



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

TESIS

**“DISEÑO DE UN MODELO FÍSICO HIDRÁULICO
PARA DISIPAR ENERGÍA EN UN CANAL CON
PANTALLAS DEFLECTORAS”**

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

Autor:

Bach. Henry Neyser Cuzque Huamán

Asesora Metodológica:

MSc. Ana María Guerrero Millones

Línea de Investigación:

Ingeniería de Procesos (Ingeniería Hidráulica)

Pimentel – Perú

2019

**“DISEÑO DE UN MODELO FÍSICO HIDRÁULICO PARA DISIPAR ENERGÍA
EN UN CANAL CON PANTALLAS DEFLECTORAS”**

Aprobación del Informe de Investigación

Dr. Ing. Coronado Zuloeta, Omar

Presidente del Jurado de Tesis

Ing. Arriola Carrasco, Guillermo Gustavo

Secretario del Jurado de Tesis

MSc. Ing. Muñoz Pérez, Sócrates Pedro

Vocal del Jurado de Tesis

DEDICATORIA

En primer lugar a DIOS y a mi hermana en el cielo Leydi Marilín por permitirme y darme las fuerzas suficientes de lograr mi objetivo. Y en segundo lugar principalmente a mis padres, Marcos Cuzque y Ludovinda Huamán y a mis hermanas, Marleni y Zaddy, así como también a mi novia Yadhira por brindarme todos ellos su apoyo incondicional en el desarrollo de la presente investigación por ser ellos los pilares de todos mis logros, que creyeron en mi desde un principio dándome ejemplos de superación, sacrificio y humildad que todo se logra con esfuerzo y dedicación. También a las personas que mostraron su interés en la presente investigación, cooperando emocionalmente, impartiendo sus conocimientos e ideas a fin de mejorar cada situación encontrada durante el desarrollo.

Henry Neyser

AGRADECIMIENTO

A mis padres y hermanas, por el apoyo, oportunidad y respaldo, por ser ellos el motor y motivo de todos mis logros

También al MSc. Ing. Muñoz Pérez Sócrates Pedro y al Dr. Ing. Omar Coronado Zuloeta, por impartir conocimientos y experiencias en el campo ingenieril.

Al Ing. Guillermo Gustavo Arriola Carrasco, por su apoyo incondicional para que esta tesis se logre el objetivo deseado.

A la asesora metodológica, M. Sc. Ana María Guerrero Millones, por otorgarme las pautas necesarias ya que ha sido clave fundamental para la correcta presentación de esta investigación.

Contenido

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	xvi
1.1. Situación Problemática	17
1.1.1. A nivel internacional.....	17
1.1.2. A nivel Nacional.....	17
1.1.3. A nivel Local.....	18
1.2. Antecedentes de Estudio	20
1.2.1. A nivel Internacional.....	20
1.2.2. A nivel Nacional.....	21
1.2.3. A nivel Local.....	22
1.3. Teorías relacionadas al tema	23
1.3.1. Modelación hidráulica.....	23
1.3.2. Leyes de Semejanza.....	24
1.3.3. Similitud.....	27
1.3.4. Escala.....	31
1.3.5. Disipación de energía.....	34
1.3.6. Vertederos de caída libre.....	41

1.3.7. Estanque para resalto Hidráulico.....	44
1.4. Formulación del problema	46
1.5. Justificación e importancia de estudio	46
1.5.1. Justificación Tecnológica.....	46
1.5.2. Justificación Social.	46
1.5.3. Justificación Económica.	47
1.6. Hipótesis	47
1.7. Objetivos.....	47
1.7.1. Objetivo General.	47
1.7.2. Objetivos Específicos.	47
1.8. Definición de términos básicos	48
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS	50
2.1. Tipo y diseño de la Investigación.....	51
2.1.1. Tipo de la Investigación.....	51
2.2.2. Diseño de la Investigación.	51
2.2. Población y muestra.....	51
2.2.1. Población.....	51
2.2.2. Muestra.	51
2.3. Variables y Operacionalización	51
2.3.1. Variable Dependiente.	51
2.3.2. Variable independiente.	51
2.3.3. Operacionalización	52
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.	57

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	57
2.5. Procedimientos de análisis de datos	58
2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.....	59
2.5.2. Descripción de procesos	59
2.6. Criterios Éticos.....	99
2.6.1. Ética de la recolección de datos.	99
2.6.2. Ética de la publicación.....	99
2.6.3. Ética de la aplicación.....	99
2.7. Criterios de Rigor Científico.....	99
CAPÍTULO III. RESULTADOS.....	100
3.1. Análisis del tipo de disipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%	101
3.1.1. Selección del disipador	101
3.1.2. Análisis del disipador seleccionado.....	102
3.2. Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.	102
3.2.1. Características del Modelo Físico.	103
3.2.2. Resumen de Velocidades con aplicación Práctico y con Software.	104
3.3. Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura en determinada pendiente.....	105
3.3.1. Resultados de tirantes con aplicación Práctico y con Software.	105
3.3.2. Resultados de Energías con aplicación Práctico y con Software.	107
3.4. Conclusión de la evaluación económica del Modelo Físico Hidráulico para un caudal de diseño de 0.2684 m³seg	108
3.4.1. Insumos necesarios para el modelo físico hidráulico	109
3.4.2. Recursos Tecnológicos.	110

3.4.3. Proyectista.....	110
3.4.4. Otros Recursos.	111
3.4.5. Recursos Financieros.	111
CAPITULO IV. DISCUSIÓN.....	112
4.1. Discusión de resultados.	113
4.1.1. Análisis del tipo de dissipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%.	113
4.1.2. Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.	113
4.1.3. Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura en determinada pendiente.....	114
4.1.4. Conclusión con la evaluación económica del Modelo Hidráulico para un caudal de diseño de 0.2684 m3seg	114
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES	115
5.1. Conclusiones	116
5.1.1. Análisis del tipo de dissipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%.	116
5.1.2. Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.	116
5.1.3. Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura que ayude a disipar la energía en determinada pendiente.....	116
5.1.4. Conclusión con la evaluación económica del Modelo Hidráulico para un caudal de diseño de 0.2684 m3seg	117
RECOMENDACIONES	117
CAPITULO VI. REFERENCIAS	118
ANEXOS.....	120

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Erosión del concreto aguas abajo.	18
Figura 2. Cascada en Chongoyape (Proyecto Tinajones)	19
Figura 3. Socavación de la presa Poechos.	19
Figura 4. Características del flujo y escalas de semejanza	30
Figura 5. Valores de rugosidad de coeficientes de Manning.	30
Figura 6. Escalas lineales	32
Figura 7. Relación entre $F1$ y $y2/y1$ para un resalto hidráulico en un canal	34
Figura 8. Resalto Hidráulico Crítico	36
Figura 9. Resalto hidráulico Ondulante.....	36
Figura 10. Resalto hidráulico Débil.	36
Figura 11. Resalto hidráulico Oscilante.	37
Figura 12. Resalto hidráulico Estable.	37
Figura 13. Resalto hidráulico Fuerte.....	38
Figura 14. Longitud en términos de la profundidad secuente $Y2$ de resaltos en canales horizontales	40
Figura 15. Perfiles superficiales adimensionales de resaltos hidráulicos en canales horizontales.	41
Figura 16. Lloradores verticales en colchones.	43
Figura 17. Salto hidráulico en caída inclinada (perfil de la caída).	43
Figura 18. Dimensiones del estanque Tipo I.....	44
Figura 19. Dimensiones del estanque Tipo II.....	45
Figura 20. Dimensiones del estanque Tipo III.	45

Figura 21. Flujo de procesos de la presente investigación.	59
Figura 22. Ancho canal del Modelo Físico.	62
Figura 23. Perforación cuadrada del canal.	63
Figura 24. Ancho del Modelo Físico.	63
Figura 25. Soporte de dimensiones variables y altura regulable.	64
Figura 26. Longitud de estructura metálica.	64
Figura 27. Ángulos de aluminio para el tanque de almacenamiento.	65
Figura 28. Tanque de almacenamiento aguas arriba.	65
Figura 29. Tanque de almacenamiento aguas abajo.	66
Figura 30. Manguera Transparente para recirculación	66
Figura 31. Variable 1 para pantallas deflectoras con 67.5°	75
Figura 32. Variable 1 para pantallas deflectoras con 45°	76
Figura 33. Variable 2 para pantallas deflectoras con 67.5°	76
Figura 34. Variable 3 para pantallas deflectoras con 67.5°	76
Figura 35. Variable 4 para pantallas deflectoras con 67.5°	77
Figura 36. Entrega de la estructura por el Soldador metálico.	78
Figura 37. Apoyos verticales de estructura metálica.	78
Figura 38. Plancha de Multiplaca de 1.22m x 2.44m x 4mm	79
Figura 39. Perforación en la plancha de Multiplaca.....	79
Figura 40. Corte de piezas de acrílico con láser.	80
Figura 41. Armado del modelo con material acrílico.	80
Figura 42. Sellado de tanque de almacenamiento con silicona.	81
Figura 43. Perforación circular en tanque de almacenamiento.	81
Figura 44. Bomba instalada en el taque de almacenamiento.	82

Figura 45. Pegado de accesorios.	82
Figura 46. Armado del modelo con material acrílico.	83
Figura 47. Cables para luces LED del canal.	83
Figura 48. Instalación eléctrica para la bomba.	83
Figura 49. Culminación del Modelo Físico Hidráulico	84
Figura 50. Armado del modelo con material acrílico.	84
Figura 51. Datos principales para el análisis Hidráulico.	85
Figura 52. Esquema general de caída inclinada.	86
Figura 53. Inicio para el diseño de caída inclinada.	86
Figura 54. Ingreso de datos de los parámetros.	87
Figura 55. Perfil y planta de caída inclinada.	88
Figura 56. Poza disipadora.	88
Figura 57. Ícono del programa HEC-RAS 4.0	89
Figura 58. HEC-RAS 4.0- Ventana de “Select Units System”	89
Figura 59. HEC-RAS 4.0- Ventana de creación de Proyecto “New project”	90
Figura 60. HEC-RAS 4.0- Ventana de datos geométricos “Geometric Data”	90
Figura 61. HEC-RAS 4.0- Ventana de datos geométricos “Geometric Data”	91
Figura 62. HEC-RAS 4.0- Datos geométricos editados “Geometric Data”	91
Figura 63. HEC-RAS 4.0- Ventana de datos de flujo “Steady Flow Data”	92
Figura 64. HEC-RAS 4.0- Ventana de datos de flujo “Steady Flow Boundary Conditions”	92
Figura 65. HEC-RAS 4.0- Ventana de simulación “Steady Flow Analysis”	93
Figura 66. HEC-RAS 4.0- Ventana de simulación “Finished Computations”	93
Figura 67. HEC-RAS 4.0- Resultados en tablas de cada sección transversal”	94

Figura 68. HEC-RAS 4.0- Corte de una sección transversal” Cross Section”	95
Figura 69. HEC-RAS 4.0-Perfil longitudinal con caudal de diseño.	95
Figura 70. HEC-RAS 4.0-Curva de gasto. ” Rating Curve”	96
Figura 71. HEC-RAS 4.0-Perfil longitudinal con caudal de diseño.	96
Figura 72. HEC-RAS 4.0-Perfil longitudinal con caudal máximo.	97
Figura 73. HEC-RAS 4.0- Perfil longitudinal con caudal mínimo.	97
Figura 74. HEC RAS 4.0-3D de ambas estructuras	98
Figura 75. HEC RAS 4.0-Vista en Planta de ambas estructuras	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas para el uso de modelos distorsionados	33
Tabla 2. Consideraciones de diseño.....	33
Tabla 3. Cuadro de operacionalización de variables Independiente.	52
Tabla 4. Cuadro de operacionalización de variables dependiente.	55
Tabla 5. Normativa de diseño	58
Tabla 6. Características generales de los modelos.	61
Tabla 7. Característica de la caída inclinada.	61
Tabla 8. Característica del canal con pantallas deflectoras.	62
Tabla 9. Resumen de características del canal con caída Inclinada	103
Tabla 10. Resumen de características del canal con pantallas deflectoras.....	103
Tabla 11. Resumen de velocidades prácticos y con Hec-Ras	104
Tabla 12. Tirantes para Caudal Máximo de 3.99 lt/min.....	105
Tabla 13. Tirantes para Caudal Mínimo de 3.99 lt/min.	106
Tabla 14. Energías para Caudal Máximo de 3.99 lt/min.	107
Tabla 15. Energías para Caudal Mínimo de 0.78 lt/min.	108
Tabla 16. Insumos utilizados en el modelo	109
Tabla 17. Detalle utilizados en el modelo físico	110
Tabla 18. Gastos del proyectista.....	110
Tabla 19. Insumos utilizados en el modelo	111
Tabla 20. Insumos utilizados en el modelo	111

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Condición del número de Froude	25
Ecuación 2. Condición de Reynolds.	25
Ecuación 3. Número de Weber.	26
Ecuación 4. Escala de longitud.	27
Ecuación 5. Escala de área y volumen.	27
Ecuación 6. Factor de escala del tiempo.	28
Ecuación 7. Factor de escala de aceleración.	28
Ecuación 8. Factor de escala del gasto.	28
Ecuación 9. Factor de escala de rugosidad.	28
Ecuación 10. Factor de escala de Velocidad.	29
Ecuación 11. Factor de escala de sedimentos.	31
Ecuación 12. Fórmula de los tirantes conjugados.	35
Ecuación 13. Pérdida de energía.	38
Ecuación 14. Eficiencia	38
Ecuación 15. Gasto Unitario	42

RESUMEN

En la actualidad existen problemas de erosión en el concreto aguas abajo, por la cual sus causas son debido a las fuertes velocidades y presiones que el caudal presenta, debido a sus fuertes pendientes pronunciadas. Para evitar esas consecuencias se usan disipadores de energía que tienen la función principal de distribuir el fluido y reducir la energía. Por todo eso, nace la idea de hacer este estudio con referencia a una estructura con las mismas características para su diseño, y de esa forma poder controlar dicha dificultad.

Esta investigación es de tipo explicativa – Experimental, de acuerdo a eso evaluar el comportamiento de las pantallas deflectoras en un Modelo Físico Hidráulico. También es preciso mencionar la técnica de recolección de datos que se usó, fue la observación y análisis, y en base a sus instrumentos, de las guías de observación y análisis de documentos.

Finalmente, se analizó los ensayos con 4 variables de diferentes dimensiones y caudales e incluso con dos tipos de ángulos de 45° y 67.5° , y de acuerdo a ello se concluye que se disipa más energía aguas abajo con las pantallas deflectoras en un ángulo de 67.5° para una pendiente máxima del 50%. Esta investigación solo funciona con la variable 4 y con un caudal mínimo y máximo para su mejor funcionamiento. Vale mencionar que aumenta un poco su costo en el tema de construcción pero tiene un mayor período de vida útil de la estructura hidráulica y logrando así el objetivo buscado.

Palabras clave: Canal con pantallas deflectoras, disipación de energía, Modelo Físico Hidráulico y caída inclinada.

ABSTRACT

As of the present moment problems of erosion in concrete exist downstream, for the one that his causes are for due to the loud velocities and pressures that flow intensity presents, due to its hanging fortresses pronounced. They use squanderers of energy that have the principal show in order to avoid those consequences of distributing the fluent and reducing the energy. Throughout that, the idea grows from doing this study with reference to a structure with the same characteristics for its design, and of that form could have controlled the aforementioned difficulty.

This investigation is of type explanatory – Experimental, according to that evaluating the behavior of the deflecting screens in a Hydraulic Physical Model. Also it is precise to mention the technique of collection of data that was used, it was the observation and analysis, and on the basis of his instruments, of the guides of observation and documentary analysis.

Finally, the essays with 4 variables of different dimensions and flow intensities were examined and enclosure with two types of angles of 45 and 67,5, and it is concluded that according to it he wastes away more his energy downstream with the deflecting screens in an angle of 67,5 for the 50 %'s maximum slope. This very investigation works with the variable 4 and with a minimal flow intensity and peak for his better functioning. Mentioning is worth that its cost increases a little in the theme of construction but you have a bigger period of service life of the hydraulic structure and achieving the sought-after objective that way.

Key words: Canal with deflecting screens, dissipation of energy, Carnal Hydraulic Modelo and tilted fall.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Situación Problemática

1.1.1. A nivel internacional.

En la actualidad existen las diversas variedades o tipos de disipadores de energía, dicho el cual se debe tener ciertas consideraciones para la selección del tipo de disipador, para prevenir la energía de la corriente, el efecto de las subpresiones del agua, proyectos y poblaciones aguas abajo y entre otros.

En la mayoría de Obras Hidráulicas es frecuente la elaboración y/o diseño de disipadores de energía, del agua que fluye sobre una determinada estructura Hidráulica ya que estas contienen altas velocidades y presiones, de tal forma se prevenga la erosión del concreto aguas abajo porque es un tema de gran importancia que debe ser tratado con mucha responsabilidad por los resultados que se muestran a nivel Internacional.

1.1.2. A nivel Nacional.

El Perú no es ajeno a la erosión del concreto, por lo tanto trae consecuencias de debilitamiento en la estructura y por eso se usan disipadores de energía, que tienen la función principal de distribuir el fluido y reducir la energía que pasa por la estructura.

Uno de las estructuras encontradas es la Bocatoma Quiroz, que queda en el departamento de Piura, en la cual se han producido erosiones notorias en la losa de concreto aguas abajo, pudiendo agravarse y afectar la estabilidad de toda la estructura.

Falló en la losa de concreto, como se sabe que es un parte que recibe mayor impacto. Además la capa superficial de concreto de la losa de fondo han sido removidos, quedando expuestas las varillas del refuerzo e incluso presenta hoyos de hasta de 1.5 m.

Visto esto. Se optó por colocar bloques de roca existentes en la zona los cuales presentan muy buena dureza superficial, sobre todo de alta resistencia al desgaste por abrasión y al golpe.



Figura 1. Erosión del concreto aguas abajo.

Fuente PROGRAMA MASTER EN INGENIERÍA CIVIL (Universidad de Piura)

1.1.3. A nivel Local.

La desventaja que nos presenta en el ámbito local, es que en el Departamento de Lambayeque hay poca información sobre la erosión que hayan causado el fluido en una estructura aguas abajo, siendo uno de los motivos que nos encontramos en la Costa y no contamos con canales de fuertes y pronunciadas pendiente para poder evaluar sus patologías que presente, por lo tanto a continuación se muestra unas ilustraciones que están cercanas al Departamento de Lambayeque.

En el caso de la Cascada, ubicada en el departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Chongoyape. La cascada sirve para amortiguar la caída aguas abajo del caudal que transporta al canal alimentador que pasa por el cerro Raca rumi a la parte baja del caserío Paredones. La cascada tiene 12 desniveles y su capacidad de caudal es de $70 \frac{m^3}{seg}$. Finalmente es muy visitado especialmente por turistas por la impresionante caída de desnivel que presenta.

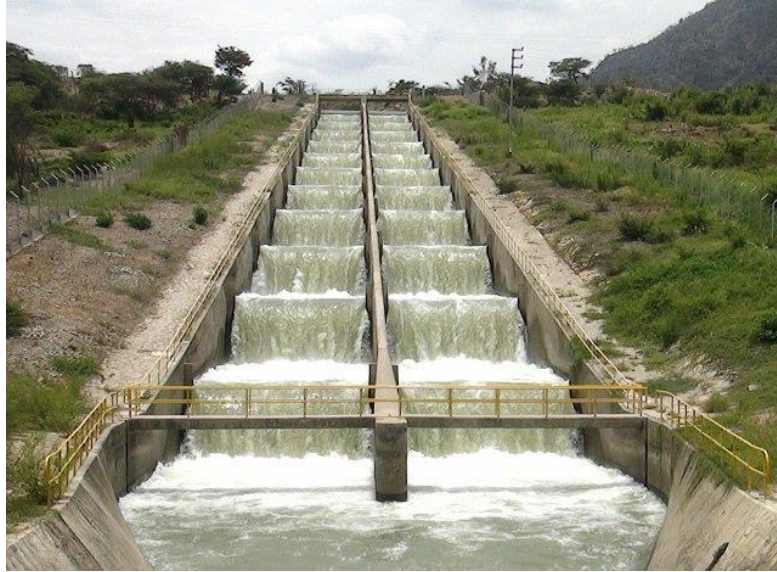


Figura 2. Cascada en Chongoyape (Proyecto Tinajones)

Fuente: Canal RPP Noticias

También la presa Poechos muestra problemas de sedimentación acelerada y erosión localizada del cuenco amortiguador, que pone en riesgo la presa principal.



Figura 3. Socavación de la presa Poechos.

Fuente: Diario Desarrollo Peruano(Noticias y análisis del desarrollo económico y social del Perú)

1.2. Antecedentes de Estudio

1.2.1. A nivel Internacional.

(Mejía Fernández, 2010), en su investigación titulada “Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente”, lo que nos ofrece este libro de llegar hacia el leyente una herramienta basadas en laderas de fuerte a media pendiente, que se observan actualmente en la mayoría de obras de Hidráulicas especialmente para la construcción de canales.

Hay diversas formas de construir y sobre todo poder desarrollarlas tanto en un **CANAL DE PANTALLAS DEFLECTORAS** (con las abreviaturas CPD), así como también en un **CANAL DE RÁPIDAS CON TAPA Y COLUMPIO** (con las abreviaturas CRTC). La investigación de este autor fue realizada a finales de la década de los 70 en la Universidad de Colombia Sede Manizales.

Su objetivo de alcanzar con esta herramienta, es propiciar el uso de estas formas de estructuras para facilitar su desarrollo constructivo, de tal forma aumentar su duración o vida útil. Con este desarrollo llegará a todos los consultores, constructores, estudiantes Universitarios y profesores.

Finalmente este libro nos proporciona todas las características necesarias que se requiere en esta investigación para poder hacer el modelamiento físico Hidráulico.

(Villamarín Paredes, 2013), con La tesis titulada “Manual Básico de diseño de estructuras de disipación de energía Hidráulica”. Este manual nos informa los requisitos de diseño, asimismo sobre primordiales parámetros, que se observan y diseñan actualmente más frecuentemente en las Obras de Hidráulica en el Ecuador, de tal forma conteniendo ejemplos de aplicación de cómo debe diseñarse y su fácil manejo de aplicabilidad.

Su desenlace llega, de cómo entrega el caudal aguas abajo, su régimen del flujo de aproximación del colector, su principal eficiencia en la disipación y su abundancia de diseño, de tal forma se escogerá la estructura adecuada y más apropiada para el funcionamiento de la disipación hidráulica.

(Guillermo & Ortiz, 2010), con su tesis titulada “Modelo Hidráulico físico de disipadores de energía, como ayuda de aprendizaje de la materia de hidráulica”. Estudia los tipos de disipadores de energía hidráulica, su diseño, construcción y operación. Tiene un mayor énfasis en el estudio del resalto hidráulico como disipador de energía, ya que es la base de los demás tipos de disipadores.

Esta información nos da entender a como se debe hacer un modelo hidráulico para lo cual se está necesitando hacer en esta tesis, con respecto a los modelos a escala y los fenómenos hidráulicos que ocurren.

El proyecto sirve además como guía para futuras construcciones de modelos, enriqueciendo los conocimientos de los estudiantes, quienes serán los mayores beneficiados al momento de hacer un proyecto con respecto a disipadores.

1.2.2. A nivel Nacional.

(Paredes-salazar, 2014), con la tesis de “Investigación de la disipación de energía del segundo aliviadero de excedencia-presa Sabana Yegua”, tiene como objetivos principales de realizar investigaciones adicionales de disipación de energía en el vertedero de servicio de la presa Sabana Yegua, así mismo, encontrar la solución al problema inicial de disipación de energía en la poza disipadora, con el fin de obtener una mejor, adecuada y correcta disipación.

Dicha investigación se realizó teniendo en cuenta dos etapas; la primera, que consiste en la disipación de energía sin tener en cuenta los niveles de restitución del cauce; y la segunda, la correcta y adecuada disipación de energía teniendo en cuenta los niveles de restitución del cauce y el desarrollo normal de un resalto Hidráulico.

Estas alternativas han sido producto de una elaboración inicial de diseños, basados en las referencias bibliográficas y en la finalización de los mismos mediante su construcción y ensayos en campo. En todas las alternativas que se estudiaron las propuestas se obtuvo una mejor disipación.

(LUIS EDGARDO ABARCA HUAMÁN, 2013), con La presente tesis “Diseño Hidráulico del canal de disipación que conecta un conducto con flujo supercrítico con un aforador Parshall, empleando un modelo a escala”. Plantea una proposición de solución a un

problema identificado como muestra el título de la investigación, en lo cual, nos brinda soluciones de ensayos realizados que ya lo han experimentado para la determinación de longitudes, dimensiones que debe tener un canal con disipaciones para un aforador Parshall.

Se observó que siempre impacta un flujo en la base de un canal, que produce un caudal turbulento, por lo cual nos origina gran inexactitud en las mediciones de los caudales que atraviesa por la estructura determinada. Por lo tanto se propuso las características y dimensiones de dicha estructura (canal de disipación), de tal forma conseguir un flujo sub crítico, cuando se obtiene presente un flujo supercrítico aguas abajo. Con los resultados obtenidos se cumplirá las condiciones requeridas para el diseño de un aforador Parshall para un funcionamiento correcto.

Las posibles soluciones que se identificó al problema, se encontró mediante este trabajo de tesis, en su aplicación del prototipo de un modelo físico, especialmente desarrollado a escala, por lo cual su desenlace cumple con su diseño del modelo hidráulico, se hizo teniendo en consideración los existentes impedimentos del área alojados para realizar los ensayos, en la Universidad Católica del Perú del Laboratorio de Hidráulica.

1.2.3. A nivel Local.

(González & González, 2015), con La tesis titulada “Modelamiento del Resalto Hidráulico en un canal de Pendiente Variable para lecho no cohesivo”, en lo cual se basa en una propuesta de un modelamiento Hidráulico a partir de los temas de los resaltos hidráulicos, especialmente centrado para lechos no cohesivos. Dentro de los lechos no cohesivos encontramos por ejemplo arenas de distintos diámetros, surge un fenómeno llamado transporte de sedimentos. Estos se producen el cambio progresivo de la velocidad y el tipo de flujo, por lo cual, generan cambios muy variables en un resalto hidráulico y muchas veces no se lo considera en los diseños de las estructuras hidráulicas.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Modelación hidráulica.

La modelación Hidráulica definida en una sola idea, viene ser la simulación de un fenómeno real, permitiendo así conceptualizarlo y simplificarlo de grande a reducida medida, después cuantificarlo y también describirlo. A continuación se muestra la catalogación general de los modelos hidráulicos.

