 0.62 | 27.6 |
| 1.60 | 24.6 | 1.95 | 21 | 2.23 | 21.6 |
| 2.00 | 24 | 3.93 | 12 | 4.12 | 15 |
| 4.33 | 21 | 8.37 | 5.4 | 8.58 | 7.8 |
| 8.13 | 13.8 | 16.77 | 2.4 | 15.65 | 3.6 |
| 15.13 | 4.2 | 35.42 | 0.6 | 39.58 | 0.6 |
| 26.63 | 0.6 | | | | |

Figura 62: muestras de agua para la determinación de sedimentación para probetas de 25 ml, fuente (elaboración propia)


6.4. ANEXO D: Muestras de agua obtenidas de probetas de 1000 ml

| ESTRATO 1-C1 | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|
| TIEMPO(min) | ALTURA(cm) | TEMPERATURA(°C) |
| 1 | 21 | 25.4 |
| 2 | 20.5 | 25.4 |
| 5 | 19.5 | 25.3 |
| 8 | 19 | 25.2 |
| 15 | 18.6 | 25.2 |
| 30 | 17 | 25.1 |
| 60 | 15.6 | 25 |
| 120 | 14.7 | 25 |
| 240 | 13.8 | 25 |
| 420 | 12.8 | 25 |
| 1440 | 12 | 24.2 |

| ESTRATO 1-C2 | | |
|---------------------|-------------------|------------------------|
| TIEMPO(min) | ALTURA(cm) | TEMPERATURA(°C) |
| 1 | 28.5 | 27.8 |
| 2 | 27.5 | 27.8 |
| 5 | 26 | 27.7 |
| 10 | 25.5 | 27.7 |
| 20 | 24.5 | 27.7 |
| 45 | 22.1 | 27.6 |
| 90 | 20.5 | 27.4 |
| 1080 | 15.8 | 27.1 |

Figura 63: muestras de agua para la determinación de sedimentación para probetas de 1000 ml, fuente (elaboración propia)

6.5. ANEXO E: Medición de caudal



UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN
 FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
 ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL
 PRACTICAS DE LABORATORIO


CARGO DE PRESTAMO DE EQUIPO DE HIDRAULICA

Nosotros, los abajo firmantes, alumnos del curso de INVESTIGACIÓN II de la Esc. Profesional de INGENIERÍA CIVIL, integrantes del Grupo N° , recibimos en calidad de préstamo del Laboratorio Hidráulica de la USS, el (los) equipo de Laboratorio que se detalla, para realizar la práctica: Laboratorio respectiva, a realizarse dentro () del Laboratorio de la universitario. fuera (X)

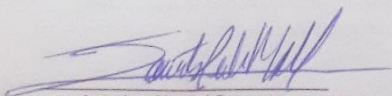
Ensayo a Realizar: FERRÓNDE PEQUEÑO MURO CANAL TAYBI KM 33+000 - KM 35+000.

| Cant. | Equipo / Instrumento | N° Serie USS | Observ. | Ctrl. Devol. |
|-------|--------------------------------|---------------|---------|--------------|
| 01 | Correntómetro ELECTROMAGNÉTICO | 338621/337856 | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Al respecto, nos comprometemos a cuidar y manipular los equipos del Laboratorio en forma adecuada, responsabilizándonos en forma conjunta por el daño y/o pérdida de cualquiera de ellos.

| Nombres y Apellidos | Código | Firma |
|-----------------------------|-----------|---|
| 1.- JESÚS HOYLER TANNY MERO | 212181456 |  |
| 2.- | | |
| 3.- | | |
| 4.- | | |
| 5.- | | |
| 6.- | | |
| 7.- | | |
| 8.- | | |
| 9.- | | |

Pimentel, 13 de Mayo del 2019.


 Autorización del Docente

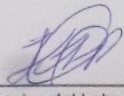

 Técnico del Laboratorio

Figura 64: Formato para la práctica de medición de caudal, utilizando el correntómetro electromagnético fuente (prácticas de laboratorio, Equipo de hidráulica de la universidad señor de sipán)

6.6. ANEXO F: Plano de ubicación- localización (accesos)

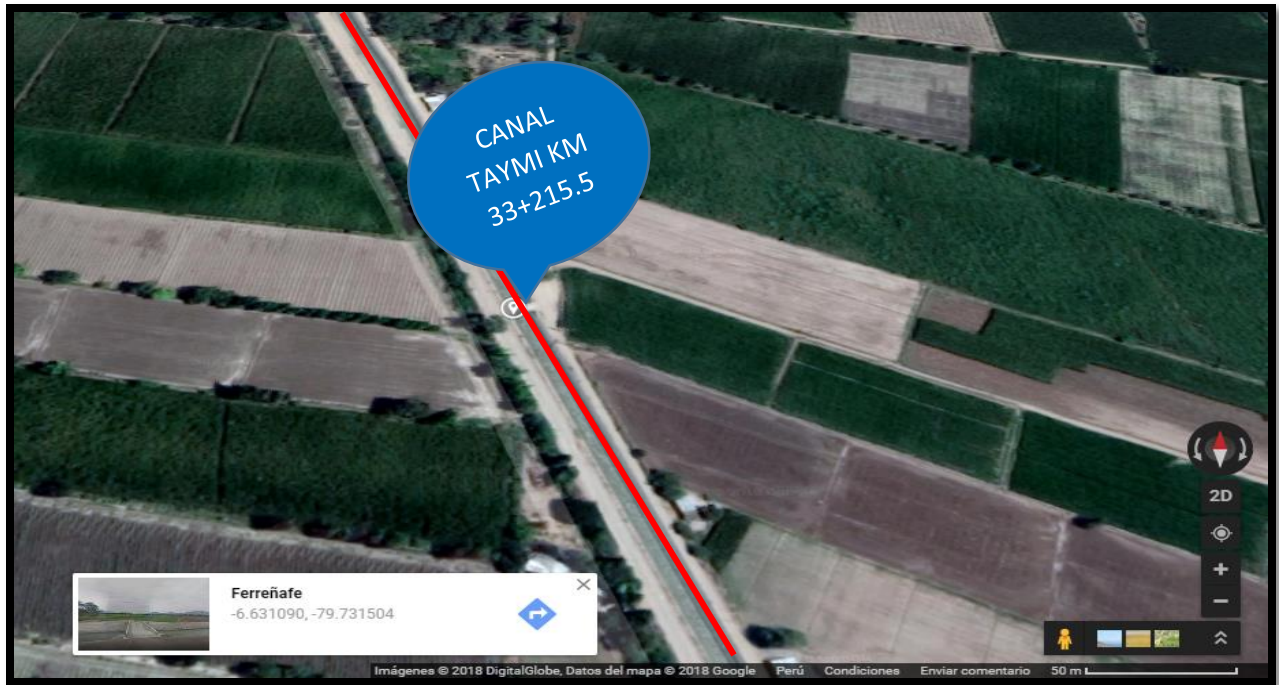


Figura 65: Canal Taymi, Fuente (google maps)



Figura 66: Canal Taymi, Km 33+215.5, fuente (google maps)

6.7. ANEXO G: Panel fotográfico



Figura 67: Reconocimiento de campo del proyecto, fuente (elaboración propia)



Figura 68: Instalación del correntómetro electromagnético o molinete para la medición de la velocidad del canal en el tramo estudiado, fuente (elaboración propia)