1.3.1.1. Modelo Físico.

Es una representación a escala de una situación hidráulica de flujo, por lo cual se puede usar para pronosticar el comportamiento del sistema en algún punto deseado.

Para su diseño está basado de acuerdo a las leyes de escala, es decir, las condiciones que deben satisfacerse para lograr la similitud entre el modelo y el prototipo. Los modelos se clasifican según su fondo, teniendo dos tipos.

1.3.1.1.1. Según semejanza geométrica.

1) Modelos no distorsionados: Aquellos donde todas las dimensiones se conserva la misma escala, es decir, todas las medidas en ambas direcciones como longitudinal, horizontal e inclinada son iguales en su factor de reducción,

2) Modelos distorsionados: Aquellos donde sus dimensiones son distintas, se utiliza una escala distinta, es decir, todas las direcciones como longitudinal, horizontal e inclinada son diferentes en su factor de reducción.

1.3.1.1.2. Según su movilidad o contorno.

1. Modelos de contorno fijo: Es donde el caudal al estar en movimiento no alteran la estructura de su composición, en otras palabras, no es capaz de desplazarlo o empujarlo. Como por ejemplo, el concreto, lucita, vidrio y entre otros.

2. Modelos de contorno móvil: Es lo contrario del anterior, donde el caudal si altera la estructura de su composición, en otras palabras, si es capaz de desplazarlo o empujarlo. Como por ejemplo, partículas de lucita, donde se utiliza arena y entre otros.

1.3.1.2. Modelo Analógico.

Es un sistema físico diferente a las demás existentes, por otro lado aprovecha la similitud de las leyes matemáticas que gobiernan la situación o fenómeno en ambos sistemas.

Cuando se trabaja en estos modelos, es frecuente que cualquiera de los dichos fenómenos sea uno de ellos de menor dificultad, de tal manera que se tiene que usar el otro modelo para poder solucionarlo.

1.3.1.3. Modelos Matemáticos.

Son aquellas que constituyen los enunciados matemáticos (ecuaciones), que simplifica mediante técnicas apropiadas que ocurren en el Modelo Físico donde se va realizar el trabajo. Para los modelos Matemáticos se debe tener en cuenta los factores siguientes.

1. En los datos iniciales tener exactitud.
2. La muestra de lo que se desea estudiar.
3. Precisión de las fórmulas que se necesita para el modelo.
4. Acercamiento a las fórmulas para la generación del modelo.

1.3.2. Leyes de Semejanza.

Parten de un análisis dimensional y revelan los vínculos entre los diferentes parámetros que caracteriza a un fluido. Valga recalcar no se lograr obtener un resultados verídicos por razones prácticas que garantice una similitud total entre el prototipo y el modelo, ya que sería algo antagónico o imposible desear ajustar todas las existentes condiciones mecánicas como Froude, Reynolds, Weber, Mach, Euler, Cauchi, entre otros.

1.3.2.1. Semejanza a condición de Froude.

Todo estudio hidráulico cumple con esta condición, tales como, disipadores de energía, ríos, obras de estructuras hidráulicas, entre otros.

Por otro lado, se basa en que la fuerza más importante es la gravedad y en los que puede de algún modo despreciarse también son los efectos de viscosidad, como es el

caso de caudales turbulentos a superficie libre. Por lo tanto se establece las fuerzas gravitacionales y las fuerzas inerciales.

El modelo en que se basó la actual tesis, funciona bajo este tipo de similitud.

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \times Dh}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 1. Condición del número de Froude}$$

Siendo:

V= velocidad del flujo, en m/s

g= aceleración de la gravedad, en m/s²

Dh= Profundidad hidráulica en m.

1.3.2.2. Semejanza a condición de Reynolds.

Cumple donde se estudia en los modelos el empuje y sustentación de cuerpos sumergidos en el caudal, como es el caso de transiciones de conductos y tuberías, flujos laminares, etc.

Por lo tanto viene hacer, la relación entre las fuerzas de inercia y as fuerzas viscosas. Todo estudio hidráulico cumple con esta condición, tales como, disipadores de energía, ríos, obras de estructuras hidráulicas, entre otros.

Finalmente $Rer = 1$, siendo Rer la relación de los números de Reynolds entre el modelo y el prototipo.

$$Rer = \frac{\rho \cdot v_p \cdot l_p}{\mu_p} = \frac{\rho \cdot v_m \cdot l_m}{\mu_m} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2. Condición de Reynolds.}$$

Siendo:

V= velocidad del flujo, en m/s

l= longitud característica en m

μ = Viscosidad del fluido.

ρ = Densidad del fluido.

1.3.2.3. Semejanza a condición de Weber.

Mayormente esto se usa en problemas relacionados con la tensión superficial, ondas capilares en pequeños canales y el movimiento capilar en los suelos. Es importante señalarlo, que esta condición es muy poco empleado en los modelo físicos hidráulicos.

Por lo tanto esta condición, relaciona las fuerzas de inercia a las fuerzas de tensión superficial. $Wer = 1$, donde Wer es la relación del modelo y del prototipo.

$$Wer = \frac{\rho \cdot v^e_p \cdot l_p}{\sigma_p} = \frac{\rho \cdot v^e_m \cdot l_m}{\sigma_m} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3. Número de Weber.}$$

Siendo:

σ = Tensión superficial.

1.3.2.4. Semejanza a condición de Euler.

Cuando resalta más las fuerzas de presión y gobiernan el escurrimiento. Se debe señalar, que cuando un modelo cumple la condición de Froude o la condición de Reynolds, necesariamente cumple con la semejanza de la condición de Euler.

Por lo tanto, relaciona las fuerzas de inercia a las fuerzas de presión.

1.3.2.5. Semejanza a condición de Mach.

Se utiliza principalmente en modelos aerodinámicos, pero esta condición tiene muy pocas aplicaciones.

Por lo tanto, relaciona las fuerzas de inercia a las fuerzas elásticas.

1.3.2.6. Semejanza a condición de Cauchy.

Se utiliza principalmente en estudios de compresibilidad, pero esta condición tiene muy poca utilización.

1.3.2.7. Semejanza a condición de Strouhal.

Se utiliza principalmente en estudios de hidroelásticos, e inclusive donde el escurrimiento es transitorio o en problemas donde hay formación intermitente de vórtices.

1.3.3. Similitud.

Consiste en la existencia de la similitud geométrica, cinemática y dinámica, por consiguiente también con las similitudes relacionadas principalmente con los sedimentos.

1.3.3.1. Similitud Geométrica.

Son geoméricamente similares si todas las dimensiones del cuerpo en cada una de las direcciones de los ejes coordenados se relacionan mediante la misma escala de longitudes.

Esta similitud no depende del tipo de movimiento y se observa en la similitud de la forma. Su característica principal que lo contempla en los ámbitos de las figuras horizontales y cuerpos sólidos.

Finalmente para calcular cualquier longitud del prototipo se aplica la siguiente ecuación.

$$Lr = Lp/Lm \dots \dots \dots \text{Ecuación 4. Escala de longitud.}$$

Tal es así, que tendríamos las siguientes relaciones para áreas y volúmenes.

$$Ar = \left(\frac{Lm}{Lp}\right)^2 = L_e^2 ; Vr = \left(\frac{Lm}{Lp}\right)^3 = L_e^3 \dots \dots \dots \text{Ecuación 5. Escala de área y volumen.}$$

Siendo:

Lp = Longitud del prototipo.

Lr = Factor de escala.

Lm = Longitud del modelo.

1.3.3.2. Similitud Cinemática

Se caracteriza si las partículas homólogas llegan a puntos homólogos en tiempos homólogos, es decir, similitud en el movimiento.

Implica igualdades de longitudes (similitud geométrica), y en determinadas similitudes de intervalos de tiempo

Es requisito indispensable que cumpla la concordancia de velocidades entre señales deben ser firme y es designada escala de velocidades V_e . Existe una escala de velocidades y de tiempos, también existe una escala de aceleraciones, a_e

$$V_r = \frac{V_P}{V_m}$$

$$T_r = \frac{T_P}{T_m}$$

$$a_r = \frac{a_P}{a_m} = \frac{V_e}{T_e}$$

Siendo:

V_r = Escala de velocidades.

T_r = Escala de tiempos.

a_r = Escala de aceleraciones.

Por último se muestra a continuación algunas relaciones de similitud cinemática.

1. Similitud de tiempos.

$$t_r = \frac{L_r}{V_r} = \frac{L_r}{L_r^{1/2}} = L_r^{1/2} \dots\dots\text{Ecuación 6. Factor de escala del tiempo.}$$

2. Similitud de aceleraciones.

$$a_r = \frac{L_r}{t_r^2} = 1 \dots\dots\dots\text{Ecuación 7. Factor de escala de aceleración.}$$

3. Similitud de descargas.

$$Q_r = \frac{L_r^3}{t_r} = L_r^{5/2} \dots\dots\dots\text{Ecuación 8. Factor de escala del gasto.}$$

4. Similitud de rugosidad, hallada por la velocidad según Manning.

$$n_r = \frac{1}{v_r} \times R_r^{2/3} \times S_r^{1/2} \dots\dots\text{Ecuación 9. Factor de escala de rugosidad.}$$

1.3.3.3. Similitud Dinámica.

Se caracteriza por las fuerzas ejercidas tanto geoméricamente como cinemáticamente, son similares transmitidas por el fluido en puntos homólogos del modelo

y prototipo se relacionan entre sí (Introduce la fuerza de inercia), en ambos métodos sea iguales mediante un valor fijo, F_e (escala de fuerzas).

Como se sabe que existen varias fuerzas que actúan sobre una partícula de fluido tenemos dentro de ello, la gravedad (F_g), la presión (F_p), la viscosidad (F_v), la tensión superficial (F_t), y la fuerza producida por la tensión elástica del fluido.

Se debe entender, que la presente tesis está basado en la condición del Número de Froude como se observó en el apartado anterior y desde entonces se pueden sacar los vínculos.

$$F_r = \frac{\frac{V_m}{\sqrt{g \times L_m}}}{\frac{V_p}{\sqrt{g \times L_p}}}$$

Puesto que $Fr=1$ y haciendo una breve simplificación en ambos la aceleración de la gravedad, se halló lo siguiente.

$$V_r = \frac{V_m}{V_p} = \frac{\sqrt{L_m}}{\sqrt{L_p}} = L_r^{1/2} \dots\dots\dots \textbf{Ecuación 10. Factor de escala de Velocidad.}$$

Con esta escala se logró calcular la relación entre caudales.

$$Q_r = V_r \times A_r$$

$$= L_r^{1/2} \times L_r^2 = L_r^{5/2}$$

Para finalizar este capítulo, se hará un resumen general de las similitudes encontradas anteriormente mediante una tabla.

Característica	Ley de Froude	Ley de Reynolds
Longitud	L_e	L_e
Área	L_e^2	L_e^2
Volumen	L_e^3	L_e^3
Tiempo	$[L_e \rho_e / \gamma_e]^{1/2}$	$L_e^2 \rho_e / \mu_e$
Velocidad	$[L_e \gamma_e / \rho_e]^{1/2}$	$\mu_e / L_e \rho_e$
Velocidad angular	$[\gamma_e / \rho_e L_e]^{1/2}$	$\mu_e / L_e^2 \rho_e$
Aceleración	γ_e / ρ_e	$\mu_e^2 / \rho_e^2 L_e^3$
Gasto	$L_e^{5/2} (\gamma_e / \rho_e)^{1/2}$	$L_e \mu_e / \rho_e$
Masa	$L_e^3 \rho_e$	$L_e^3 \rho_e$
Fuerza	$L_e^3 \gamma_e$	μ_e^2 / ρ_e
Presión	$L_e \gamma_e$	$\mu_e^2 / \rho_e L_e^2$
Impulso y cantidad de movimiento	$L_e^{7/2} (\gamma_e \rho_e)^{1/2}$	$L_e^2 \mu_e$
Energía y trabajo	$L_e^4 \gamma_e$	$L_e \mu_e^2 / \rho_e$
Potencia	$L_e^{7/2} \gamma_e^{3/2} / \rho_e^{1/2}$	$\mu_e^3 / L_e \rho_e^2$
Rugosidad	$L_e^{1/6}$	L_e ó Moody
Pendientes	1	1

Figura 4. Características del flujo y escalas de semejanza

Fuente: (Aldape, 1996)

Del mismo modo, se muestra una tabla de los coeficientes de rugosidad de Manning que son necesarios para esta presente investigación.

Tipo del conducto y acabado	n
Muy liso, vidrio, lucita, bronce. Paredes alineadas	0.009 y 0.010
Madera lisa, metal, concreto liso. Paredes alineadas	0.011 y 0.012
Madera lisa, metal concreto liso. Paredes razonablemente alineadas	0.013
Madera en buen estado, superficies de concreto con algo de curvatura	0.014
Madera con depósitos, concreto liso, acabado con plana. Metal con proyecciones leves o liso con curvaturas excesivas	0.015
Canales de metal con proyecciones grandes. Madera o concreto con depósitos de algas	0.016
Revestimiento de mampostería	0.020
Tepetates duros, tobas, pizarras, etc.	0.027
Tierra	0.030
Roca	0.033

Figura 5. Valores de rugosidad de coeficientes de Manning.

Fuente: (Aldape, 1996)

1.3.3.4. Similitud Sedimentológica.

Se caracteriza con todo el proceso de sedimentación en sí (erosión, transporte, deposición, concentración de sedimento, etc).

Tal es el caso, cuando se desea modelar con esta similitud, se utiliza la semejanza del número de Froude y ha de tenerse en cuenta que la escala de velocidad del flujo.

$$V_r = W_r = L_r^{0.5} \dots\dots\dots \text{Ecuación 11. Factor de escala de sedimentos.}$$

1.3.4. Escala.

Son las dimensiones reales de un prototipo que se representa en la realidad, sobre un plano, un mapa o un modelo Hidráulico.

Se utilizan dos escalas para relacionar sus dimensiones tanto longitudes verticales como para longitudes horizontales.

Cuando se requiere hacer un modelo, se recomienda trabajar con varias escalas diferentes para obtener varios resultados a lo que se desea llegar.

Por otro lado, la recomendación general, que durante la operación del modelo y el prototipo, el efecto de escala sea lo más reducido posible.

A continuación se muestra una tabla de las escalas lineales más recomendadas para hacer un diseño de un modelo Físico Hidráulico.

MODELOS DE:	ESCALAS LINEALES	OBSERVACIONES
1. OBRAS HIDRAULICAS 1.1 Vertedores, tanques, amortiguadores, rápidos y túneles. 1.2 Cárcamos de bombeo y compuertas. 1.3 Conductos cerrados con flujo superficial libre. 1.4 Flujo alrededor de estructuras.	de 1:20 a 1:70 de 1:5 a 1:30 de 1:10 a 1:25 de 1:5 a 1:25	Modelos sin distorsión y de fondo fijo.
2. PENETRACION DE OLEAJE (AGITACION) 2.1 Con olas de corto periodo (oleaje) 2.2 Con olas de periodo intermedio y largo.	de 1:60 a 1:200 1:100 (escala recomendada de 1:50 a 1:100)	Modelos sin distorsión de fondo fijo. Escala recomendable 1:100 Para modelos sin distorsión de fondo fijo. Para modelos con distorsión, y valor usual de ésta de 3 a 5 de fondo fijo
3. ESTABILIDAD DE ESTRUCTURAS BAJO LA ACCION DE OLAS 3.1 A dos dimensiones. 3.2 A tres dimensiones.	de 1:20 a 1:60 de 1:40 a 1:80	Modelos sin distorsión de fondo fijo. Escala recomendable 1:30. En grandes canales se han empleado escalas de hasta 1:1. Es recomendable usar oleaje irregular.
4. MANIOBRAS DE EMBARCACIONES 4.1 Atracadas y libres (maniobrabilidad).	de 1:100 a 1:150	Modelos sin distorsión de fondo fijo. Es recomendable usar oleaje irregular.
5. TRANSPORTE LITORAL	de 1:60 a 1:50	Modelos de fondo fijo con trazador. Modelos de fondo móvil. Recomendable la distorsión de hasta 5.
6. EROSION LOCAL POR OLEAJE	de 1:100 a 1:80	Modelos de fondo móvil sin distorsión.
7. FLUJO EN RIOS Y CANALES	Ex de 1:250 a 1:1000 Ey de 1:50 a 1:100	Modelos con distorsión de fondo fijo. Distorsión máxima de 10.
8. EROSION LOCAL POR CORRIENTES	de 1:20 a 1:60	Modelos de fondo móvil sin distorsión.
9. TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN RIOS	Ex de 1:100 a 1:500 Ey de 1:50 a 1:100	Modelos de fondo móvil, con distorsión recomendable de 5.
10. ESTUARIOS	Ex de 1:200 a 1:2000 Ey de 1:50 a 1:100	Modelos distorsionados con fondo fijo. Distorsión máxima admisible 10 y de 5 para modelos de fondo móvil.

Figura 6. Escalas lineales

Fuente: (Aldape, 1996)

Así mismo se debe recalcar también sobre los modelos con escalas distorsionadas y no distorsionadas que son clave fundamental para un diseño de un modelo físico, por ende se muestra algunas ventajas y desventajas que se tiene para utilizar dichas escalas.

Tabla 1. *Ventajas y desventajas para el uso de modelos distorsionados*

Ventajas	Desventajas
Reducción de la dimensión del modelo	Se distorsiona la semejanza dinámica
Facilita el movimiento del material, cuando se usa modelos de fondo móvil.	Puede ser imposible reproducir laderas y pendientes si el material es suelto, es decir en problemas de fondo móvil
Incremento del Número de Reynolds en el modelo.	En el prototipo el escurrimiento puede ser diferente en sus resultados.
Las alturas, los tirantes y pendientes se exageran facilitando su medición.	Incremento de la posibilidad de error y produce una impresión desfavorable al que se observa.

Fuente: (Aldape, 1996)

1.3.4.1. Consideraciones de diseño.

Se muestra algunas consideraciones cuando se decide utilizar una escala mayor en modelos distorsionados.

Tabla 2. *Consideraciones de diseño.*

Consideración	limita
Holgura disponible en el laboratorio.	Tamaño máximo del modelo (Valor mínimo de Le)
Facilidad de operación del modelo	Se trabaja con el diminuto valor de escala de longitud.
Cumplimiento de flujo turbulento.	Limita el valor máximo de longitud de escala o puede hacer cambiar.
Exactitud en las dimensiones verticales.	Limita el valor máximo de longitud de escala o puede hacer cambiar.
Caudal disponible en el área de trabajo.	Limita con el valor mínimo de Le,
Rugosidad del modelo	Limita el valor máximo de longitud de escala o puede hacer cambiar.

Fuente: *Elaboración propia.*

1.3.5. Disipación de energía.

Los disipadores se usan cuando existen velocidades altas que son generadas por diferencias de alturas o por una caída vertical, que se observa por exceso de energía cinética generados por el caudal.

Cuando se tiene un flujo aguas abajo, se produce un fenómeno con ciertas características, es decir, la carga que se produce estáticamente se convierte principalmente en energía cinética, en lo cual se genera elevadas velocidades y que si se trata de disminuirlas, origina tremendas presiones en su estructura que se circula.

1.3.5.1. Resalto Hidráulico en canales

Se caracteriza por tener un flujo de régimen violento (de supercrítico a subcrítico), que se presenta en una determinada estructura (canal). A consecuencia de ello, la disipación de energía disminuye a través de su recorrido del canal, “dando como resultado un descenso en la velocidad y un incremento en la profundidad en la dirección del flujo” (Ven te Chow, 2004,p.386).

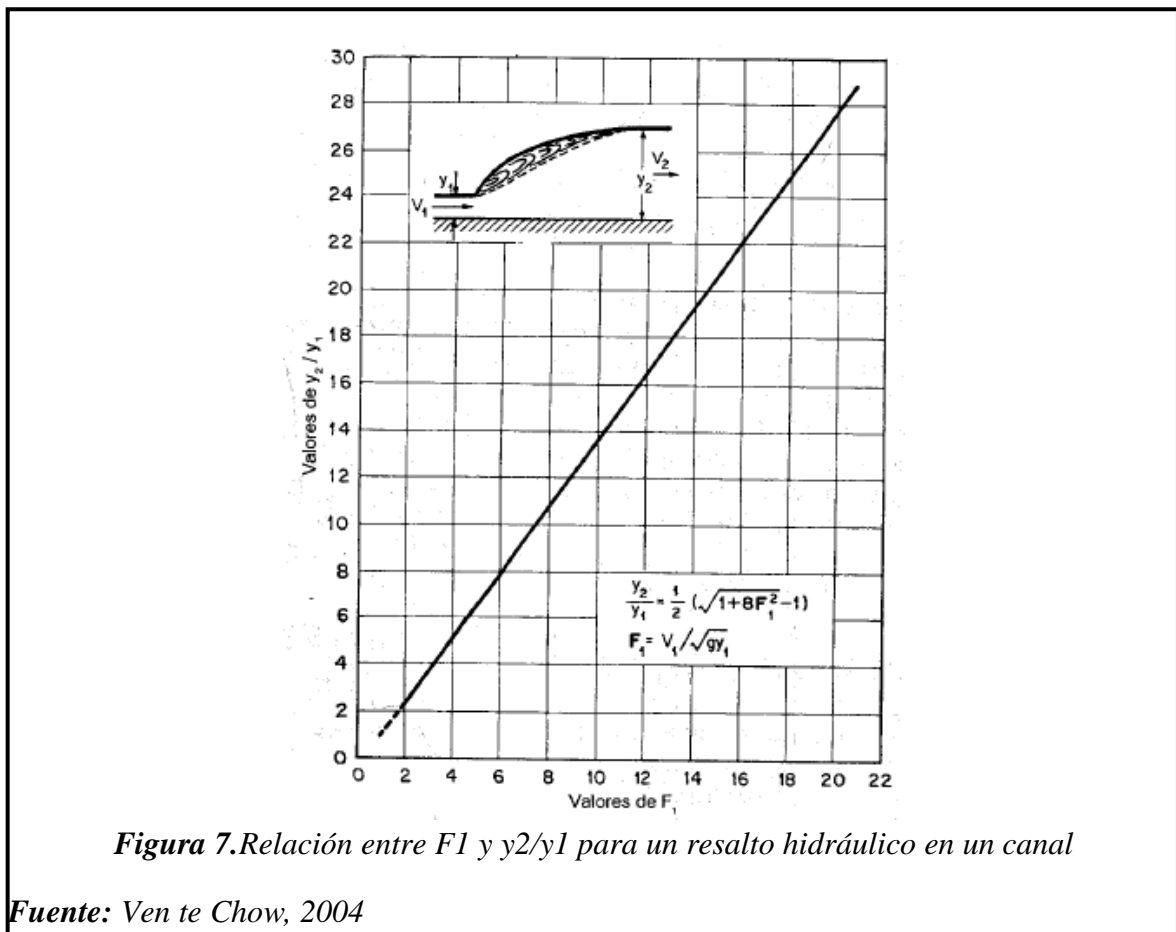


Figura 7. Relación entre F_1 y y_2/y_1 para un resalto hidráulico en un canal

Fuente: Ven te Chow, 2004

Siendo:

F_1 = Número de Froude.

y_1 = Tirante aguas abajo.

y_2 = Tirante aguas arriba.

Se debe tener en cuenta también, los tirantes conjugados Y_1 y Y_2 en un canal rectangular, que se encuentra en relación con el número de Froude.

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} (\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1) \quad \dots \text{Ecuación 12. Fórmula de los tirantes conjugados.}$$

1.7.5.1.1. Modelos o tipos de resalto.

Según la Bureau of Reclamation, se basa en canales horizontales por el cual investigó diferentes tipos de resalto hidráulico por el Número de Froude F_1 , como a continuación se muestra.

a. $F < 1$, Es un flujo Subcrítico, cuando las fuerzas gravitacionales es más pronunciado, de tal forma que tiene un flujo con una velocidad baja.

b. $F = 1$, Es un flujo crítico, genera alto desequilibrio en el flujo, en lo cual no es recomendable para el diseño.

c. $F > 1$, Es un flujo supercrítico, cuando las fuerzas inerciales es más pronunciados, de tal manera que estamos hablando de un flujo con una velocidad muy alta.

Se debe de tener en cuenta también, los diferentes tipos de de resalto, por lo cual se separa de acuerdo al número de Froude.

1. $F_1=1$ No se forma resalto, por lo tanto es un flujo crítico.

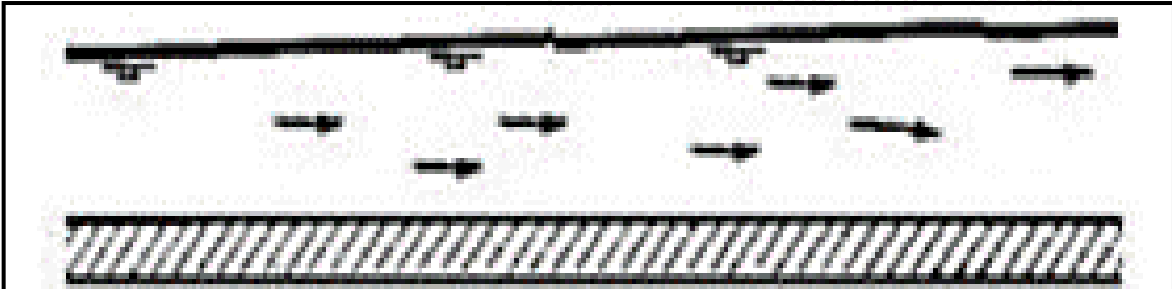


Figura 8. Resalto Hidráulico Crítico

Fuente: Ven te Chow, 2004

2. $F1= 1$ a 1.7 En el área exterior del agua muestra sinuosidades.

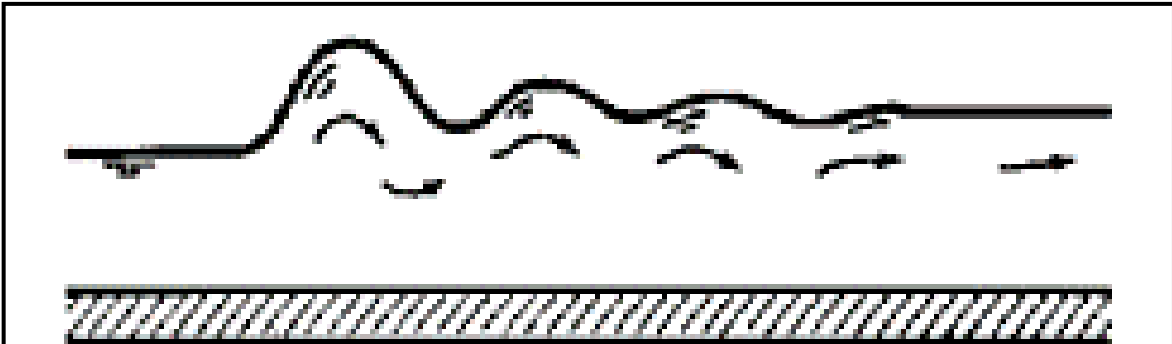


Figura 9. Resalto hidráulico Ondulante

Fuente: Ven te Chow, 2004

3. $F1= 1.7$ a 2.5 Muestra sucesiones de torbellinos sobre la parte externa del resalto. También se mantiene uniforme en la superficie aguas abajo



Figura 10. Resalto hidráulico Débil.

Fuente: Ven te Chow, 2004

4. $F_1 = 2.5$ a 4.5 Se forma desde el fondo del resalto hasta la superficie y se regresa con un período irregular que son causados por la caída de un caudal o chorro oscilante, que pueden traer consecuencias de daños en el canal.



Figura 11. Resalto hidráulico Oscilante.

Fuente: Ven te Chow, 2004

5. $F_1 = 4.5$ a 9.0 Ocurre cuándo el caudal cae en sentido vertical con alta velocidad, al chocar se forma extremidades de remolinos en la superficie. La energía varía de 45% a 70%. El resalto se encuentra bien balanceados y estabilidad.



Figura 12. Resalto hidráulico Estable.

Fuente: Ven te Chow, 2004

6. $F_1 = \geq 9.0$ Debido a la caída del agua y la fuerza de la corriente se genera ondas hacia aguas abajo. La acción es brusca y puede llegar alcanzar un 85% de disipación de energía.

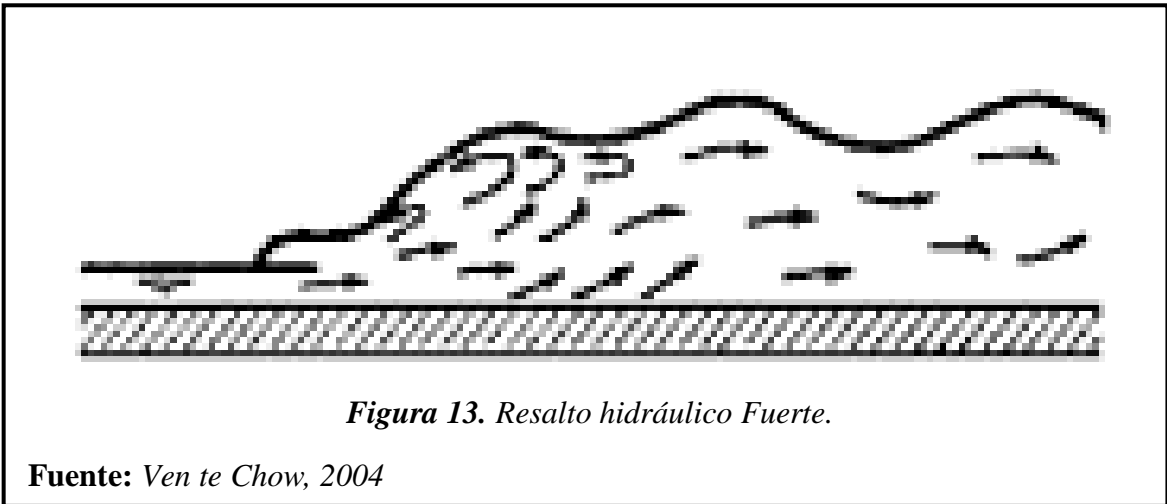


Figura 13. Resalto hidráulico Fuerte.

Fuente: Ven te Chow, 2004

1.3.5.2. Características básicas del resalto hidráulico.

Han sido aprovechadas para reducir las velocidades de flujo en todos los canales y eso permite que el escurrimiento sin causar tensiones en todo el perímetro que lo compone.

1.3.5.2.1. Energía Específica.

Determinada por la altura de la velocidad y la altura del agua en una determinada sección.

$$E_1 = E_2 + \Delta E$$

$$\Delta E = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} - (y_2 + \frac{V_2^2}{2g})$$

$$E = y + \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots \text{Ecuación 13. Pérdida de energía.}$$

1.3.5.2.2. Eficiencia.

Dado por la relación entre las energías específicas antes y después cuando se produce un resalto hidráulico.

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{(8Fr_1+1)^{3/2}-4Fr_1^2+1}{8Fr_1^2(2+Fr_1^2)} \dots\dots\dots \text{Ecuación 14. Eficiencia}$$

Por la tanto la perdida relativa se calcula con un valor adimensional en función de Fr_1

$$1 - \frac{E_2}{E_1}$$

1.3.5.2.3. Altura del resalto.

Resulta de la diferencia de los resaltos que presenta los tirantes después y antes, que da como resultado la altura del mismo.

Esta expresado como $h_j = y_2 - y_1$. Otra forma de calcularse y ser considerada en cada término como la relación con respecto a la energía específica inicial.

$$\frac{h_j}{E_1} = \frac{y_2}{E_1} - \frac{y_1}{E_1}$$

Siendo:

$$\frac{h_j}{E_1} = \text{altura relativa.}$$

$$\frac{y_1}{E_1} = \text{Profundidad inicial relativa.}$$

$$\frac{y_2}{E_1} = \text{Profundidad inicial relativa.}$$

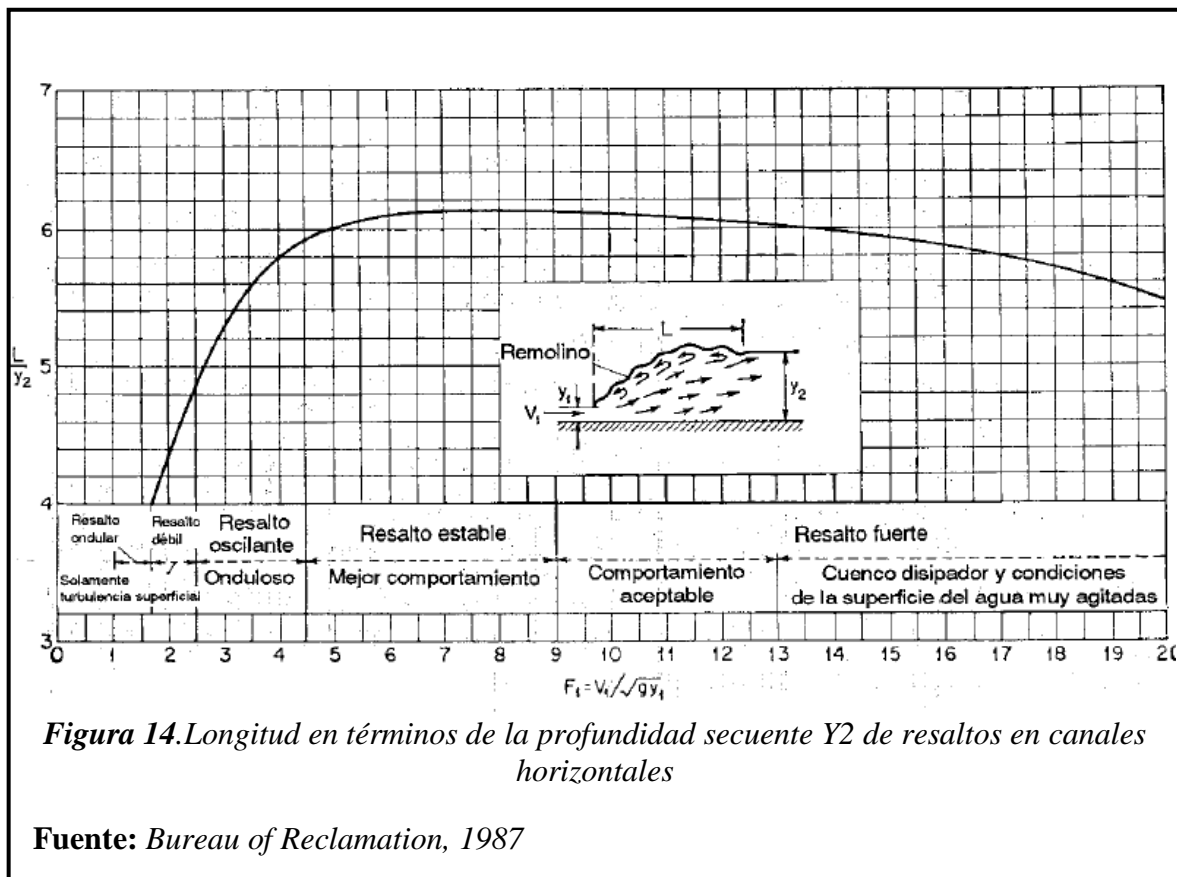
Por la tanto la perdida relativa se calcula con un valor adimensional en función de Fr_1

$$1 - \frac{E_2}{E_1}$$

1.3.5.3. Longitud del resalto hidráulico.

Es la distancia medida desde la cara frontal donde se genera el resalto y_1 hasta el punto de la otra sección del y_2 .

La ventaja de tener bases teóricos, se puede comparar y graficar el número de Froude F_1 contra la relación adimensional $\frac{L}{(y_2 - y_1)}$, $\frac{L}{(y_1)}$, $\frac{L}{(y_2)}$, la curva resulta de la grafica F_1 vs $\frac{L}{(y_2)}$,

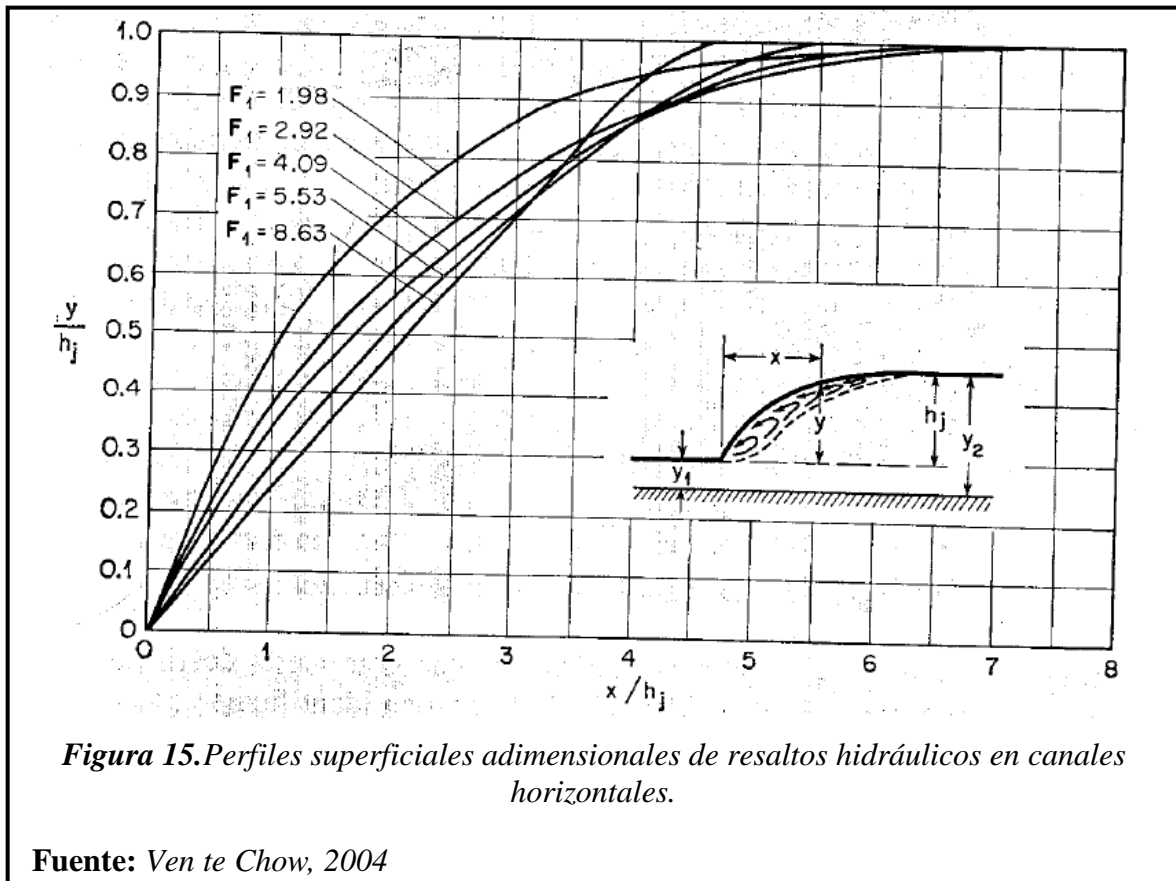


1.3.5.4. Perfil superficial.

Es necesario para el diseño del borde libre para los muros laterales del cuenco dissipador donde se presenta el resalto

Sirve también para determinar las presiones en el fondo del cuenco ya que estas son las que rigen el diseño estructural.

“El perfil superficial de un resalto hidráulico puede representarse mediante curvas adimensionales para varios valores de número de Froude (F_1) como se muestra a continuación” (Ven te Chow, 2004,p.391).



1.3.6. Vertederos de caída libre.

1.3.6.1. Caída Inclinada.

Es conocida como rápida corta con el tramo de desnivel equivalente al talud natural del terreno. En la mayoría lo adoptan un intervalo de talud de $1.5 \leq Z \leq 2$.

Las diferencias entre caídas, como es el caso de la caída vertical, es que en vez del muro de sostenimiento de tierras, sólo requiere un canal revestido de poco espesor (10 a 15 cm en concreto), con acomodo más fácil al perfil del terreno. Se distingue un plano inclinado y un colchón. La diferencia con la estructura de una rápida, es que se distinguen varias zonas que le dan un funcionamiento más eficiente.

1.3.6.1.1. Características de una caída Inclinada

Se distinguen las siguientes partes en una caída inclinada.

a. **Transición de entrada:** Se desarrolla calculando primero la sección de control, con el umbral al mismo nivel del canal superior.

b. **Sección de control:** Es el punto donde comienza la pendiente mayor de la caída, como ésta casi siempre es mayor que la crítica, depende fundamentalmente de las propiedades geométricas de la sección.

c. **Conducto inclinado:** El canal aguas arriba se une con el canal aguas abajo, seguidas de un plano inclinada de talud igual (1,5:1), y (2:1), Se procura revestir de suficiente altura para que el agua no salga de su sección

d. **Colchón:** es el sitio con que se cuenta para la disipación de energía, favoreciendo su formación en el lugar deseado.

1.3.6.1.2. Criterios de diseño de una caída Inclinada

Se distinguen las siguientes partes en una caída inclinada.

1. La rampa inclinada se recomienda con un valor de talud $1.5 \leq Z \leq 2$, su inclinación no debe ser menor a la del ángulo de reposo.

2. El ancho de la caída Inclinada es igual a la fórmula siguiente.

$$B = \frac{Q}{q}$$

$$q = 1.71xh^{3/2} \dots\dots\dots\text{Ecuación 15.Gasto Unitario}$$

Donde:

$$q = \text{gasto unitario, en } \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}/\text{m}$$

h = altura de caída, en m.

$$Q = \text{Caudal, en } \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

3. Es muy importante tener en cuenta la sub presión, de tal forma se tiene que seguir y que nos recomiendan para calcular el número de lloradores.

L	Nº DE DRENES POR LADO (LORADORES)
1.5	2
2.0	3
3.5	4
4.5	5
5.5	6

Figura 16. Lloradores verticales en colchones.

Fuente: Manual de diseño Hidráulico de canales y Obras de arte.

4. Estructuralmente la caída estará en capacidad a las precauciones del caso, para de esta forma evitar su falla por deslizamiento.

1.3.6.1.3. Perfil de una caída Inclinada

A continuación se muestra un perfil de una caída inclinada, donde muestra todas sus características y partes que lo conforman

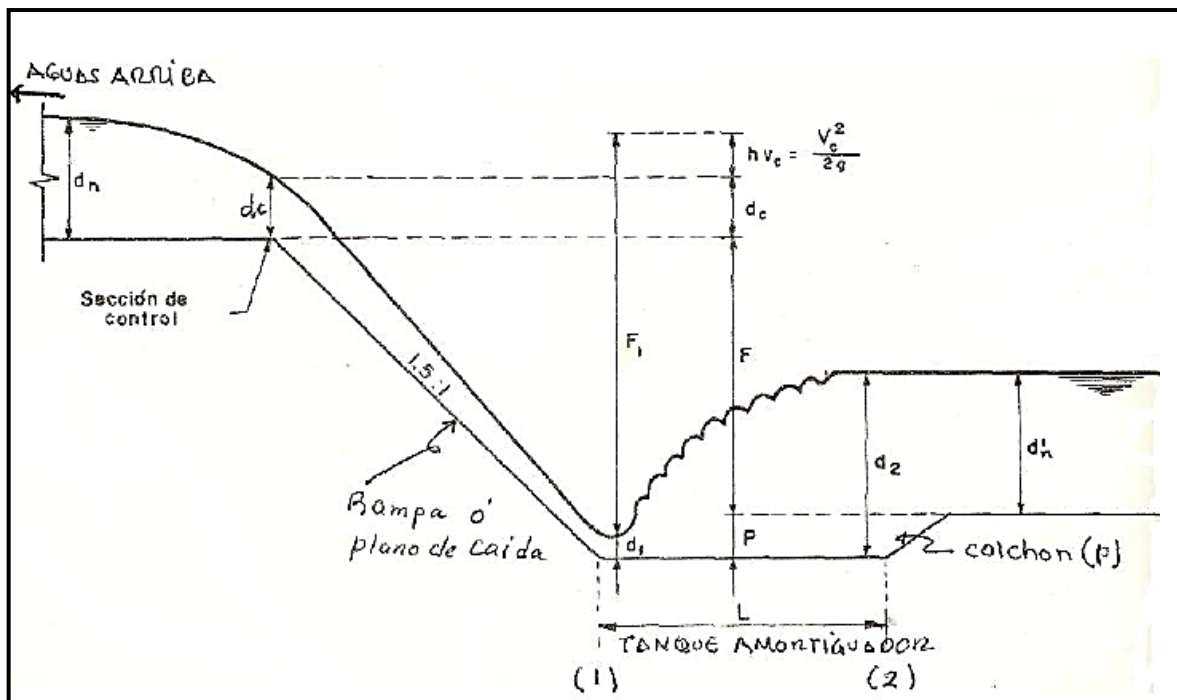


Figura 17. Salto hidráulico en caída inclinada (perfil de la caída).

Fuente: Pedro Rodríguez Ruiz (Hidráulica II)

1.3.7. Estanque para resalto Hidráulico.

Existen cinco tipos de estanques de amortiguadores, según como lo clasifica la U.S. Bureau of Reclamation. Su función es disipar la energía al pie de la rápida, antes de que el agua retorne aguas abajo. Todos los estanques se basan en el principio de salto hidráulico.

Dicho también, que la longitud del tanque debe ser próximo a la longitud del salto, de tal forma esto se puede reducir construyendo bloques, dientes o sobreelevando la salida, edificando de algún material, como por ejemplo el concreto. Es valioso tener en cuenta el Número de Froude para saber sus características y formas y de esa forma se definirá el tipo de Tanque.

1.3.7.1. Estanque Tipo I.

Estos estanques sirven para canales o aliviaderos con pendiente moderada y son utilizados cuando el número de Froude llega como máximo a 2.5 a 4.5 designan como régimen de transición, porque no se forma un verdadero resalto hidráulico.

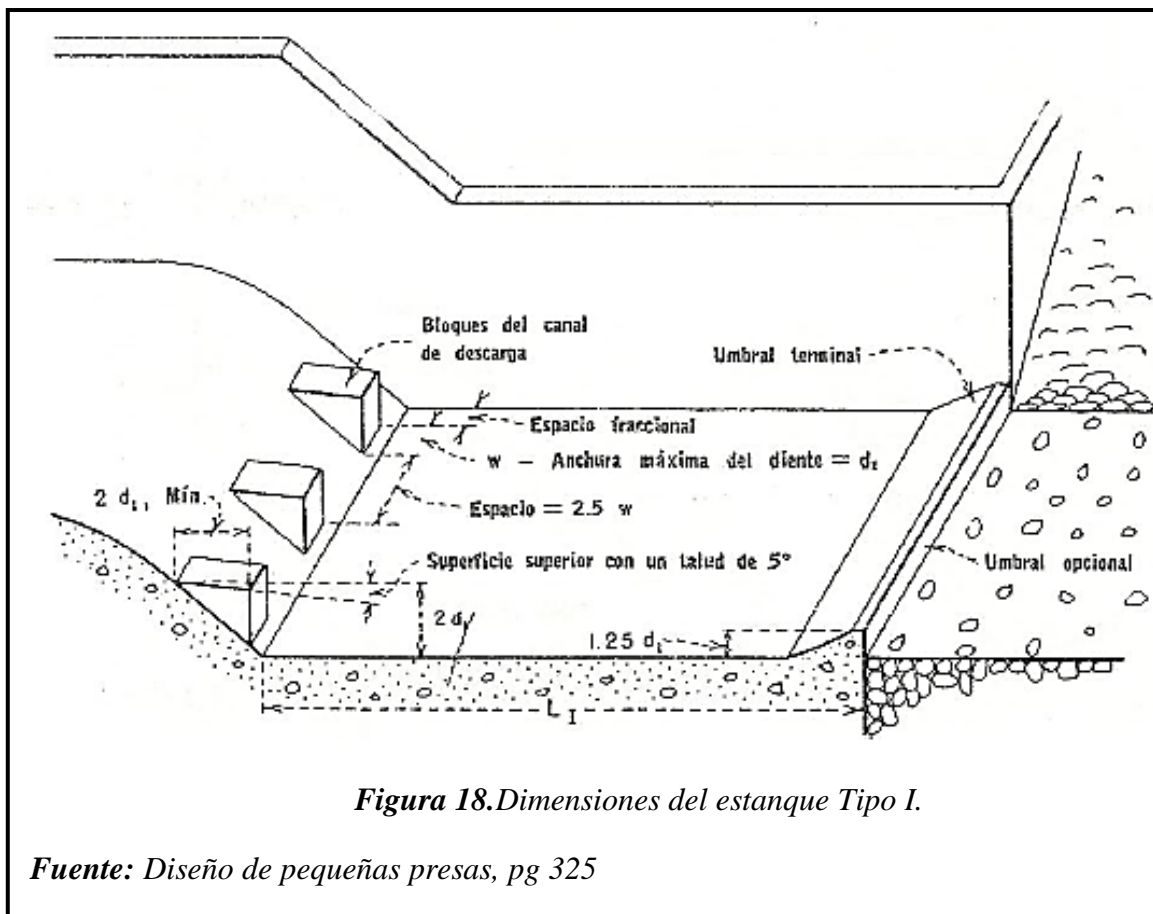
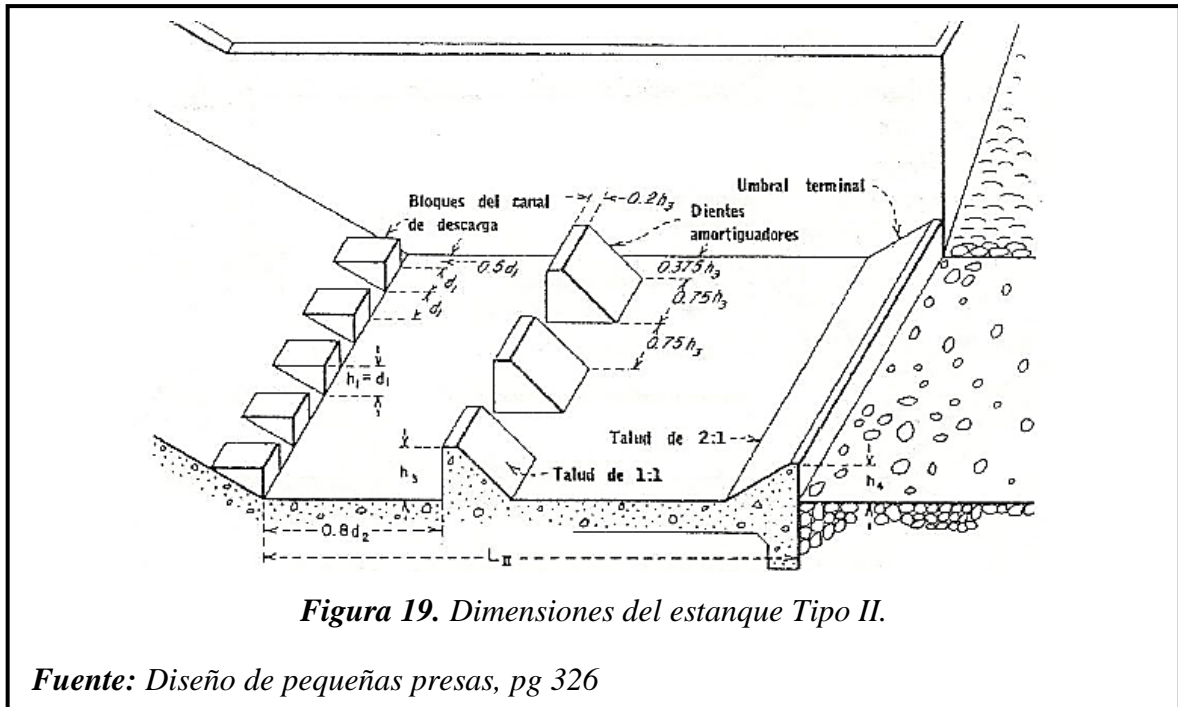


Figura 18. Dimensiones del estanque Tipo I.

Fuente: Diseño de pequeñas presas, pg 325

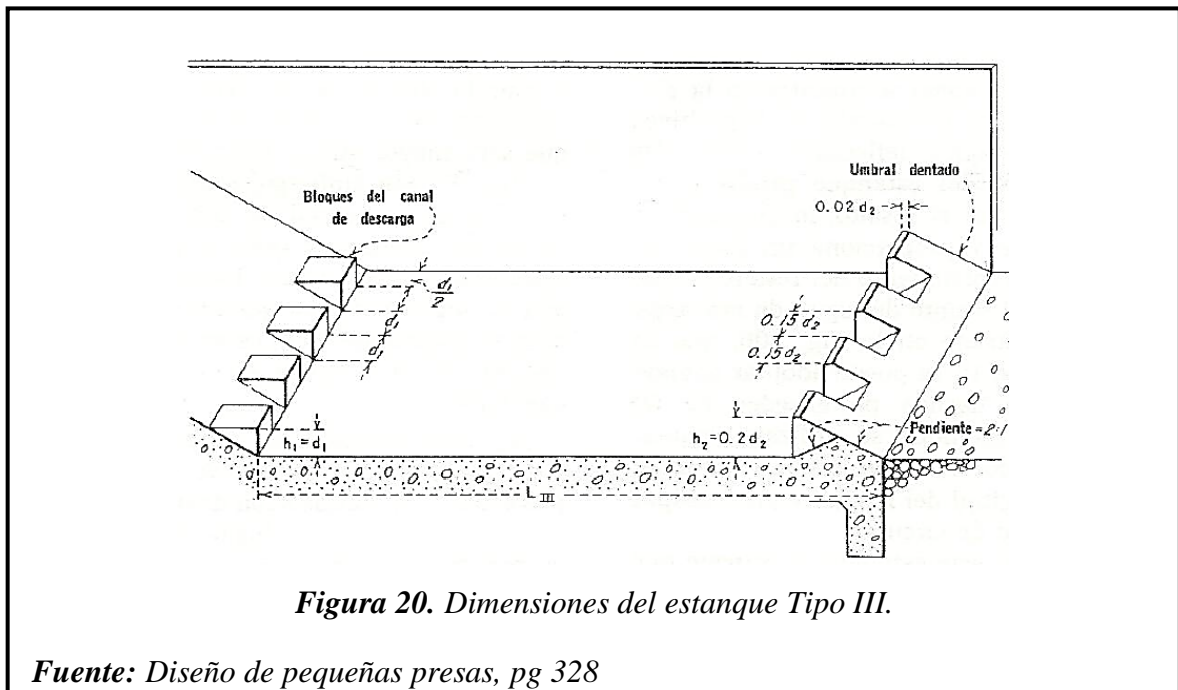
1.3.7.2. Estanque Tipo II.

La poza posee además de los bloques de descarga, bloques amortiguadores en la poza, $F > 4,5$ y $V_e < 15,00$ m/s.



1.3.7.3. Estanque Tipo III.

La poza posee además de los bloques del TIPO I, el umbral de salida dentado, $F > 4,5$ y $V_e > 15,00$ m/s.



1.4. Formulación del problema

¿Cómo diseñar un modelo físico hidráulico para disipar energía en un canal con pantallas deflectoras?

1.5. Justificación e importancia de estudio

El presente proyecto de Investigación se fundamentó a dar una posible solución de como se viene observando en la actualidad los problemas de erosión, que es general y típico a nivel Mundial, por lo cual nace la idea de hacer este estudio para poder controlar dichos problema descrito anteriormente y así tener buenos resultados en la estructura.

Es muy importante tener en cuenta la duración de una estructura Hidráulica, porque es la base primordial para que toda obra tenga un buen funcionamiento y período de vida para la cual fue diseñada, por tanto, se pretende obtener buenos resultados que nos ayuden a disminuir la erosión del concreto.

Para concluir se dará una alternativa de solución para que pueda ser aplicado en el momento que se desea construir estructuralmente usando como referencia esta investigación que garantizará un buen funcionamiento y periodo de vida de la estructura Hidráulica.

1.5.1. Justificación Tecnológica

Un canal con pendiente brusca, representa un peligro en la estructura aguas abajo, por los tipos de flujo que se puedan originar. La presente investigación demuestra el uso de pantallas deflectoras, en todo el recorrido de la inclinación del canal que puede evitar consecuencias de erosión y garantizar un uso continuo de este tipo de proyectos.

Por otro lado, cuando se obtuvo los cálculos en gabinete, se prosiguió a realizar un Modelo Físico representado a una escala determinada y así poder obtener mayor veracidad en sus resultados, para lograr observar su funcionamiento mediante ensayos de laboratorio.

1.5.2. Justificación Social.

Los canales son estructuras importantes para el desarrollo de una comunidad, ya que gracias a ellas contribuye el traslado del caudal de un lugar hacia otro. Dicho recurso hídrico permitirá a todas las personas satisfacer sus necesidades básicas alimenticias por

mucho tiempo, de tal modo permitiendo trabajar sin ningún problema e inconveniente gracias al funcionamiento de dichas pantallas deflectoras que evita daños en la estructura aguas abajo y así tener un mayor período de vida útil.

1.5.3. Justificación Económica.

Los costos del proyecto pueden ser un punto desventajoso que puede traer esta investigación, dependiendo de la forma de cómo se está observando. La ventaja de las pantallas deflectoras es que reduce una gran velocidad del flujo con pendientes prologadas (máx. 4.00m) y eso permite a la estructura tener un mayor período de vida útil e inclusive ya no se estará haciendo muchas reparaciones o mantenimientos en dicha caída.

1.6. Hipótesis

El canal con pantallas deflectoras influye en la disipación de energía del modelo físico Hidráulico.

1.7. Objetivos.

1.7.1. Objetivo General.

Diseñar un modelo físico hidráulico para disipar energía en un canal con pantallas deflectoras.

1.7.2. Objetivos Específicos.

A. Analizar el tipo de disipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%.

B. Aplicar el modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.

C. Comparar los resultados y optar por la mejor estructura en determinada pendiente.

D. Concluir con la evaluación económica del Modelo Físico Hidráulico para un caudal de diseño de $0.2684 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$.

1.8. Definición de términos básicos

Los conceptos más detallados y comunes que se describen a tener en cuenta en esta investigación son las siguientes.

a. Aforar.

Consiste en medir el exceso o cantidad de un líquido que transporta una corriente, sobre un determinado tiempo.

b. Modelo Físico.

Es una representación que se hace del prototipo con la finalidad de analizar específicamente el comportamiento de una estructura o en algún punto establecido.

c. Canal.

Es una construcción que se encarga al transporte de líquidos que fluye en un determinado conducto. El líquido se genera por la superficie del fluido y por el desnivel o pendiente del canal.

d. Caudal.

Es el líquido que circula por una sección de un canal, que es calculada la cantidad de volumen por un determinado tiempo.

e. Corriente.

Desplazamiento o circulación de un flujo por un sentido establecido (canal, río, etc), ya sea un flujo permanente o un flujo continuo.

f. Disipadores de energía.

Son construcciones que son empleados para disminuir la velocidad que transporta un caudal mediante los saltos o impactos que genera designados disipadores que se hace, que su objetivo es disminuir aguas abajo el daño de la estructura, sea la erosión y socavación del cauce.

g. Estructura.

Grupo de componentes que conforman una construcción que dan como resultado un elemento resistente.

h. Erosión del concreto.

Desgaste o deterioro físico de la estructura que lo componen, que son ejercidos mediante una fuerza de gravedad terrestre, sea por el hombre o los animales, es decir por los diferentes agentes a los que están sometidos (viento, agua entre otros).

i. Fluido.

Sustancia que tiene la propiedad de fluir. Cuando se somete a esfuerzos de corte, se deforma continuamente.

j. Resalto Hidráulico.

Producido por el ascenso brusco de nivel del agua que se presenta en un canal abierto a consecuencia del retardo que sufre una corriente de agua que fluye a elevada velocidad.

k. Rugosidad.

Son asperezas con alturas variables que puede tener un elemento, sea un conducto de una sección de un canal que lo componen o una tubería

l. Pantallas deflectoras.

Es un canal de sección rectangular y fondo liso que incluye pantallas deflectoras alternas colocadas a 45° con el eje del canal, las cuales cumplen el papel de elementos disipadores de energía, y pestañas longitudinales sobre los bordes de ambas paredes del canal que impiden que la estructura rebose.

m. Presión.

Toda fuerza normal que actúa de un cuerpo sobre otro, por una cierta unidad de superficie.

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de la Investigación

2.1.1. Tipo de la Investigación.

Esta investigación es de tipo explicativa-experimental

2.2.2. Diseño de la Investigación.

Evaluar el comportamiento de las pantallas deflectoras en un modelo hidráulico con la finalidad de reducir energía en una determinada pendiente.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población.

Pantallas deflectoras en un Modelo Físico Hidráulico

2.2.2. Muestra.

Realización de 38 ensayos en el Modelo Físico Hidráulico:

La variable 1 con ángulo de 45° se trabajó con 4 distancias asumidas (2, 4, 5 y 8 cm) se hizo 3 ensayos de cada uno. Con ángulo de 67.5° se trabajó con 4 distancias asumidas (1.7, 2, 4 y 8 cm) se hizo 3 ensayos de cada uno.

La Variable 2, la Variable 3 y la Variable 4 se realizaron ensayos con 4 diferentes caudales asumidos (18.48, 14.56, 8.15 y 2.74 lt/min), cada uno con un ángulo de 67.5° distanciados a 1.7cm

La Variable 4, se realizó con 2 caudales observados mínimo y máximo (0.78 y 3.99 lit/min)

2.3. Variables y Operacionalización

2.3.1. Variable Dependiente.

Modelo Físico Hidráulico.

2.3.2. Variable independiente.

Disipación de energía y canal con pantallas deflectoras.

2.3.3. Operacionalización

Tabla 3. Cuadro de operacionalización de variables Independiente.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	
DISIPACIÓN DE ENERGÍA Y CANAL CON PANTALLAS	Sistema Mecánico	Canal	Longitud	m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	Escalímetro.	
		Depósito de almacenamiento	Volumen	m^3	Observación.	Guía de observación	Escalímetro.	
		Válvula de control de flujo		Adimensional	Observación.	Guía de observación		
		Sistema de tuberías	Diámetro.	Pulg.	Análisis de documentos.	Guía de análisis de documentos		
	Sistema Eléctrico	Electrobomba			Horse Power	Observación.	Guía de observación	Sensores de Energía.
		Capacidad de los conectores	Intensidad de Corriente		Amperios	Observación.	Guía de observación	Sensores de Energía.

DEFLECTOR							
AS	Variación del flujo.	Resalto Hidráulico.	Longitud.	m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos	Escalímetro.
	Nivel de tirantes en el canal.	Tirante normal.	Longitud.	m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos	Escalímetro.
	Desnivel	Pendiente		m/m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos	Escalímetro.
Sección transversal.		Perímetro mojado	Longitud.	m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos	Escalímetro.
		Área hidráulica.	Área	m^2	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos	
		Radio Hidráulico.	Longitud.	m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	

Régimen (Número de Froude.)	Velocidad.	Longitud/ tiempo	m/s	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	
	Gravedad.		m/s^3	Análisis de documentos	Guía de análisis de documentos.	
Energía Específica.	Tirante medio.	Longitud.	m	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	Escalímetro.
	Tirante normal.	Longitud.	m	Observación y análisis de documentos.	Escalímetro.	
	Gravedad.		m/s^3	Análisis de documentos.		
	Velocidad.	Longitud/ tiempo	m/s	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4. Cuadro de operacionalización de variables dependiente.

VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADORES	SUB INDICADORES	ÍNDICE	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
MODELO FÍSICO HIDRÁULICO.	Caudal	Volumen.		m^3	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	Cudalímetro.
		Tiempo.		Seg.	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	Cronómetro.
	Velocidad.	Distancia recorrida	Longitud.	M	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	Escalímetro.
		Tiempo.		Seg.	Observación y análisis de documentos.	Guía de observación y de análisis de documentos.	Cronómetro.
	Semejanza	Longitud escalado	Longitud.	m	Observación	Guía de observación	Escalímetro.

Geométrica						
	Longitud del modelo	Longitud.	m	Observación	Guía de observación	
Semejanza	Masa	Kilogramos	Kg	Observación	Guía de observación	Balanza
Dinámica		Longitud	m	Observación	Guía de observación	
	Aceleración	Tiempo	seg^2	Observación	Guía de observación	
		Distancia	m	Observación	Guía de observación	Escalímetro.
Semejanza Cinemática	Velocidad	Tiempo	seg	Observación	Guía de observación	Cronómetro.
	Aceleración	Longitud	m	Observación	Guía de observación	Escalímetro.
		Tiempo	seg^2	Observación	Guía de observación	Cronómetro.
	Tiempo		seg	Observación	Guía de observación	Cronómetro.

Fuente: Elaboración propia

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

2.4.1. Técnicas de recolección de datos.

a. Observación.

Con el Modelamiento Físico Hidráulico, se anotó los resultados que se iban obteniendo del estudio que se genera para perder energía.

b. Análisis de documentos.

Consistió en recurrir a la recopilación de información disponible; de fuentes primarias y secundarias que aportan información actualizada respecto al tema general basado, con la finalidad de complementar la información carecida.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.

a. Guías de observación.

Se usaron los formatos siguientes.

1. Formato para rango de los ensayos según el tema a evaluar.
2. Formatos para los datos obtenidos del Modelo Físico.
3. Formatos como resultado de los parámetros de diseño.

b. Guía de análisis de documentos.

Para un mejor desarrollo y desenlace, se revisó manuales y normas técnicas tanto nacionales como extranjeras relacionadas al tema de disipadores de energía.

Normatividad

Tabla 5. Normativa de diseño

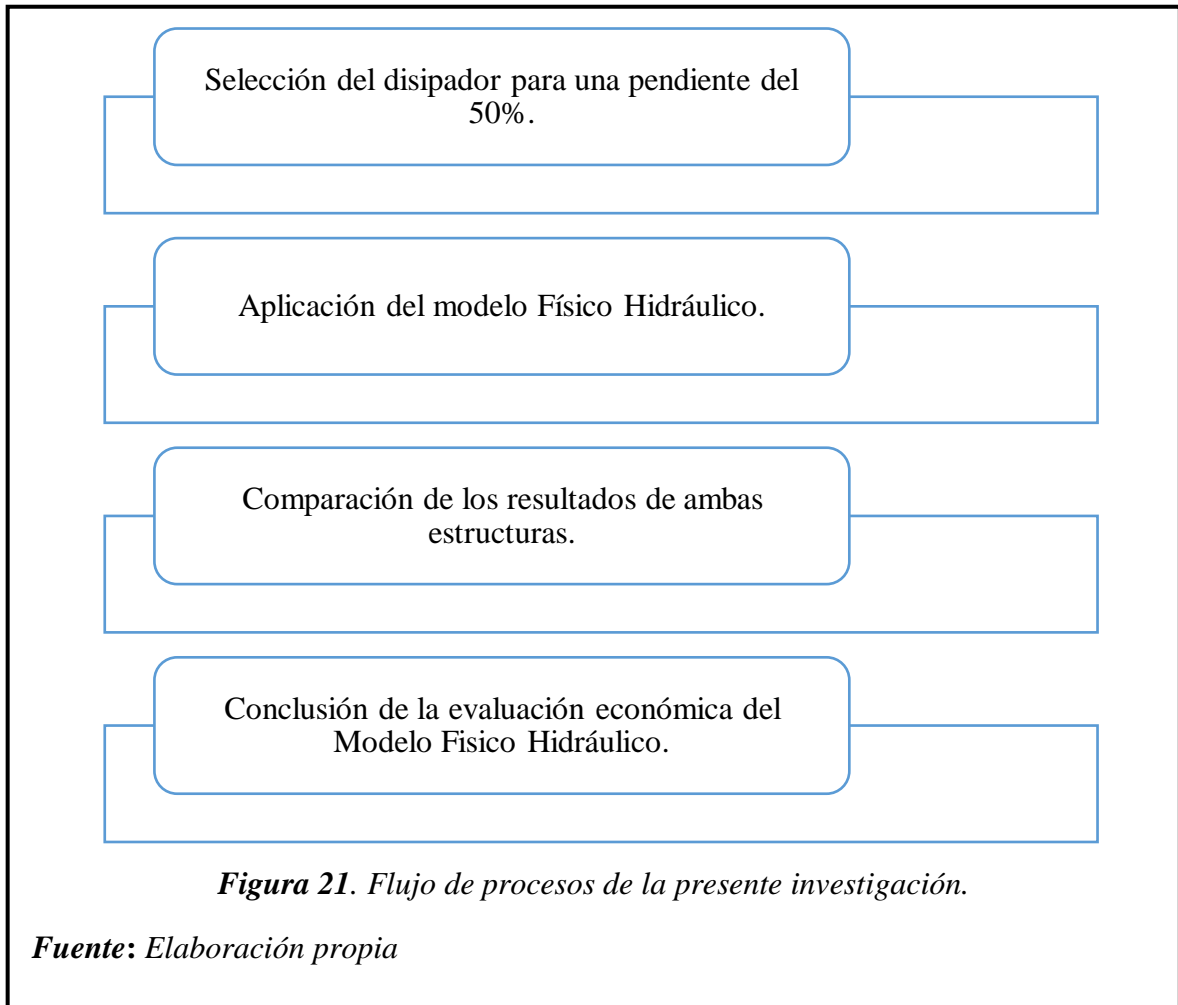
NORMA	DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
Manual: criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico	Basado a todas las estructuras hidráulicas que permite el diseño de cada uno de ellos.	Capítulo 6, diseño de rápidas. Página 96.
Bureau of reclamation “Design of small canal structures”	Fundamentado a todas las estructuras hidráulicas para su diseño de cada uno de ellos.	Capítulo 6. Energy Dissipators. Página 322.
Ley general de aguas ,”Ley N°27314 “	Orientado a los usos adecuados y principales del agua.	Título 8. De las servidumbres. Página 20.
Bureau of reclamation “Hydraulic Design of Stilling Basins and Energy Dissipators”	Orientado al diseño Universal de cuencas y disipadores de energía	Capítulo 9. Baffled apron for canal or spillway drops, página 153.

Fuente: *Elaboración propia*

2.5. Procedimientos de análisis de datos

Consistió en planificar y registrar sistemáticamente, así como también llevar controles metodológicos para garantizar la validez y confiabilidad.

2.5.1. Diagrama de flujo de procesos.



2.5.2. Descripción de procesos

2.5.2.1. Selección del disipador para una pendiente del 50%.

Se analizó e interpretó de varias formas y sobre todo guarda relación al tema a investigar, por lo tanto se realizó una secuencia de procesos a seguir con respecto a su análisis.

1. Descubrir las intenciones de los autores de cada base teórica bibliográfica que transmiten.
2. Leer las introducciones, ya que como se sabe, son esas partes donde dan inicio, nudo y desenlace de cada texto bibliográfico.
3. Anotar las cosas que más llaman la atención de los disipadores.

4. Comparar los resultados con otros autores bibliográficos.

Una vez obtenido en cuenta los puntos anteriores se tendrá que seleccionar los disipadores de energía existentes como son: rápidas, caída inclinada, disipador de rejillas, disipador con bloques de impacto, escalones, poza disipadora, pozos de caída libre, salto esquí, tanques amortiguadores, entre otros.

Por lo tanto de esa manera se logró analizar el disipador seleccionado con el nombre de pantallas deflectoras por cumplir con las características similares al diseño de una caída inclinada con una pendiente máxima más desfavorable del 50%.

2.5.2.2. Aplicación del modelo Físico Hidráulico

2.5.2.2.1. Dimensionamiento.

1.- Introducción.

El modelo Físico Hidráulico, se diseñó con el fin de ampliar y reforzar más los conocimientos hidráulicos inculcados por todos los Ingenieros que enseñan dicha área, de tal manera también ayude a todas las personas que les gusta las investigaciones y ampliarse más a ellos.

A continuación se muestra como se diseñó todas sus características de las dimensiones que tienen de los materiales utilizados en dicho modelo físico.

2.- Caídas.

Para tener una mejor veracidad en sus resultados en el canal con pantallas deflectoras, se diseñó con las características de una caída inclinada y eso ayudará a ver por cuál de las dos estructuras se disipa más la energía ya que permitirá llegar a la conclusión por cual optar. Finalmente con estas dos caídas realizadas, sirvió el análisis para ver su resalto hidráulico aguas abajo cuando se obtuvo sus resultados.

3.- Obtención de Escala.

Como todo modelo físico Hidráulico cuando se requiere representar a una escala deseada, se tiene que trabajar todo a una cierta medida. Es por eso que se trabajó a una sola escala no distorsionada para todas sus dimensiones.

Todo ello implicó en su reducción de la geometría del modelo, como es, longitud horizontal, longitud vertical, área y volumen; del mismo modo se diseñó a lo perteneciente a la cinemática, como es, tiempo, aceleración, velocidad y gasto.

Tabla 6. Características generales de los modelos.

VARIABLE	VALOR	UNIDAD
Escala	1:15	m
Caudal de modelo	0.0003	m³/seg
Rugosidad (lucita)	0.0089	
Cota aguas arriba	0.132	m
Cota aguas abajo	0.017	m
Ancho de canal	0.08	m

Fuente: Elaboración propia.

La bomba que se eligió nos arroja un caudal de 18lt/min medido mediante aforos, por el cual se reemplazó en las ecuaciones que se necesitan para llegar a sus dimensiones escaladas. Ver ítem (2.5.2.2.3 elección de escalas)

4.- Dimensiones de las caídas

Se escogió tanto para la caída inclinada y para el canal con pantallas deflectoras, una inclinación aguas abajo, vale indicar que para la caída inclinada se diseñó con una poza disipadora tipo 2 con colchón amortiguador.

4.1.- Caída inclinada

Las siguientes dimensiones del modelo Físico son reducidas de acuerdo a su escala

Tabla 7. Característica de la caída inclinada.

*Altura de canal		
Aguas arriba	:	4.00cm
Aguas abajo	:	7.60cm
*Ancho	:	8.00cm
*Talud de inclinación de rampa	:	Z= 2.00

*Altura de caída inclinada	:	13.2 cm
----------------------------	---	---------

Fuente: *Elaboración propia*

*Parámetros de diseño obtenidos en el ítem (2.6.2.2.3 elección de escalas)

4.2.-Canal con pantallas Deflectoras

Del mismo modo, las siguientes dimensiones del modelo Físico son reducidas de acuerdo a su escala 1:15.

Tabla 8. *Característica del canal con pantallas deflectoras.*

*Altura de canal		
Aguas arriba	:	4.00 cm
Aguas abajo	:	4.00 cm
*Ancho	:	8.00cm
*Talud de inclinación de rampa	:	Z= 2.00
*Altura de caída inclinada	:	13.2 cm

Fuente: *Elaboración propia*

*Parámetros de diseño obtenidos en el ítem (2.5.2.2.3 elección de escalas)

5.- Canales

El ancho del canal estará encajado en la caída inclinada y en el canal con pantallas deflectoras y para ambas estructuras tendrán unas mediciones de 0.08m.



Figura 22. *Ancho canal del Modelo Físico.*

Fuente: *Elaboración propia*

En la parte de su terminación tendrá una perforación cuadrada que enviará el agua hacia el tanque de almacenamiento para después sea recirculado.

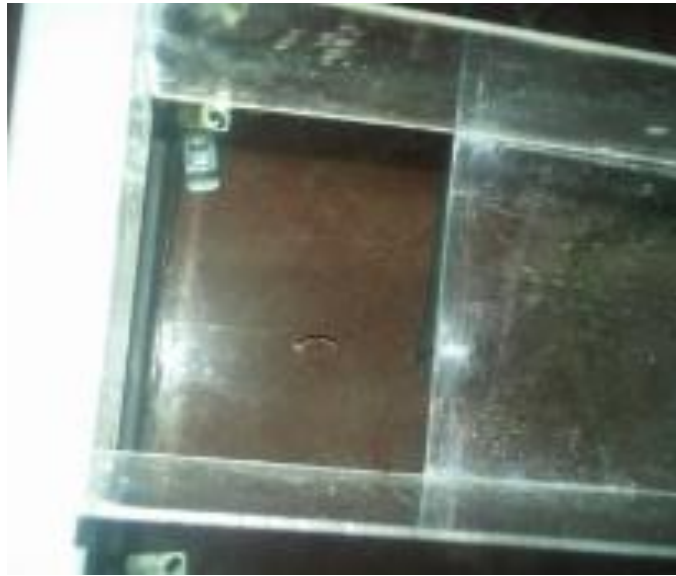


Figura 23. Perforación cuadrada del canal.

Fuente: Elaboración propia

6. Estructuras metálicas

6.1. Mesa de soporte

Las medidas que se le va a otorgar para la estructura o mesa de soporte; en lo cual vale destacar, que es base primordial para el diseño del canal que deberá acoger principalmente a todo el canal, que tiene un ancho mínimo de soporte de 0.50m.



Figura 24. Ancho del Modelo Físico.

Fuente: Elaboración propia

La otra característica que resalta, es su altura de la mesa, por lo cual está comprendida en dos alturas, medidas promediadas de una persona, por lo que se le ha determinado una altura regulable al inicio donde va ir un tanque de almacenamiento y una segunda altura donde va ir el canal aguas abajo. La altura regulable es de 1.20 m y la mínima = 0.60 m



Figura 25. Soporte de dimensiones variables y altura regulable.

Fuente: Elaboración propia

Finalmente su longitud de la mesa deberá coincidir con toda la longitud del canal, tanto aguas arriba como aguas abajo con una longitud de 2.10 m.



Figura 26. Longitud de estructura metálica.

Fuente: Elaboración propia

7. Ángulos de aluminio.

La función principal de utilizar estos ángulos, es para las paredes del vidrio donde se ubicará el tanque de almacenamiento aguas arriba que estarán en gran parte lleno de agua, por ende esto generará una presión lateral hacia los ángulos de dicho tanque.



Figura 27. Ángulos de aluminio para el tanque de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

7.- Almacenamiento

Para el correcto funcionamiento del modelo Físico y sobre todo que la bomba no sufra daños por problemas de falta de caudal, se tendrá un tanque almacenamiento para su reutilización. Los tanques serán de vidrio de 5.5mm, que estará alojado en el canal aguas arriba y tendrá unas dimensiones de $0.50 \times 0.20 \times 0.10 \text{ m}^3$,



Figura 28. Tanque de almacenamiento aguas arriba.

Fuente: Elaboración propia

El segundo tanque donde recibirá el caudal que serán suficientes para poder tener correcto funcionamiento del modelo físico es de $0.50 \times 0.60 \times 0.60 \text{ m}^3$.



Figura 29. Tanque de almacenamiento aguas abajo.

Fuente: Elaboración propia

8.- Tuberías

Para poder recircular el caudal por toda la estructura, se realizará una conexión mediante una manguera transparente de 1.6 cm y unas tuberías de PVC para la limpieza de los tanques de almacenamiento provista de llaves para el desalojo del caudal.



Figura 30. Manguera Transparente para recirculación

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.2.2. Dimensionamiento de los modelos

En la mayoría de Obras Hidráulicas, son generalmente modeladas bajo la condición de Número de Froude, para eso se analizó que escala utilizar (distorsionado o no distorsionado) en la presente investigación.

Por lo tanto se diseñó con una escala no distorsionada, por el cual se conservó la escala horizontal y escala vertical.

Que quede en claro, para el pre dimensionamiento de las pantallas deflectoras se tuvo que realizar de acuerdo a las características de diseño de una caída inclinada por su similitud que lo caracteriza, favoreciendo así, observar en que canal se disipa más energía en ambas estructuras, permitiendo obtener una mejor validación y comprobación de sus resultados.

Todos los desarrollos de las dimensiones, están en el ítem (2.5.2.2.3 elección de escalas)

1.- Dimensiones reales del prototipo.

Todos los cálculos reales han sido analizados después de un cálculo teórico y con la comprobación del Software se obtuvo las medidas correspondientes, pero comprobando que todas las dimensiones no sean tan extremadamente exageradas para poder llegar al objetivo.

1.1.- Caída inclinada

1.1.1.- Caudal

Como se sabe, para todo modelo físico se requiere tener un caudal de diseño o un caudal real, para ello se diseñará con un determinado caudal.

$$Q_p = 0.2684 \frac{m^3}{seg}$$

1.1.2.- Ancho de canal

Según las fórmulas aplicadas para obtener la dimensión del ancho, resultó que era una medida muy reducida al momento de escalarlo, por lo tanto se decidió trabajar con una cierta medida asignada para que sea trabajable en el Modelo Físico Hidráulico.

$$a_p = 1.2 \text{ m}$$

1.1.3.- Altura de caída inclinada.

De acuerdo a las referencias bibliográficas, redacta que para una caída inclinada, la altura máxima es menor de 4.00m para elegir ese tipo de estructura (caída inclinada o caída vertical), por el contrario si la altura pasa de ese parámetro se diseñará como una rápida.

$$H_p = 1.98 \text{ m}$$

1.1.4.- Longitud del canal

Se adoptó una longitud que permita ver su visualización de los tirantes y se pueda calcular con mayor facilidad. Está conformado por un canal rectangular tanto aguas arriba como aguas abajo.

a.- Aguas arriba.

$$L = 5.10 \text{ m}$$

b.- Aguas abajo.

$$L = 5.10 \text{ m}$$

c.- Poza disipadora.

$$L = 1.44 \text{ m}$$

d.- Inclinación de la rampa.

$$L = 4.42 \text{ m}$$

1.1.5.- Rugosidad

Se trabajará con la rugosidad del concreto

$$n = 0.014$$

2.5.2.2.3.-Elección de escala.

Como se presentó en la parte teórica del ítem 1.3.4 (figura 6), muestra dicha fuente las variedades de escalas más recomendadas para utilizar en Obras Hidráulicas. También se tuvo que tener en cuenta también los parámetros de diseño del Manual de la Bureau Of Reclamation, que existen ciertos rangos que se deben respetar y

por ende se trabajó con la escala mínima, dando como resultados que todas las dimensiones no eran tan visualizadas.

Dicho lo anteriormente, se vio obligado a cambiar a una escala menor de 1:15 para que sea más notable en todo el Modelo Físico Hidráulico.

A.- Dimensiones escaladas del modelo.

Será trabajado de acuerdo a la figura 4 y del ítem 1.3.3.2, como se presenta a continuación.

A.1.- Caída inclinada y pantallas deflectoras.

A.1.1.- Cálculo de caudal escalado

Se representa con la siguiente ecuación a una escala 1:15

$$Q_e = L_e^{5/2}$$

$$Q_e = 15^{5/2}$$

$$Q_e = 871.42$$

A.1.2.- Cálculo de caudal del modelo

Una vez obtenido el caudal escalado, en seguida se calculará el caudal del modelo.

$$Q_m = \frac{Q_p}{Q_e}$$

$$Q_m = \frac{0.2684}{871.42}$$

$$Q_m = 0.00030 \frac{m^3}{seg}$$

Se trabajó de acuerdo a un ensayo de aforo volumétrico (ver 2.5.2.2.4 ensayo para el caudal de diseño), y se eligió una bomba o equipo determinado que abastezca dicho caudal.

A.1.3.- Cálculo del ancho del canal.

Una vez obtenido el ancho del prototipo sobre la escala seleccionada, se procede a sacar el ancho del modelo.

$$\text{ancho del modelo} = \frac{\text{ancho prototipo}}{\text{ancho escalado}}$$

$$\text{ancho del modelo} = \frac{1.2m}{15}$$

$$\text{ancho del modelo} = 0.08m$$

$$a = 8cm$$

A.1.4.- Cálculo de la altura de caída inclinada.

A continuación se procede a sacar la altura del modelo, igualando la altura del prototipo sobre la escala trabajada.

$$\text{altura del modelo} = \frac{\text{altura prototipo}}{\text{altura escalada}}$$

$$\text{altura del modelo} = \frac{1.98m}{15}$$

$$\text{altura del modelo} = 0.132m$$

$$h = 13.2cm$$

A.1.5.- Cálculo de longitudes.

a.- Aguas arriba.

$$L = 34.00 \text{ cm}$$

b.- Aguas abajo.

$$L = 34.00 \text{ cm}$$

c.- Poza disipadora.

$$L = 9.6 \text{ cm}$$

D.- Inclinación de la rampa.

$$L = 29.5 \text{ cm}$$

A.1.6.- Cálculo de la rugosidad escalada.

Se procede a sacar la rugosidad del modelo, igualando a su escala de diseño elevado a una potencia.

$$ne = Le^{5/2}$$

$$ne = 15^{5/2}$$

$$ne = 1.57$$

A.1.7.- Cálculo de la rugosidad del modelo.

Calculado el paso anterior, se halla la rugosidad del modelo, igualando a la escala de diseño elevado a una potencia.

$$\text{rugosidad del modelo} = \frac{\text{rugosidad prototipo}}{\text{rugosidad escalado}}$$

$$\text{rugosidad del modelo} = \frac{0.014}{1.57}$$

$$\text{rugosidad del modelo} = 0.009$$

$$n = 0.009$$

Verificar con la figura 5, para la elección del material que lo compondrá el modelo (Lucita)

2.5.2.2.4.- Ensayo para el caudal de diseño y caudales regulables

A.- Caudal de diseño

Se realizó aforos volumétricos en gabinete para tener un caudal de diseño, y de tal manera sirva para la selección de una bomba con caudal constante.

RESPONSABLE	Cuzque Huamán Henry Neyser
CICLO	X
AÑO	2018
UBICACIÓN	Universidad Señor de Sipán
Distrito	Pimentel
Provincia	Chiclayo
Departamento	Lambayeque
METODO DE AFORO	Volumétrico



1 ENSAYO Nº	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	---------------------

1	720.00	2.28	0.720	0.038	18.95
2	820.00	2.67	0.820	0.045	18.43
3	729.00	2.42	0.729	0.040	18.07
4	699.00	2.33	0.699	0.039	18.00
5	670.00	2.25	0.670	0.038	17.87

Fuente: Elaboración propia

Sacando el promedio de los caudales que produciría una bomba es de 18.48 Lt/min. Por lo tanto con ese caudal se diseñará para el MODELO FÍSICO HIDRÁULICO.

B.- Variación con diferentes caudales para las variables de pantallas

B.1.- Caudal 1

ENSAYO N°1	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
1	720.00	2.28	0.720	0.038	18.95
2	820.00	2.67	0.820	0.045	18.43
3	729.00	2.42	0.729	0.040	18.07
4	699.00	2.33	0.699	0.039	18.00
5	670.00	2.25	0.670	0.038	17.87

Por lo tanto el promedio que produce una bomba, es de un caudal promedio de litros por minuto es de:

BOMBA	CAUDAL	
BOMBA	18.48	Lit/min

Fuente: Elaboración propia

B.2.- Caudal 2

ENSAYO N°2	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
1	505.00	2.10	0.505	0.035	14.43
2	610.00	2.51	0.610	0.042	14.58
3	650.00	2.70	0.650	0.045	14.44
4	506.00	2.04	0.506	0.034	14.88
5	530.00	2.20	0.530	0.037	14.45

Por lo tanto el promedio que produce una bomba, es de un caudal promedio de litros por minuto es de:

BOMBA	CAUDAL
BOMBA	14.56 Lit/min

Fuente: Elaboración propia

B.3.- Caudal 3

ENSAYO N°3	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
1	431.00	3.48	0.431	0.058	7.43
2	551.00	3.88	0.551	0.065	8.52
3	515.00	3.73	0.515	0.062	8.28
4	579.00	4.15	0.579	0.069	8.37
4	479.00	3.53	0.479	0.059	8.14

Por lo tanto el promedio que produce una bomba, es de un caudal promedio de litros por minuto es de:

BOMBA	CAUDAL
BOMBA	8.15 Lit/min

Fuente: Elaboración propia

B.4.- Caudal 4

ENSAYO N°4	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
1	235.00	4.92	0.235	0.082	2.87
2	250.00	5.60	0.250	0.093	2.68
3	328.00	7.14	0.328	0.119	2.76
4	342.00	7.60	0.342	0.127	2.70
5	288.00	6.40	0.288	0.107	2.70

Por lo tanto el promedio que produce una bomba, es de un caudal promedio de litros por minuto es de:

BOMBA	CAUDAL
BOMBA	2.74 Lit/min

Fuente: Elaboración propia

B.5.- Caudal máximo y mínimo que trabajarían las pantallas deflectoras

CAUDAL MÁXIMO

1 ENSAYO N°	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
1	460.00	6.98	0.460	0.116	3.95
2	469.00	6.96	0.469	0.116	4.04
3	438.00	6.61	0.438	0.110	3.98
4	485.00	6.85	0.485	0.114	4.25
5	478.00	5.67	0.478	0.095	5.06

Por lo tanto el promedio que produce una bomba, es de un caudal promedio de litros por minuto es de:

BOMBA	CAUDAL
BOMBA	3.99 Lit/min

CAUDAL MÍNIMO

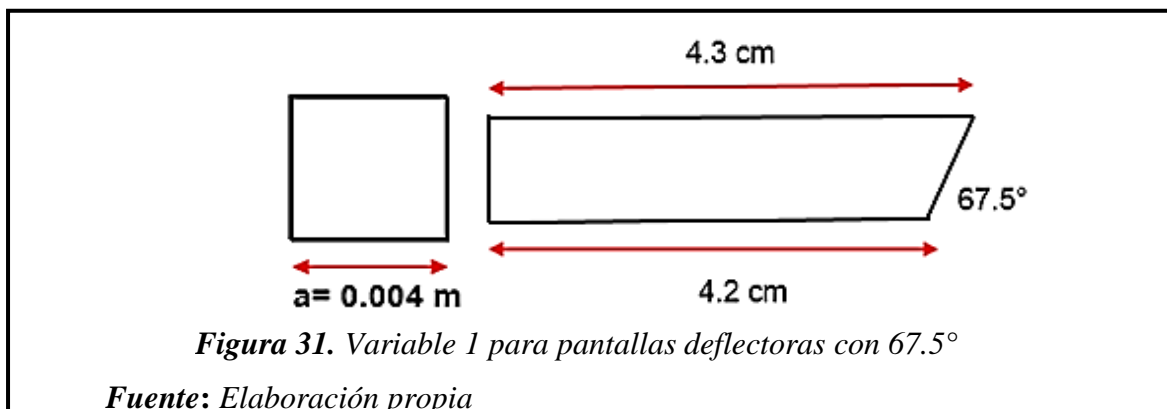
2 ENSAYO N°	VOLUMEN (ml)	TIEMPO (seg)	VOLUMEN (Lt)	TIEMPO (min)	CAUDAL (Lit/min)
1	462.00	34.58	0.462	0.576	0.80
2	331.00	25.32	0.331	0.422	0.78
3	282.00	21.94	0.282	0.366	0.77
4	287.00	22.41	0.287	0.374	0.77
5	315.00	24.91	0.315	0.415	0.76

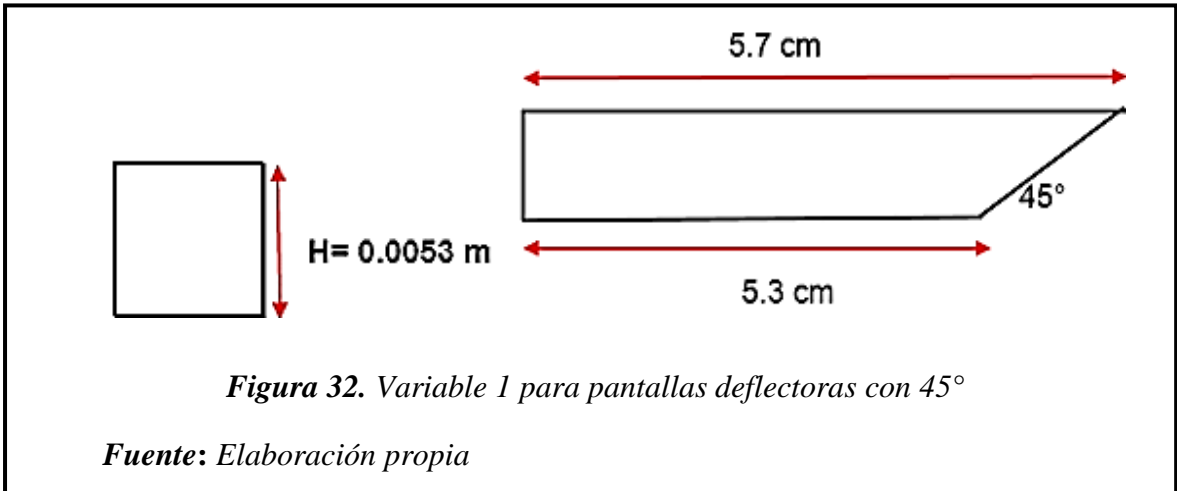
Por lo tanto el promedio que produce una bomba, es de un caudal promedio de litros por minuto es de:

BOMBA	CAUDAL
BOMBA	0.78 Lit/min

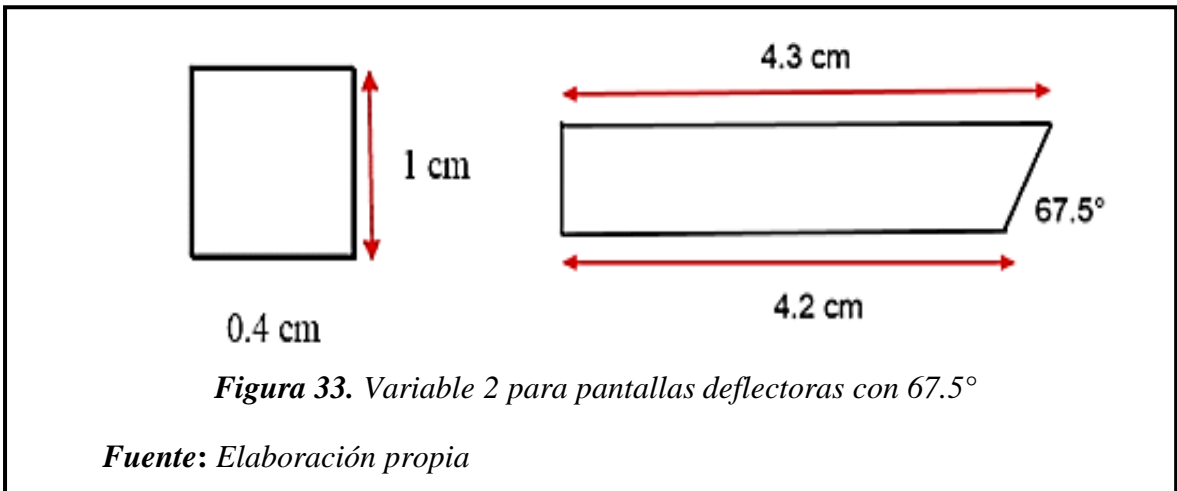
C.- Variables de dimensiones de pantallas.

C.1.- VARIABLE 1 DE PANTALLAS DEFLECTORAS

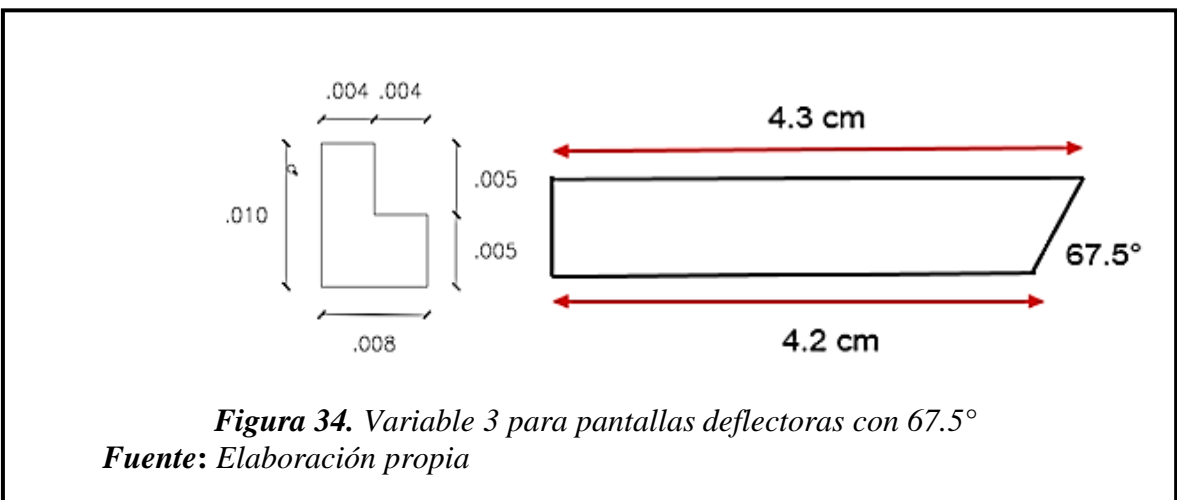




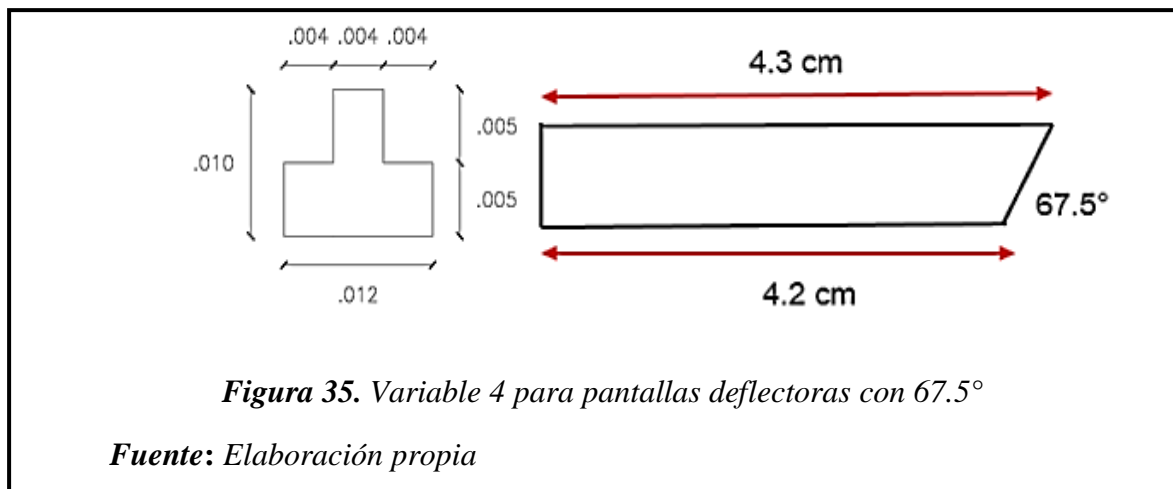
C.2.- VARIABLE 2 DE PANTALLAS DEFLECTORAS



C.3.- VARIABLE 3 DE PANTALLAS DEFLECTORAS



C.4.- VARIABLE 4 DE PANTALLAS DEFLECTORAS



2.5.2.2.5.- Construcción del Modelo Físico Hidráulico.

1.- Introducción

Se acudió a talleres con amplia experiencia para la fabricación de ciertos materiales que son base para la construcción del Modelo Físico. Se tuvo en cuenta también su costo, su durabilidad y fácil traslado. Para el banco hidráulico se eligió que sea de metal, por poseer mayor resistencia y durabilidad.

Toda la estructura del canal será de material de acrílico y las dimensiones muy pequeñas se harán de mica por su fácil manejo para poder trabajar, esto sucede en el caso de las pantallas deflectoras, en los dientes amortiguadores y bloques de la caída inclinada.

En definitiva se mostrará el proceso constructivo que se realizó durante todo el proceso en su elaboración del Modelo Físico.

2.- Estructuras metálicas

2.1.- Banco Hidráulico

Como inicio del proceso constructivo en cuanto a los materiales, se procedió a construir un banco hidráulico de metal, mandando a realizar a un taller metálico para su fabricación, ya que esto será el soporte de todo el modelo y accesorios a desplegar.

Toda la estructura se hizo de tubo cuadrado de 1 pulgada y para que tenga una mejor presentación y acabado, se usó una pintura de electroestática eludiendo así su ligera corrosión.No obstante se realizó en una parte del banco hidráulico, unos reguladores de altura para adecuarlo así al canal con mayor facilidad.



Figura 36. Entrega de la estructura por el Soldador metálico.

Fuente: Elaboración propia

2.2.- Apoyos verticales de la estructura metálica.

Se fabricó empleando una estructura de metal tubular de 1 cm x 1 cm , con longitudes variables para los tanques de almacenamiento y toda la estructura del Modelo Físico, sometidos también al tablero mediante pernos.



Figura 37. Apoyos verticales de estructura metálica.

Fuente: Elaboración propia

3.- Tablero.

Se escogió una madera que sea resistente al agua por estar en constante contacto con ello, por lo cual se utilizó la madera tipo multiplaca de 1.22m x 2.44m x 4 mm de espesor.



Figura 38. Plancha de Multiplaca de 1.22m x 2.44m x 4mm

Fuente: Elaboración propia

El tablero presenta una perforación para que el caudal pase e ingrese al sistema del tanque de almacenamiento aguas abajo.



Figura 39. Perforación en la plancha de Multiplaca

Fuente: Elaboración propia

4. Acrílico.

Se empleó varias piezas de acrílico para toda la estructura del canal. Dicho material es manejable para las características de sus dimensiones requeridas.



Figura 40. Corte de piezas de acrílico con láser.

Fuente: Elaboración propia

Lo que motivó a su elección del material es por estar en el rango de la reducción de la escala, además vale especificar también que no se utilizó el vidrio por ser un poco peligroso y demasiado frágil, e inclusive la complicación de su moldeo.

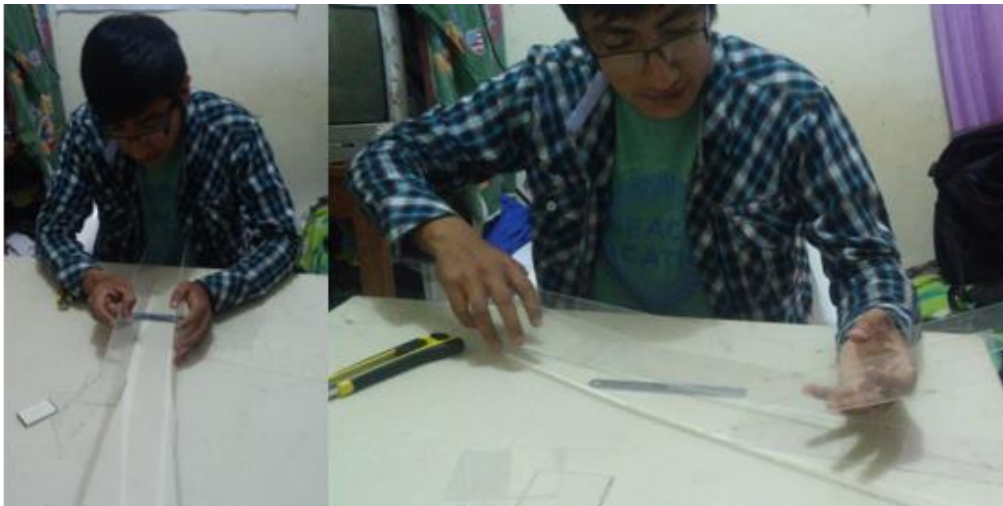


Figura 41. Armado del modelo con material acrílico.

Fuente: Elaboración propia

5.- Tanque de almacenamiento.

5.1.- Tanque de almacenamiento aguas arriba

Se realizó el tanque de almacenamiento con material de vidrio de 5.5mm, con una capacidad de almacenamiento de 10lt.



Figura 42. Sellado de tanque de almacenamiento con silicona.

Fuente: Elaboración propia

5.2.- Tanque de almacenamiento aguas abajo.

Se hizo también una perforación para el caudal de rebose máximo y así impedir que se rebalse el agua.



Figura 43. Perforación circular en tanque de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

6.-Sistema de recirculación

Toda la estructura trabaja con un mismo objetivo, es decir, de que al momento de circular el caudal aguas abajo llegue al tanque de almacenamiento donde después entra las bombas a tallar y cumplir con su función, de impulsar su caudal aguas arriba y así circular sucesivamente y secuencialmente por todo el modelo físico.



Figura 44. Bomba instalada en el taque de almacenamiento.

Fuente: Elaboración propia

7.- Desagües.

7.1.- Desagüe en el tanque de almacenamiento aguas abajo.

Cumple con la función de al momento de terminar una realización de una práctica de laboratorio, el caudal se tiene que ser desalojado.



Figura 45. Pegado de accesorios.

Fuente: Elaboración propia

8.- Sistema eléctrico.

Se usó un tomacorriente alimentado de la bomba para la iluminación aguas arriba y aguas abajo del canal y dos cables número 12 para su propio funcionamiento



Figura 46. Armado del modelo con material acrílico.

Fuente: Elaboración propia



Figura 47. Cables para luces LED del canal.

Fuente: Elaboración propia



Figura 48. Instalación eléctrica para la bomba.

Fuente: Elaboración propia

9.- Culminación del Modelo Físico.

Una vez echo todas las instalaciones, se logró con éxito la culminación del Modelo físico, como se puede apreciar en las siguientes imágenes.



Figura 49. Culminación del Modelo Físico Hidráulico

Fuente: Elaboración propia



Figura 50. Armado del modelo con material acrílico.

Fuente: Elaboración propia

2.5.2.3. Comparación de los resultados de ambas estructuras

Para la comprobación de los resultados, sobre todo saber cuál de las dos estructuras disipa más energía, se realizó los cálculos previos desarrollando lo teórico con fórmulas que están dadas y comprobando con un Software, para que después aplicarlo al análisis práctico.

De esa forma se llegó a la conclusión, con cual estructura disminuir la energía del caudal.

Todos los desarrollos están despejados paso a paso en la memoria de cálculos. (Ver ANEXO desde la 1.6 hasta la 1.18)

A.- *Análisis teórico.*

A.1.- Cálculo de todos los parámetros Hidráulicos mediante el programa EXCEL 2013.

A.1.1.- Datos del proyecto de caída inclinada.

Se ejecutó el programa EXCEL 2013. Donde se iniciará para ingresar los datos del proyecto y escribir los parámetros hidráulicos principales que se requiere.

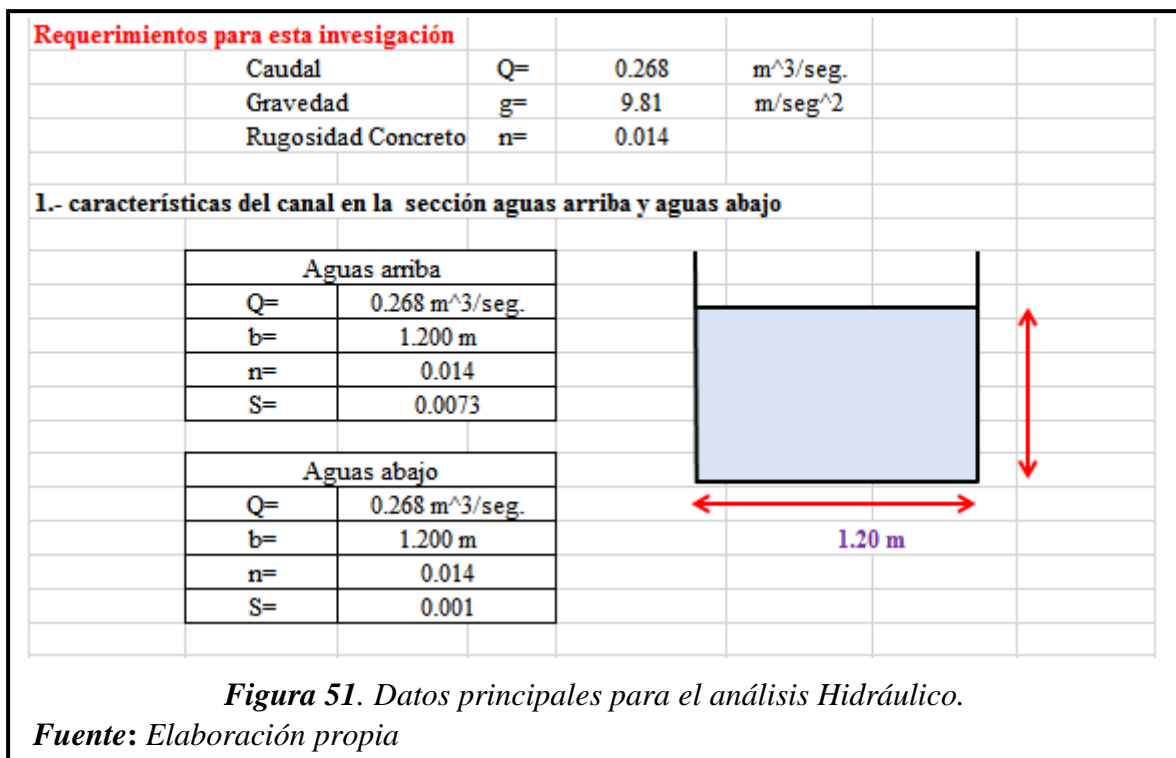
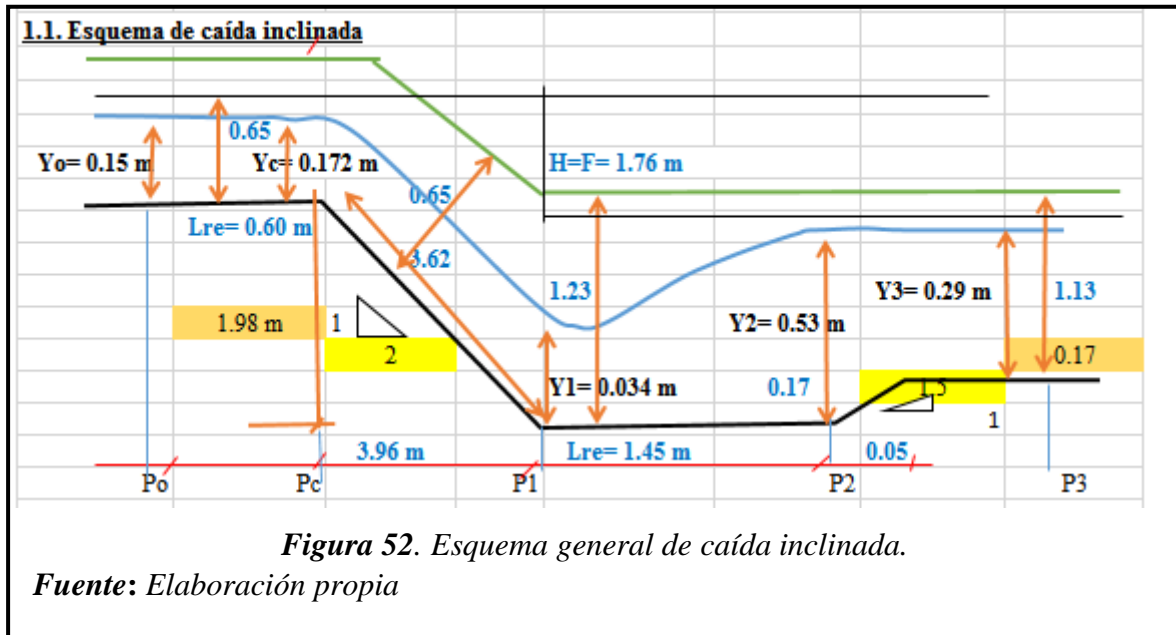


Figura 51. Datos principales para el análisis Hidráulico.

Fuente: Elaboración propia

A.1.2.- Esquema general de caída inclinada

Una vez desarrollado todo el pre dimensionamiento, se hace un esquema general con los valores hallados durante el desarrollo del proyecto ejecutado.

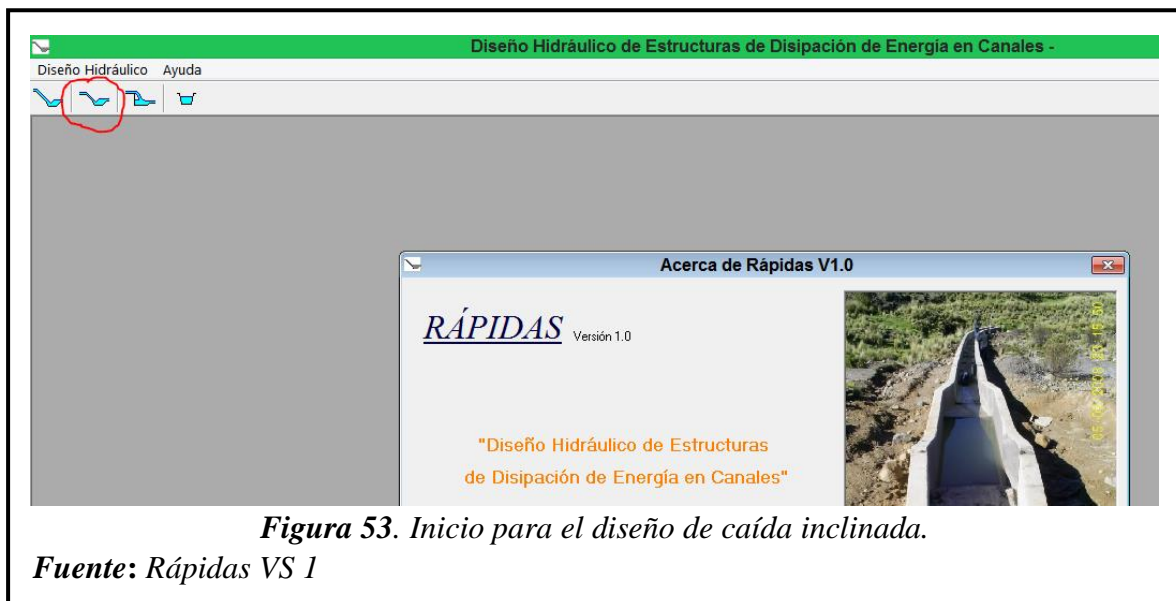


B.- Análisis Software.

B.1.- Rápidas Vs I

B.1.1.- Inicio de proyecto para caída inclinada.

Se ejecutó el programa RÁPIDAS VS1, donde se tiene que elegir qué tipo de estructura diseñar, pero para nuestra investigación se eligió el diseño de caídas inclinadas.



B.1.2.- Ingreso de parámetros Hidráulicos.

Se ingresó los datos del proyecto con sus respectivos parámetros hidráulicos después que se han hallado en el análisis teórico.

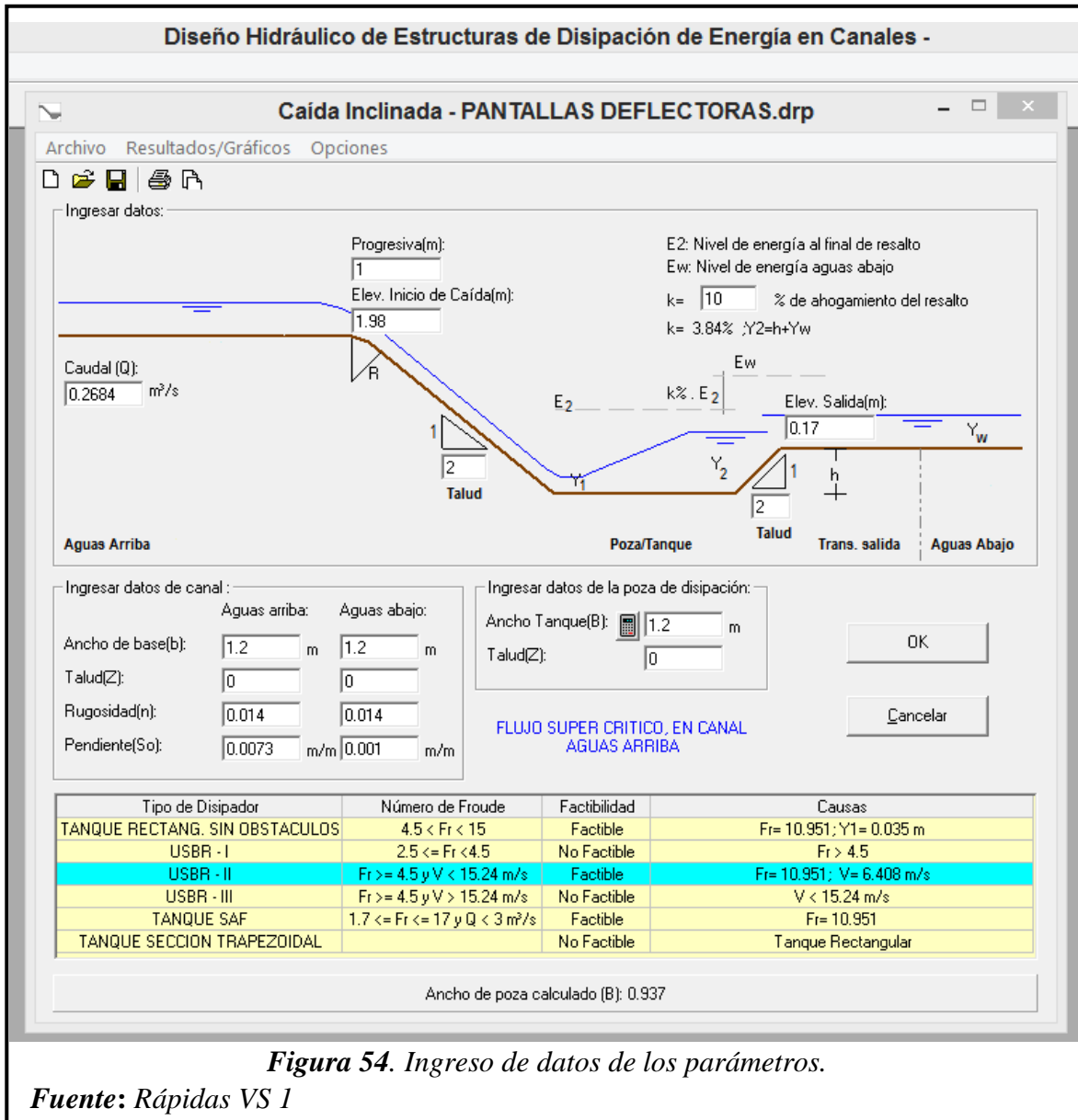


Figura 54. Ingreso de datos de los parámetros.

Fuente: Rápidas VS 1

B.1.3.- Esquema general de caída inclinada.

Después se prosiguió a los resultados del diseño de su perfil y colchón amortiguador

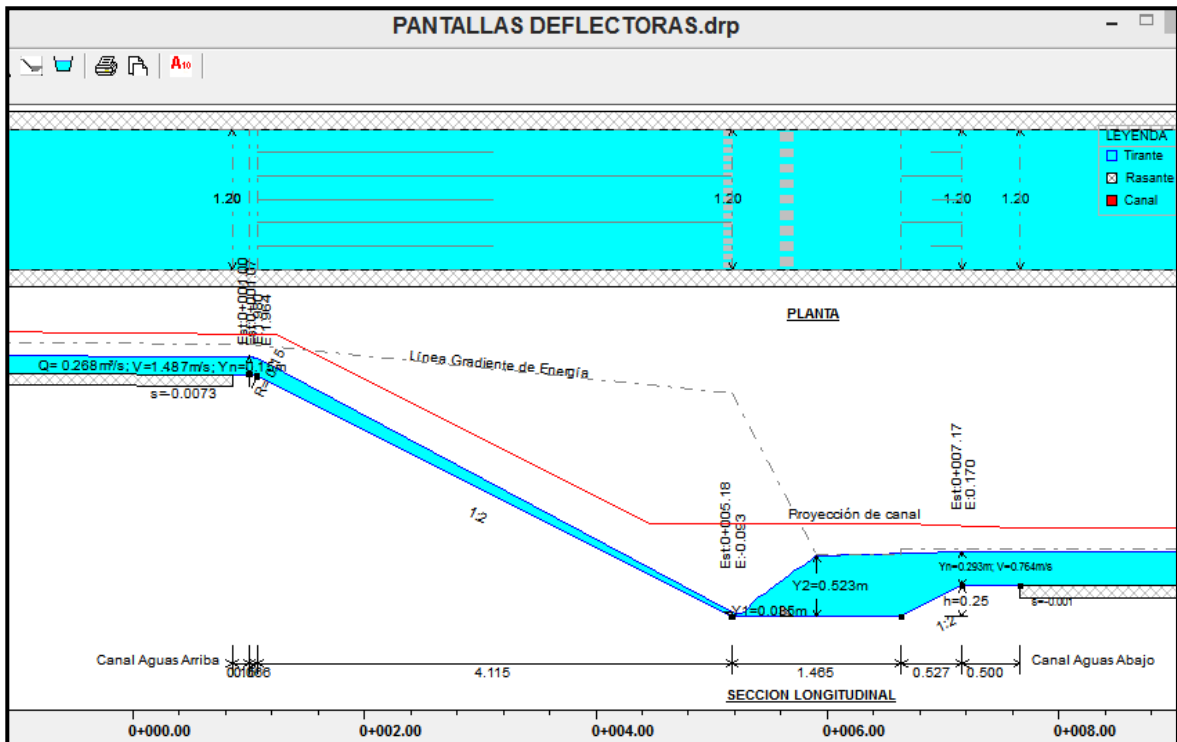


Figura 55. Perfil y planta de caída inclinada.

Fuente: Rápidas VS 1

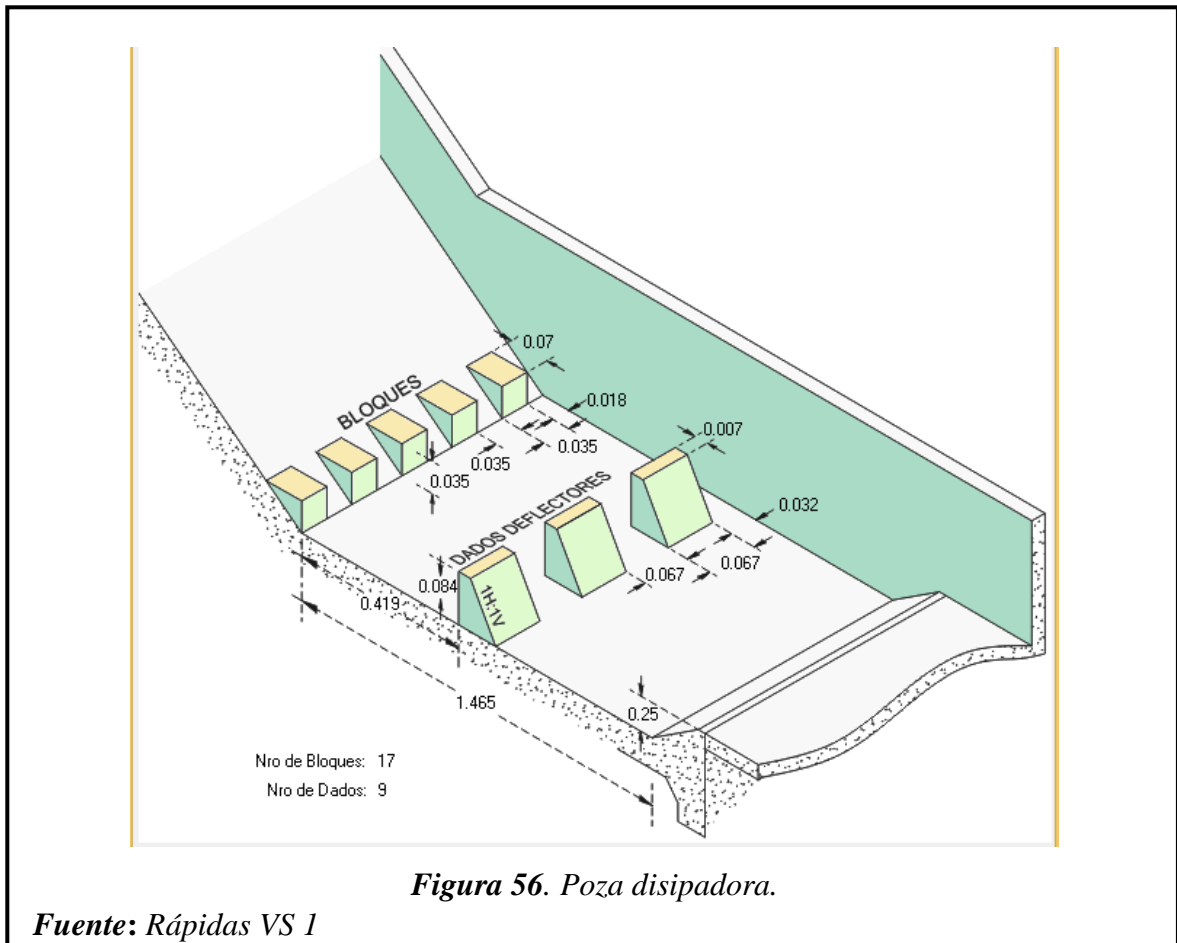


Figura 56. Poza disipadora.

Fuente: Rápidas VS 1

B.2.- HEC-RAS 4.0

B.2.1.- Inicio del programa.

Cuando se instala el programa suele aparecer en el menú de inicio bajo la sección “Programas”. Por consiguiente se crea un icono en el escritorio que tiene la siguiente apariencia.



Figura 57. Ícono del programa HEC-RAS 4.0

Fuente: HEC-RAS 4.0

B.2.2.- Sistema de Unidades.

Por defecto el programa trabaja con el sistema inglés, por lo que hay que cambiarlo. Una vez abierto HEC-RAS, se selecciona el menú OPTIONS y se realiza el cambio de sistema:

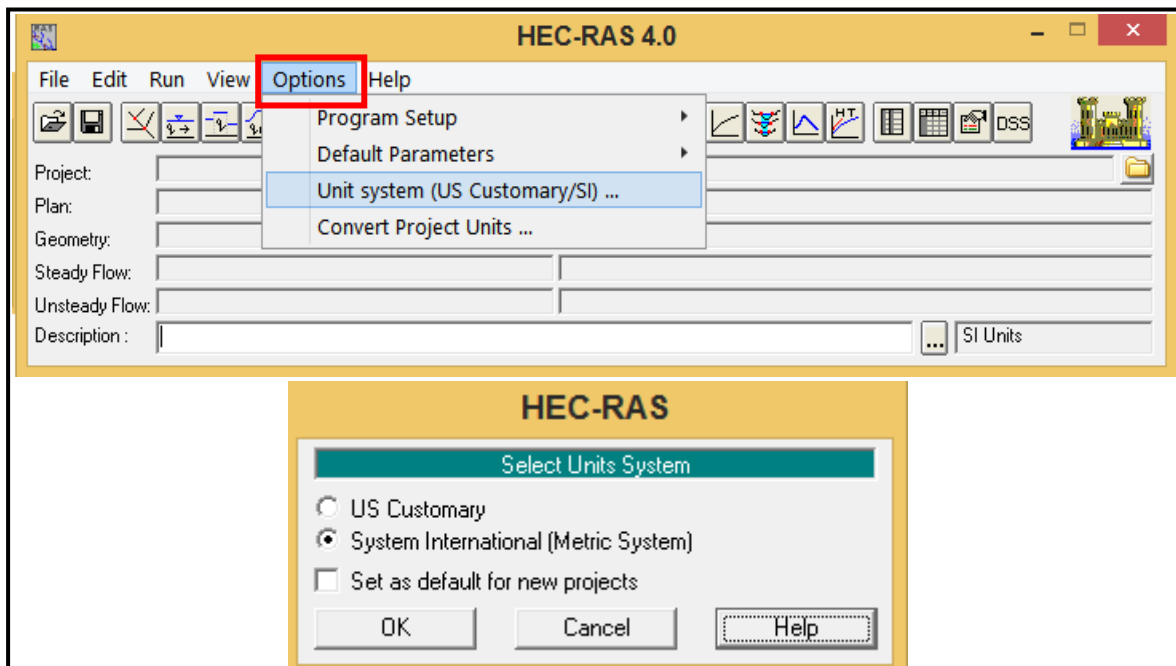


Figura 58. HEC-RAS 4.0- Ventana de “Select Units System”

Fuente: HEC-RAS 4.0

B.2.3.- Creación del Proyecto.

Desde el menú **FILE**, seleccionamos **NEW PROJECT**, y en la esquina inferior derecha aparece el Botón **CREATE FOLDER**. Pulsamos en él y creamos la carpeta **TESIS HEC RAS** y a ello poner el nombre del proyecto.

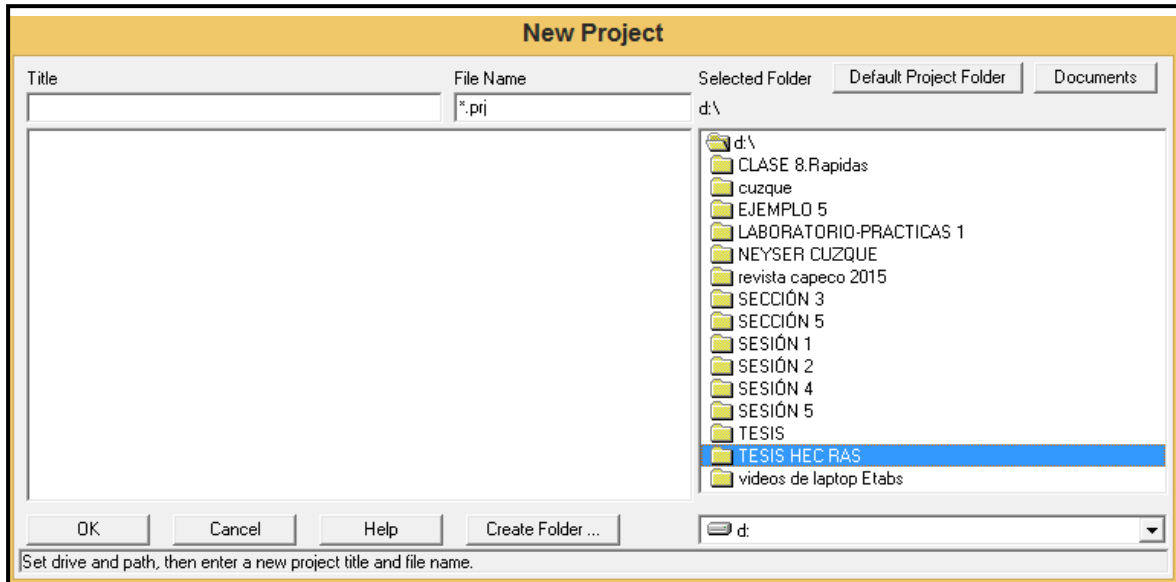


Figura 59. HEC-RAS 4.0- Ventana de creación de Proyecto “New project”
Fuente: HEC-RAS 4.0

B.2.4.- Introducción de los datos geométricos.

En el menú **EDIT**, seleccionamos **GEOMETRIC DATA**. Aparece el editor de datos geométricos: A continuación, se dibuja un esquema del río de forma aproximada. El dibujo debe ser de AGUAS ARRIBA hacia AGUAS ABAJO, y al final del dibujo, nos pide el nombre del río y el nombre del tramo.

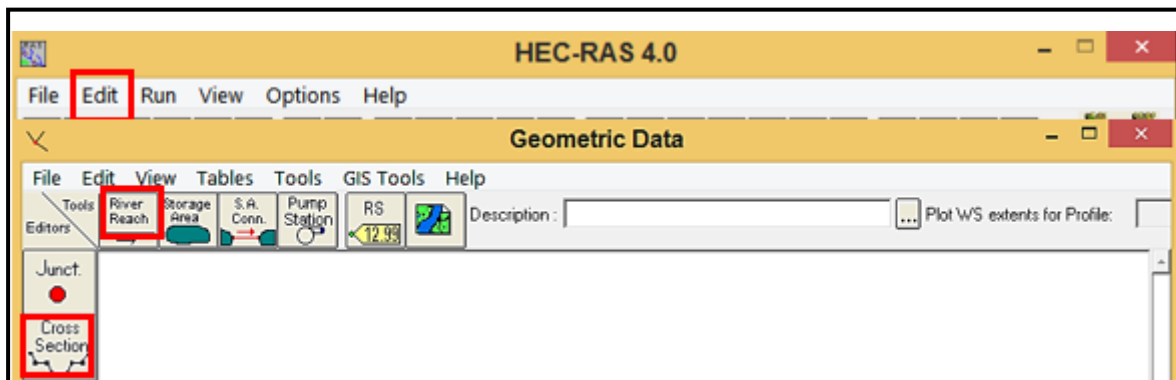
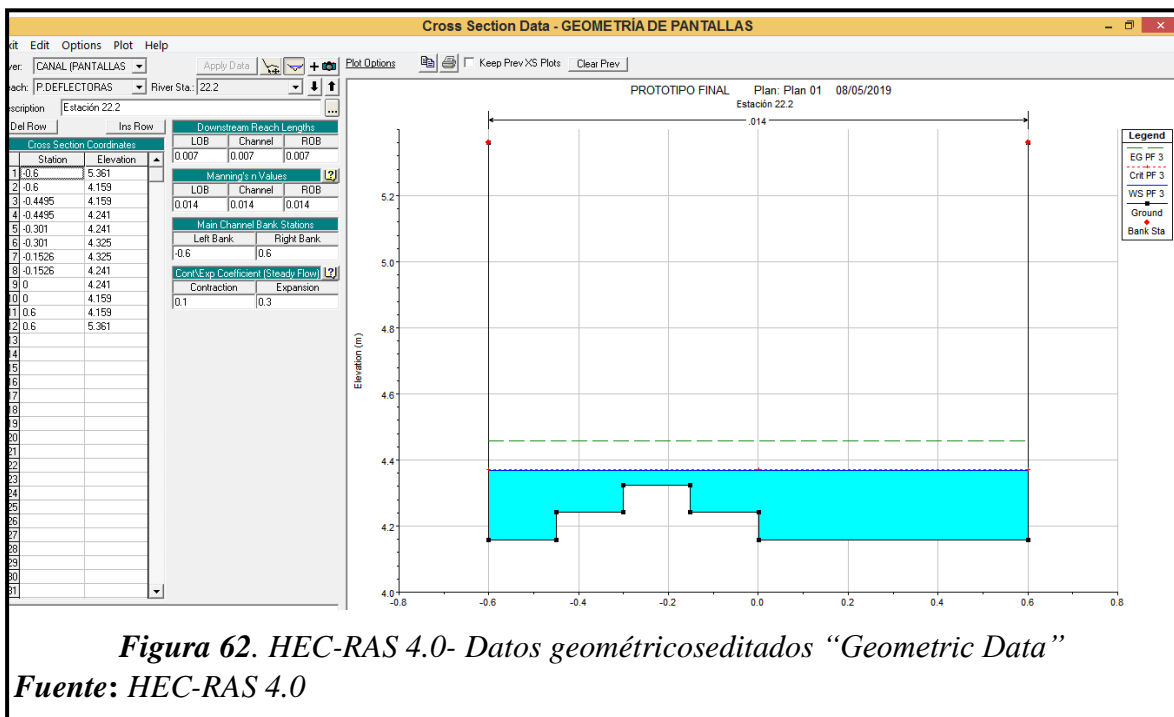
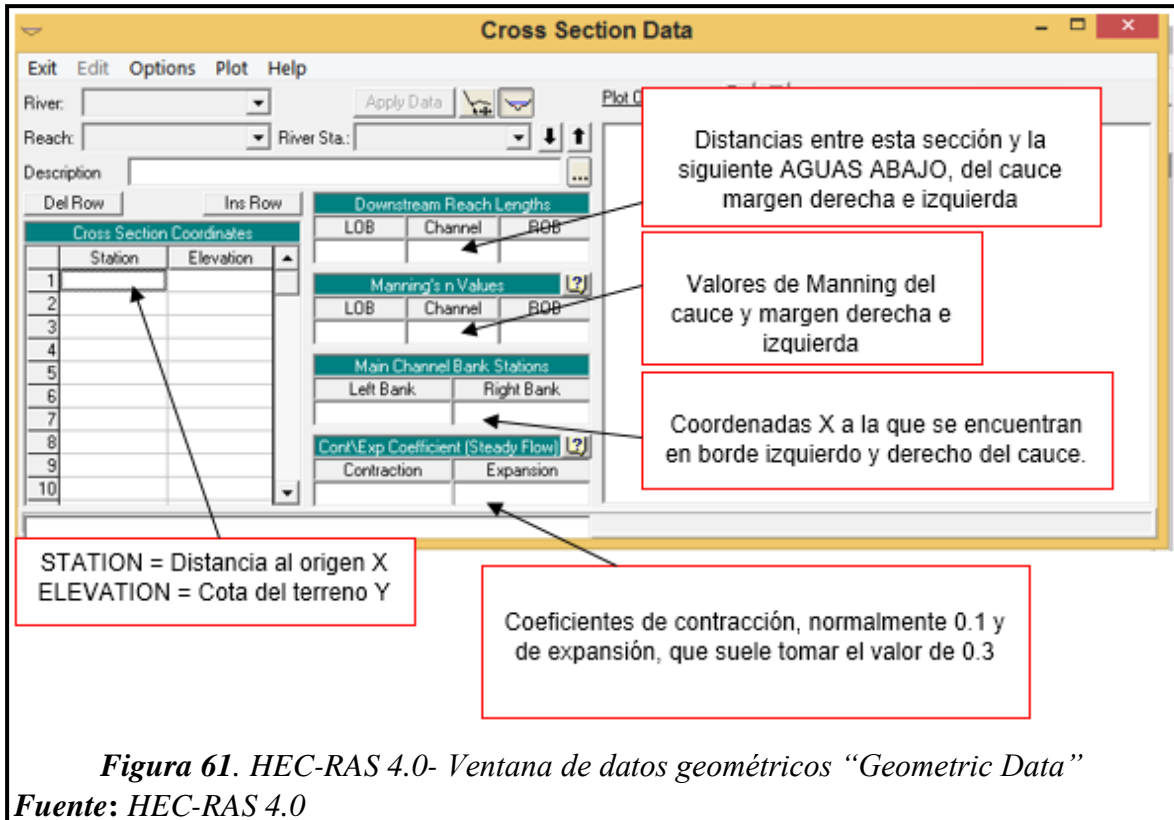


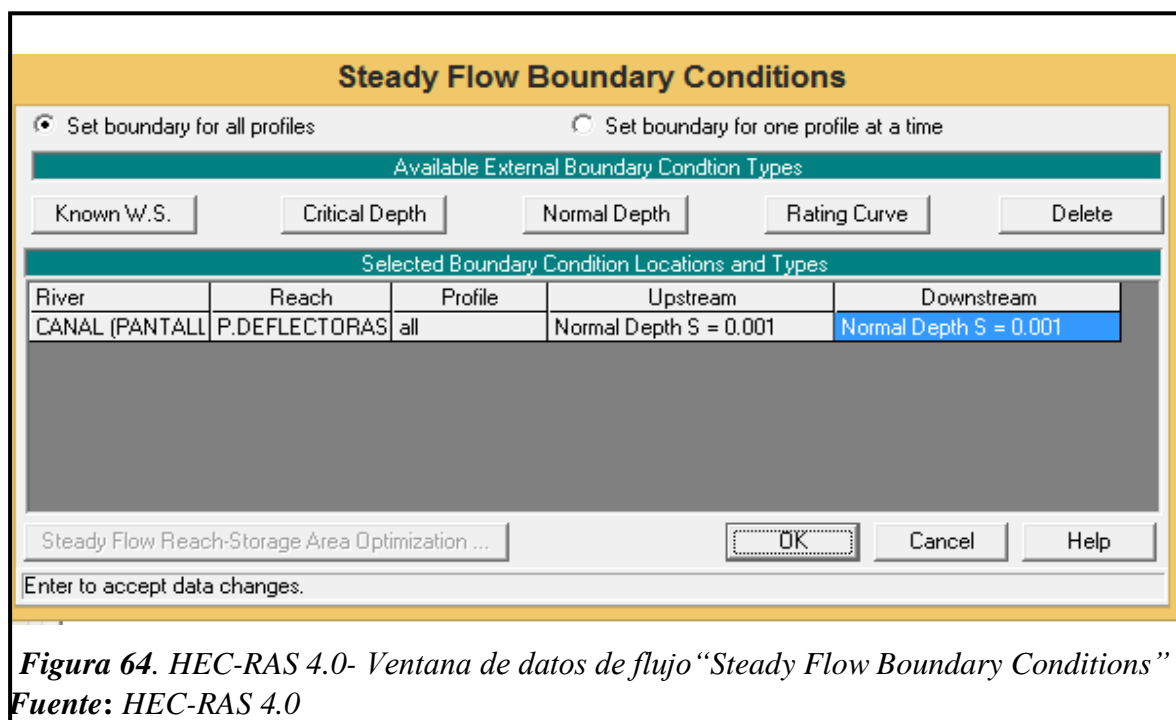
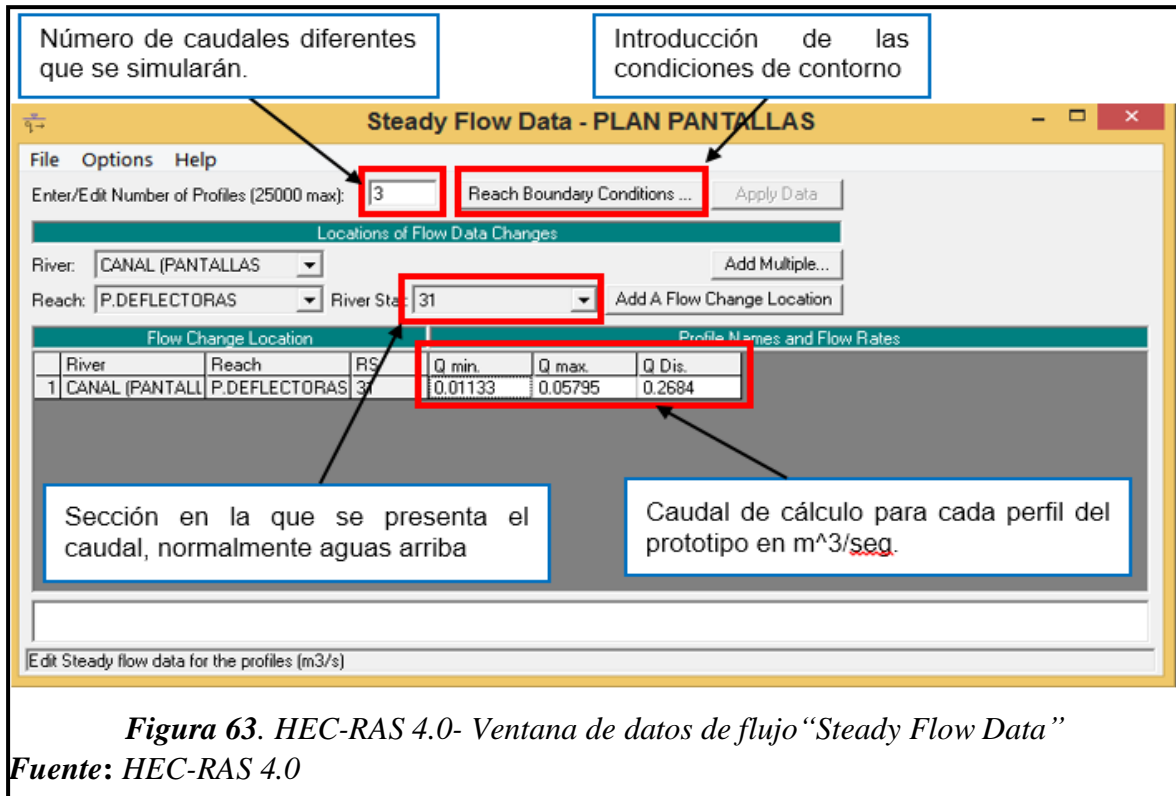
Figura 60. HEC-RAS 4.0- Ventana de datos geométricos “Geometric Data”
Fuente: HEC-RAS 4.0

Una vez creado nuestro croquis donde se está estudiando, se prosigue crear las secciones transversales. Por consiguiente, presionamos el Botón CROSS SECTION, nos aparecerá la siguiente ventana:



B.2.5.- Datos del flujo en régimen variado o estacionario

A continuación se describe los datos del flujo que necesita HEC-RAS. En el menú **EDIT** seleccionamos **STEADY FLOW DATA**. Se nos abrirá una pantalla como la que se presenta a continuación:



B.2.6.- Simulación

Ahora se prosigue desde el menú principal, seleccionando **RUN : STEADY FLOW ANALYSIS**, entramos en el menú de simulación:

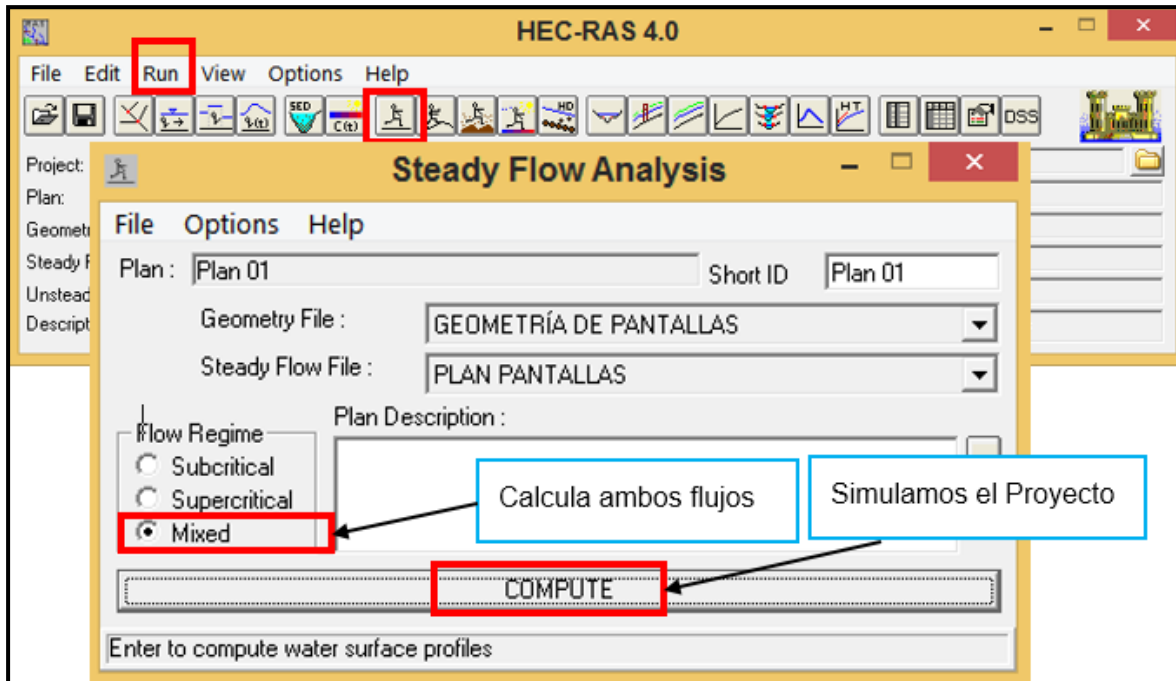


Figura 65. HEC-RAS 4.0- Ventana de simulación "Steady Flow Analysis"

Fuente: HEC-RAS 4.0

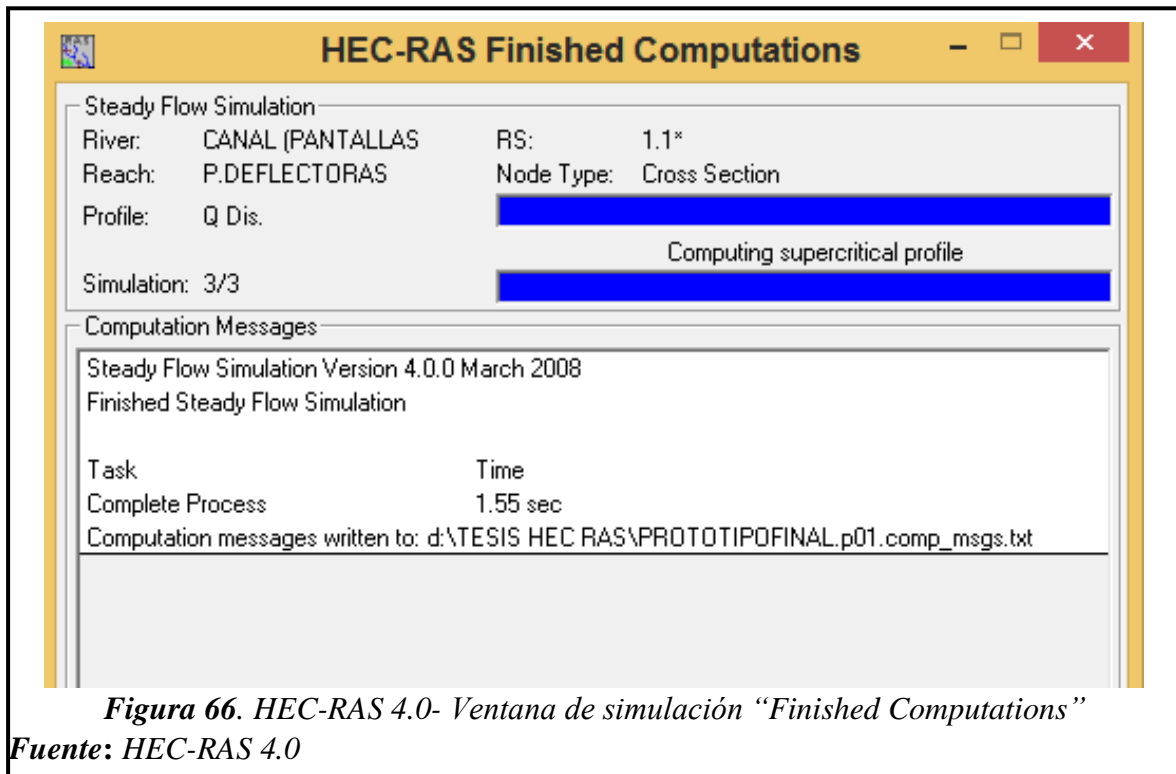
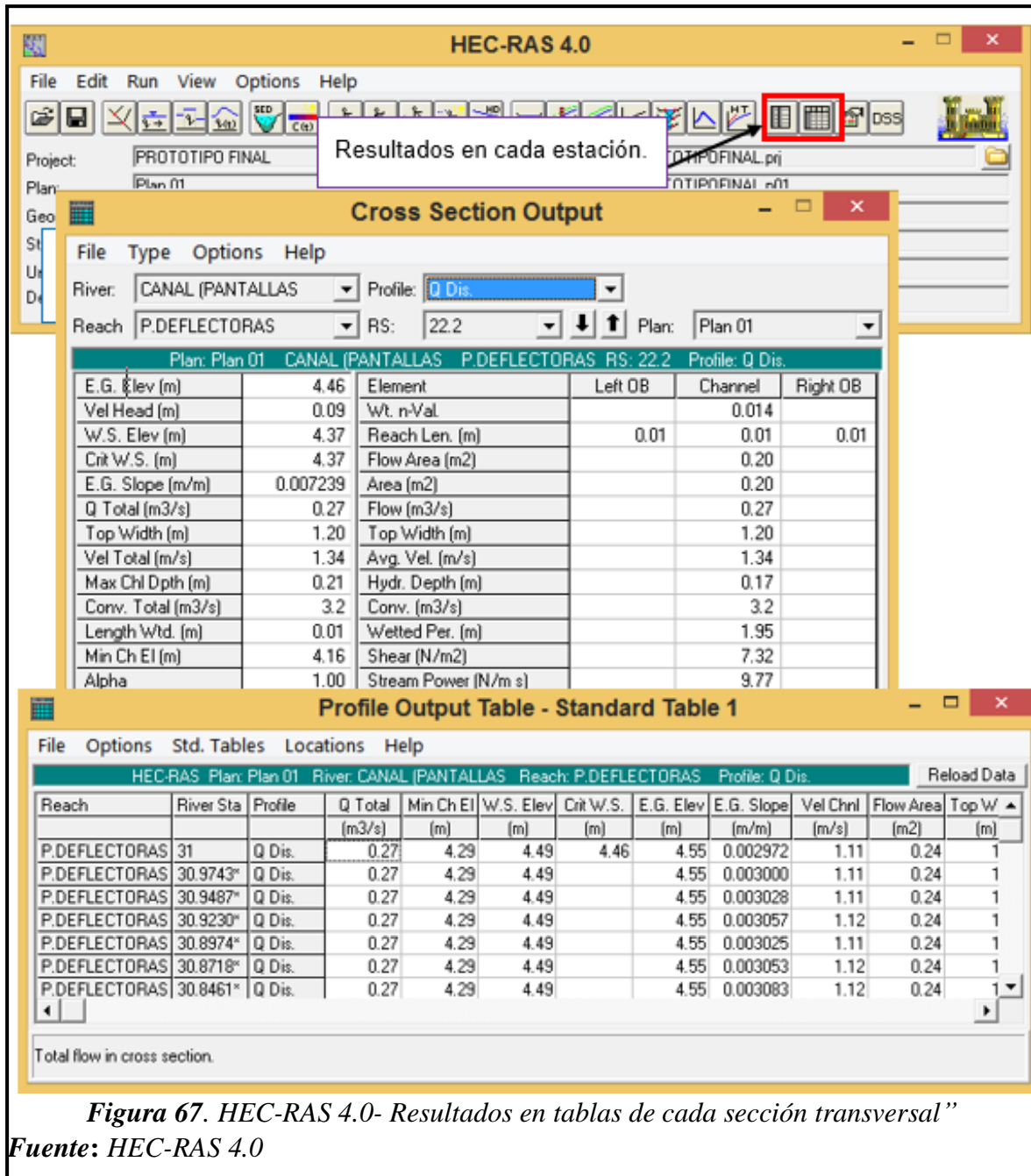


Figura 66. HEC-RAS 4.0- Ventana de simulación "Finished Computations"

Fuente: HEC-RAS 4.0

B.2.7.- Resultados.

Una vez terminada el modelamiento, se prosigue ir a la tabla de los resultados de cada estación.



B.2.7.1- Resultados en forma gráfica

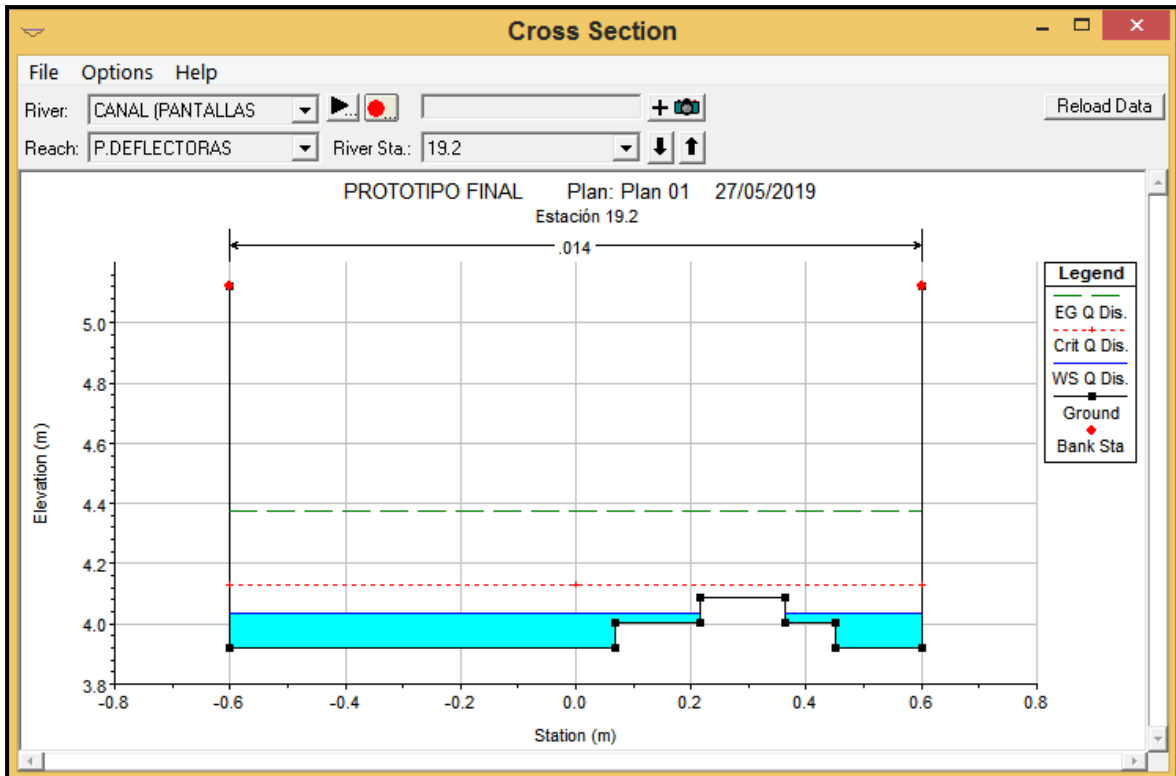


Figura 68. HEC-RAS 4.0- Corte de una sección transversal” Cross Section”
Fuente: HEC-RAS 4.0

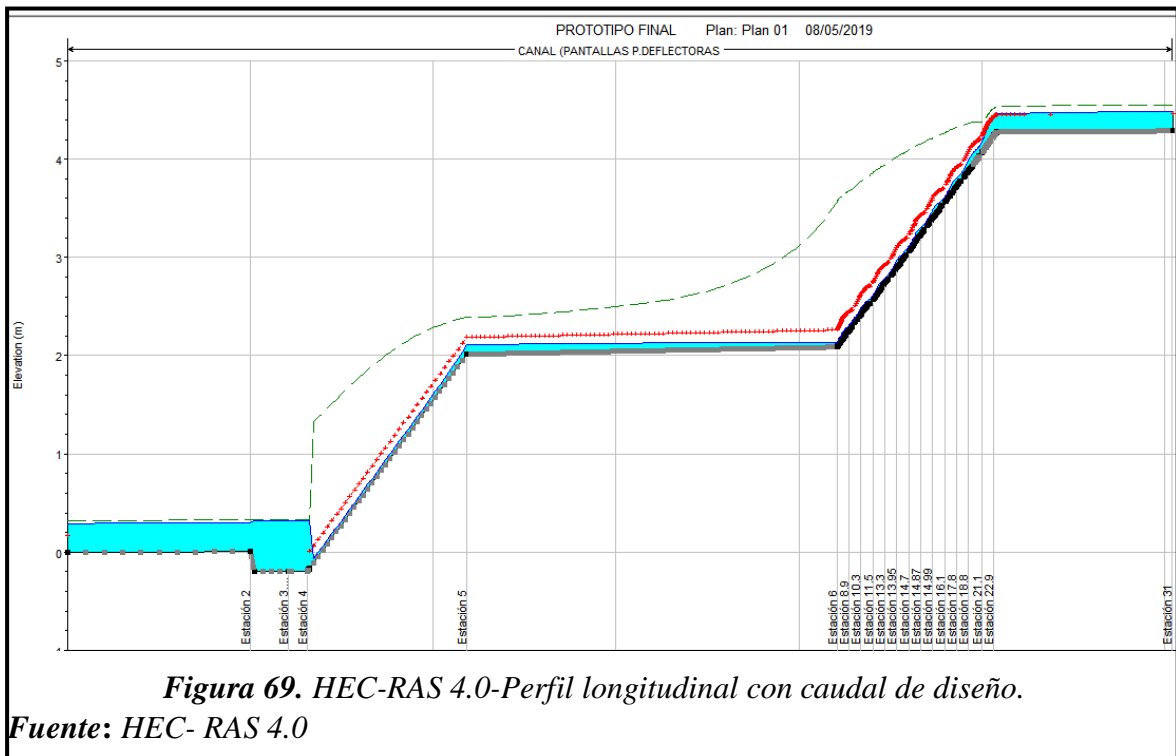


Figura 69. HEC-RAS 4.0-Perfil longitudinal con caudal de diseño.
Fuente: HEC-RAS 4.0

Esta podría ser la curva de gasto X e Y en el caso de que en esta sección existiera una estación de aforos

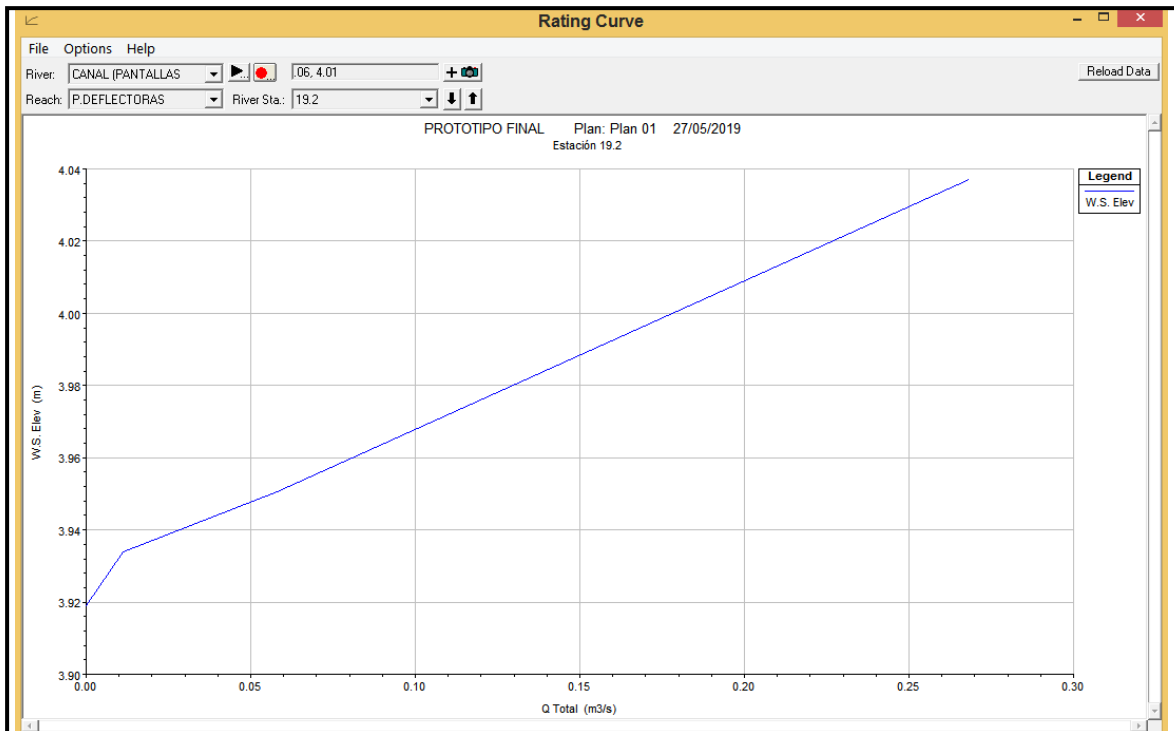


Figura 70. HEC-RAS 4.0-Curva de gasto. "Rating Curve"

Fuente: HEC- RAS 4.0

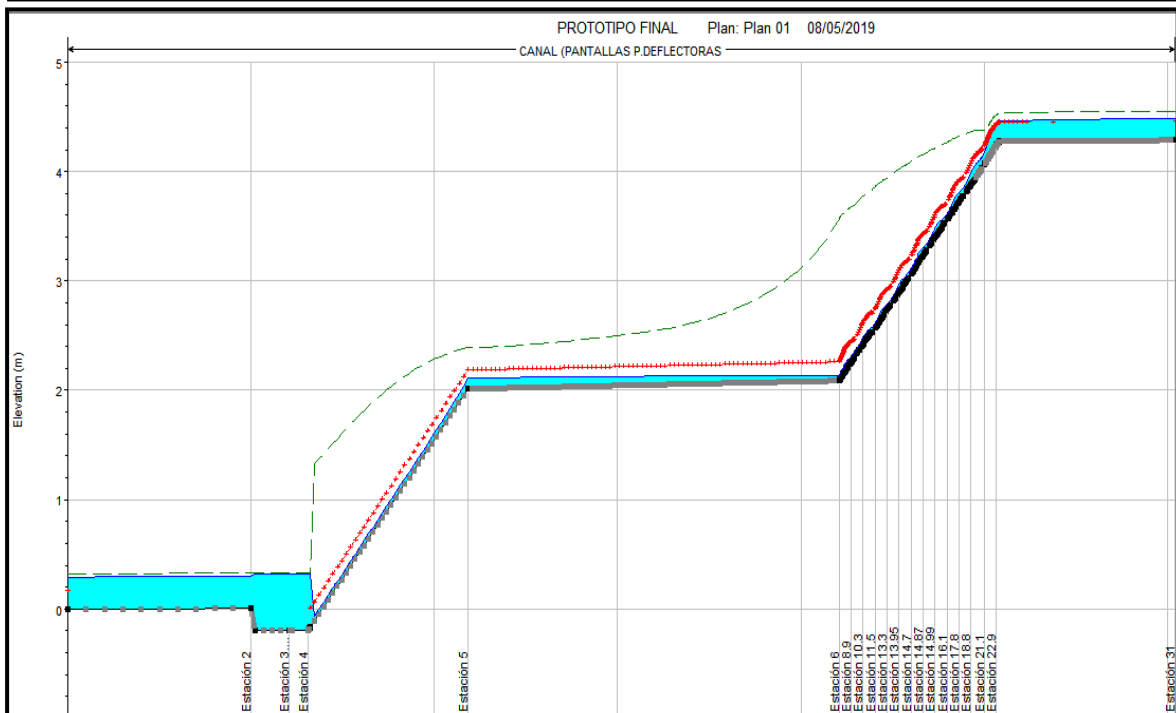


Figura 71. HEC-RAS 4.0-Perfil longitudinal con caudal de diseño.

Fuente: HEC- RAS 4.0

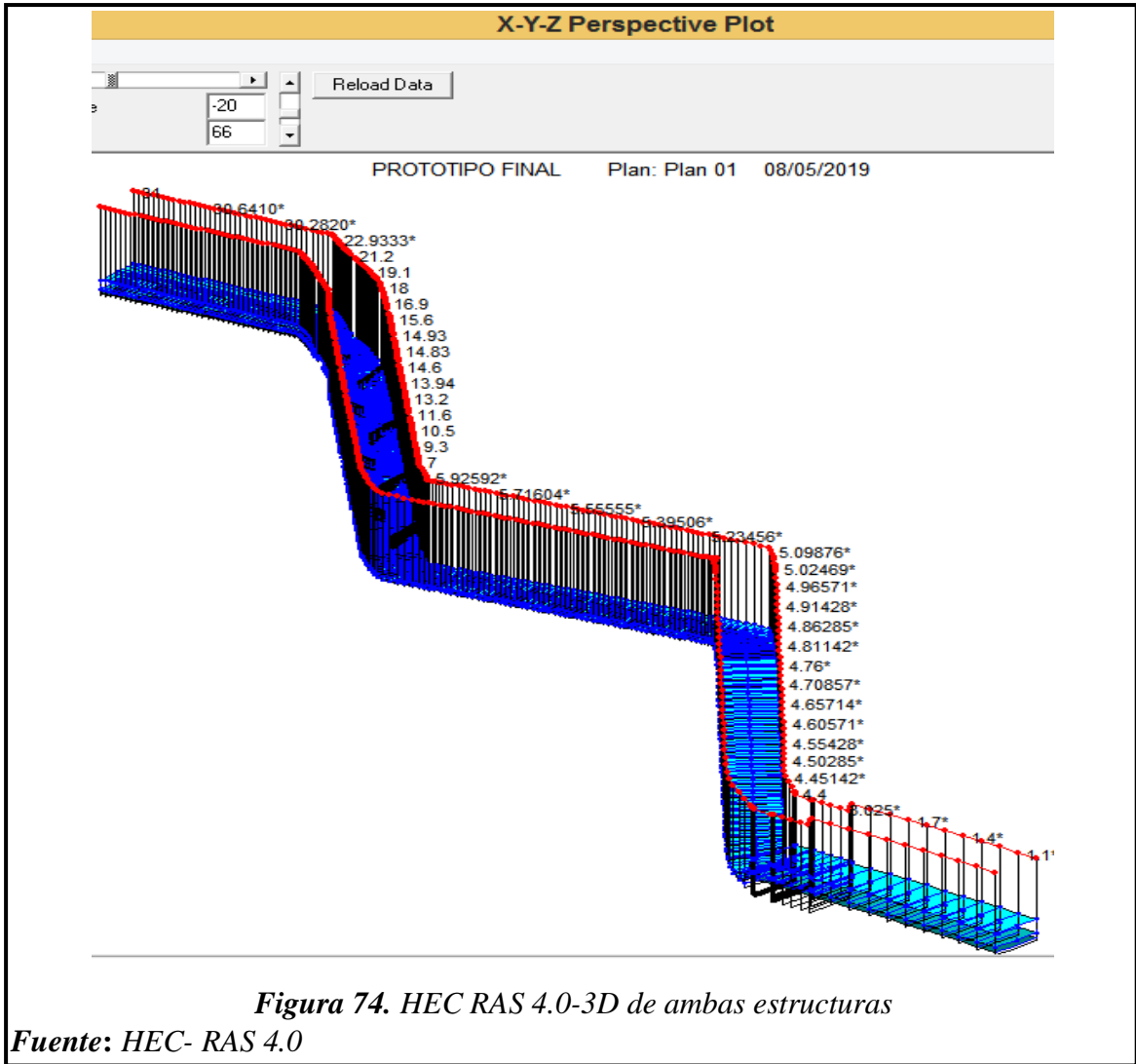


Figura 74. HEC RAS 4.0-3D de ambas estructuras

Fuente: HEC- RAS 4.0

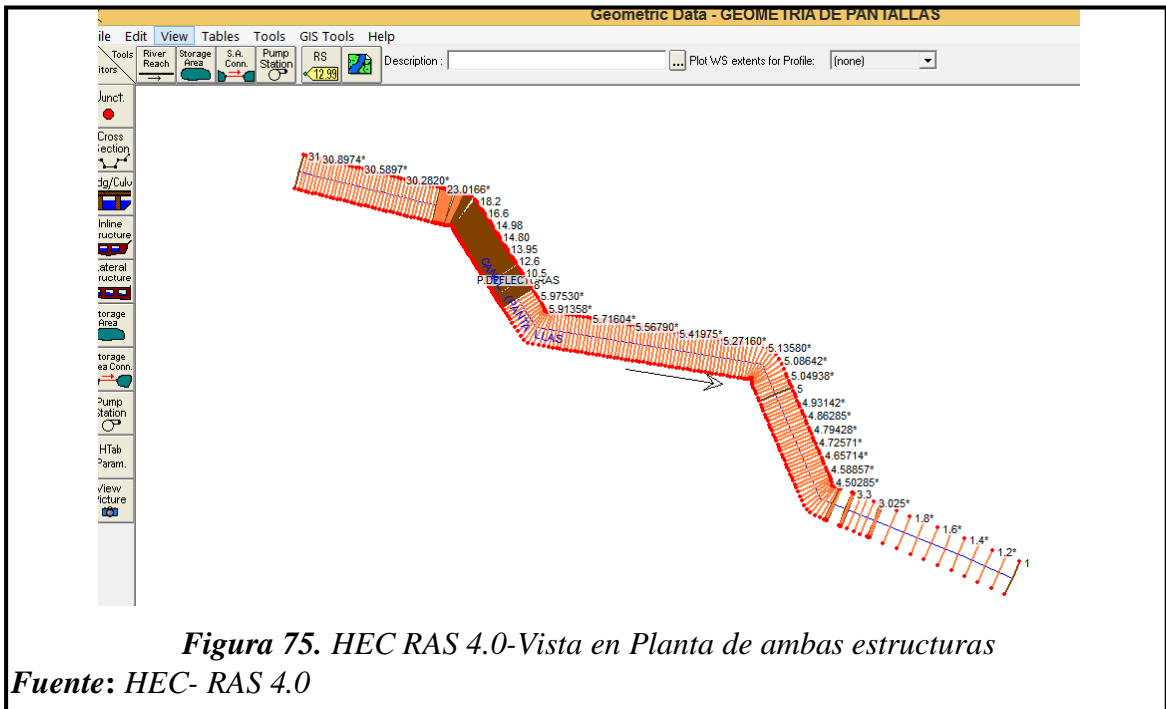


Figura 75. HEC RAS 4.0-Vista en Planta de ambas estructuras

Fuente: HEC- RAS 4.0

2.5.2.4. Conclusión de la evaluación económica del Modelo Físico Hidráulico

La parte económica comprendió todo respectivo de manera general su costo total, los recursos institucionales, recursos tecnológicos y otros recursos adicionales, ya que gracias a esos análisis se observará en cuanto estará valorizado este proyecto de tesis.

2.6. Criterios Éticos

2.6.1. Ética de la recolección de datos.

Se basó en el Manual de Criterios de diseños de Obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico, y en base a ello se realizó los formatos para el estudio Hidráulico.

Se obtuvo información del tema en estudio relacionado a la Hidráulica, de tal manera fue actualizada y confidencial.

2.6.2. Ética de la publicación.

Una vez obtenido el objetivo y propósito, se procedió a dar por concluido la tesis. De tal manera, esta información realizada sea de gran ayuda a las personas para posteriores estudios.

2.6.3. Ética de la aplicación.

Los que desean utilizar el desenlace o resultado, podrán aplicarlo en algún momento apropiado, teniendo como base, garantía y credibilidad en lo obtenido, generando comodidad y beneficios económicos y sociales

2.7. Criterios de Rigor Científico.

En el presente trabajo para confirmar los resultados se consideró los siguientes métodos.

- Trabajo realizado en el área de estudio.
- Separación periódica de la situación
- Credibilidad en sus resultados.
- Consistencia y conformidad con el análisis teórico.

CAPÍTULO III

RESULTADOS

3.1. Análisis del tipo de disipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%.

3.1.1. Selección del disipador

Como se observó, que cuando un caudal circula por una determinada estructura Hidráulica, sea túneles, vertederos, canales y entre muchas otras, estos abarcan altas velocidades, presiones, gran abundancia de energía y mucho poder destructivo trayendo como consecuencias de erosión del concreto al pie del canal en aguas abajo, poniendo en peligro la estabilidad, el equilibrio y la firmeza de la estructura Hidráulica. Por consiguiente se urge la colocación de disipadores de energía para la reducción de estos inconvenientes.

Para la selección del tipo de disipador se tuvo las siguientes consideraciones:

1. Energía de la corriente.
2. Economía y mantenimiento
3. Efecto de las supresiones

Para el dimensionamiento de este disipador y permita tener un mejor diseño, se seleccionó de acuerdo a las características necesarias que se requiere según el Manual vigente de Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico y de la Bureau Of Reclamation, que proporcionó una fuente de información que servía de guía para diseñar eficientemente dicha estructura.

También se eligió del Manual de diseño Hidráulico de canales y obras de arte, que guardó mucha relación con los criterios de diseño para la investigación señalada anteriormente, como es la transición de la zona de entrada, la sección de control, el conducto inclinado y el colchón amortiguador.

Del mismo modo se analizó los disipadores de energía existentes como son: rápidas, caída inclinada, disipador de rejillas, disipador con bloques de impacto, escalones, poza disipadora, pozos de caída libre, salto esquí, tanques amortiguadores, entre otros.

Por último, se finalizó con el disipador seleccionado para el desarrollo de esta tesis ya teniendo todo en claro, cuales son ventajas y desventajas que podría traer este disipador,

cuyo nombre es PANTALLAS DEFLECTORAS aplicado en un canal con pendiente de 50%.

3.1.2. Análisis del disipador seleccionado.

Ya habiendo tenido conocimiento el punto anterior, se analizó una estructura que guarde mucha relación con lo que se desea hacer con esta tesis en desarrollo, por lo tanto se determinó con la estructura Hidráulica de una caída inclina.

Como resumen general que permitió la elección de dicha estructura, es que uno de los criterios generales, es cuando el desnivel ($H \leq 4.00\text{m}$) se presenta en una longitud horizontal muy corta se utiliza una caída vertical o inclinada. Si por el contrario, si la distancia horizontal tiene cierta importancia comparada con el desnivel ($H > 4.00\text{m}$) resulta de una rápida.

Para mayor comparación en sus resultados, se siguió su pre dimensionamiento de análisis en su diseño de ambos manuales, tanto del Manual vigente de Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico.

3.1.2.1. Canal con pantallas deflectoras.

Es un canal de sección rectangular y fondo liso que incluye pantallas deflectoras alternadas colocadas a 45° . Cuando el caudal es pequeño lo reduce la velocidad es decir que no rebase la altura de las pantallas, y si el caudal es grande actúan como grandes rugosidades permitiendo la disipación de la energía en el fondo del canal.

En la mayoría es aplicable para pendientes entre 10% y el 50%, que evita velocidades mayores y entrega el flujo con energía disipada o reducida, sea cual fuere las dimensiones del canal y la diferencia de cotas entre sus puntos.

3.2. Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.

El canal pre dimensionado se basó al Manual vigente de Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento

hídrico y del Manual de diseño Hidráulico de canales y obras de arte. (Universidad Nacional de Ingeniería).

3.2.1. Características del Modelo Físico.

Para llegar a las medidas específicas de las dimensiones del canal se usó la misma escala tanto horizontal como vertical.

Tabla 9. Resumen de características del canal con caída Inclined

DETALLE	VALOR
*Factor de escala	
Escala Horizontal.	: 1:15
Escala Vertical	: 1:15
*Ámbito de dimensiones.	
Dimensión real	: (m)
Dimensión del modelo.	: (cm)
*Altura de canal	
Aguas arriba	: 4.00cm
Aguas abajo	: 7.60cm
*Ancho	: 8.00 cm
*Talud de inclinación de rampa	: Z= 2.00

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 10. Resumen de características del canal con pantallas deflectoras

DETALLE	VALOR
*Factor de escala	
Escala Horizontal.	: 1:15
Escala Vertical	: 1:15
*Ámbito de dimensiones.	
Dimensión real	: (m)
Dimensión del modelo.	: (cm)

*Altura de canal		
Aguas arriba	:	4.00cm
Aguas abajo	:	4.00m
*Ancho	:	8.00cm
*Talud de inclinación de rampa	:	2.00

Fuente: *Elaboración propia*

*Parámetros de diseño obtenidos del ítem (2.5.2.2.3 elección de escalas)

Como se observó anteriormente en las tablas 9 y 10, se presentó las dimensiones principales que se obtuvo según el cálculo teórico que se realizó con el programa Excel.

3.2.2. Resumen de Velocidades con aplicación Práctico y con Software.

Se calculó las velocidades con las cuatro variables para disminuir en el rango establecido de 0 a 1 m/seg, cumpliendo así solo para la variable 4 con un caudal mínimo de 0.78 lt/min y un caudal máximo de 3.99 lt/min, dicho esto no cumple para el caudal de diseño o mayores al caudal máximo.

Tabla 11. *Resumen de velocidades prácticos y con Hec-Ras*

ESTRUC- TURAS	VELOCI- DADES	Velocidades prácticos (m/seg)			Velocidad con Software escalado (m/seg)		
		Caudal Mínimo	Caudal Máximo	Caudal Diseño	Caudal Mínimo	Caudal Máximo	Caudal Diseño
		0.00001	0.00007	0.0003	0.00001	0.00007	0.00031
P. DEFLEC- TORAS	Vo	0.07	0.15	0.30	0.07	0.15	0.29
	Vc	0.11	0.16	0.33	0.11	0.18	0.32
	V1	0.16	0.33	0.49	0.18	0.85	1.37
	V2	0.12	0.28	0.37	0.16	0.33	0.73
C. INCLI- NADA	Vo	0.12	0.28	0.37	0.16	0.33	0.73
	Vc	0.16	0.33	0.37	0.16	0.31	0.61
	V1	0.23	0.51	0.84	0.37	0.80	1.35
	V2	0.01	0.04	0.11	0.01	0.04	0.11
	V3	0.06	0.14	0.22	0.06	0.12	0.20
	Vn	0.06	0.14	0.22	0.06	0.12	0.20

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 11 se puede apreciar que las velocidades máximas y mínimas son favorables y están dentro del intervalo de 0 a 1 m/seg.

3.3. Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura en determinada pendiente.

Con los resultados de los ensayos hidráulicos (4 variables) que se efectuó para ambas estructuras, se procedió a la comparación de sus resultados, por lo cual se encontró que en ambas estructuras disipan gran cantidad de energía para una pendiente de inclinación máxima de 50%, por ende para su correcto funcionamiento del modelo físico de las pantallas deflectoras solo cumplen para ciertos caudales conocidos de Modelo con un caudal máximo 3.99 lt/min y caudal mínimo de 0.78 lt/min (ver Anexos1.15)

3.3.1. Resultados de tirantes con aplicación Práctico y con Software.

A continuación se presenta un resumen general en las siguientes tablas 12 y 13 de lo que se obtuvo de los resultados de dicho ensayo.

Tabla 12. Tirantes para Caudal Máximo de 3.99 lt/min.

TIRANTES	PANTALLAS DEFLECTORAS (Cm)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
Yn	0.53	0.56
Yc	0.47	0.51
Y1	0.07	0.25
Y2	0.27	0.30

TIRANTES	CAÍDA INCLINADA (Cm)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
Yn	0.27	0.30
Yc	0.27	0.25
Y1	0.13	0.16
Y2	2.13	1.93

Y3	0.73	0.60
Yn	0.73	0.60

Fuente: *Elaboración propia*

Tabla 13. Tirantes para Caudal Mínimo de 0.78 lt/min.

TIRANTES	PANTALLAS DEFLECTORAS (Cm)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
Yn	0.20	0.23
Yc	0.13	0.15
Y1	0.07	0.10
Y2	0.13	0.13

TIRANTES	CAÍDA INCLINADA (Cm)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
Yn	0.13	0.13
Yc	0.13	0.10
Y1	0.07	0.07
Y2	1.67	1.48
Y3	0.27	0.25
Yn	0.27	0.25

Fuente: *Elaboración propia*

3.3.2. Resultados de Energías con aplicación Práctico y con Software.

A continuación se presenta un resumen general de Energías en las siguientes tablas 14 y 15 de lo que se obtuvo de los resultados de dicho ensayo.

Tabla 14. Energías para Caudal Máximo de 3.99 lt/min.

TIRANTES	PANTALLAS DEFLECTORAS (m)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
En	0.006	0.007
Ec	0.006	0.006
E1	0.038	0.008
E2	0.008	0.007

TIRANTES	CAÍDA INCLINADA (m)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
En	0.008	0.007
Ec	0.007	0.008
E1	0.034	0.015
E2	0.021	0.019
E3	0.008	0.007
En	0.008	0.007

Fuente: *Elaboración propia*

En las tabla anteriores 14, se muestra los resultados de Energías con los dos tipos de análisis con software y práctico realizado para las pantallas deflectoras y para una caída inclinada con un caudal máximo de 3.99 lt/min.

Tabla 15. Energías para Caudal Mínimo de 0.78 lt/min.

TIRANTES	PANTALLAS DEFLECTORAS (m)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
En	0.002	0.003
Ec	0.002	0.002
E1	0.002	0.002
E2	0.003	0.002

TIRANTES	CAÍDA INCLINADA (m)	
	SOFTWARE	PRÁCTICO
En	0.003	0.002
Ec	0.003	0.002
E1	0.008	0.003
E2	0.017	0.015
E3	0.003	0.003
En	0.003	0.003

Fuente: *Elaboración propia*

En las tabla anteriores 15, se muestra los resultados de Energías con los dos tipos de análisis software y práctico realizado para las pantallas deflectoras y para una caída inclinada con un caudal máximo de 0.78 lt/min.

3.4. Conclusión de la evaluación económica del Modelo Físico Hidráulico para un caudal de diseño de $0.2684 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$.

El presupuesto del Modelo Físico Hidráulico, se calculó en base a todos los gastos realizados y los materiales necesarios para el diseño, de tal manera se detallan en una tabla los insumos utilizados en el modelo físico. El caudal del modelo físico que se diseñó con 18.48lt/min.

3.4.1. Insumos necesarios para el modelo físico hidráulico

Tabla 16. Insumos utilizados en el modelo

DETALLE	CANTIDAD	VALOR (S/)	TOTAL
Mesa Soporte	1	300.00	300.00
Tablero Multiplaca 1.22 x 2 .44 X 6mm	2	150.00	300.00
Apoyos Laterales	4	15.00	60.00
Tanque de Almacenamiento con vidrio 5.5 mm	6	30.00	180.00
Plancha de Acrílico.	1	200.00	200.00
Corte Láser Acrílico	1	100.00	100.00
Perfiles	2	15.00	30.00
Silicona	2	15.00	30.00
Bomba	1	70.00	70.00
Botonera 15 A	1	5.00	5.00
Tubo PVC	1	8.00	8.00
Codo PVC 90° de 1"	3	1.00	3.00
Tee PVC 1"	1	1.00	1.00
Adaptador de Tanque 1	4	5.00	20.00
Válvula de Bola	2	8.00	16.00
Unión PVC	2	1.00	2.00
Teflón	2	5.00	10.00
Tubo/ Vinil 1"	1	8.00	8.00
Manguera Flexible	1	10.00	10.00
Abrazaderas	4	0.50	2.00
Cables	2	15.00	30.00
Enchufe Polarizado	1	1.00	1.00
Pegamento para tubería.	1	15.00	15.00
Corta sierra	1	5.00	5.00
Pegamento Sika Max Tack.	1	15.00	15.00
Aplicador de Silicona	1	15.00	15.00
Ángulos de 1!2"	5	5.00	25.00

Lijas de diferentes números	1	10.00	10.00
Unión y niples	1	8.00	8.00
		Total	1471.00

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 16, se muestra todos los materiales que se utilizó para la elaboración de dicho modelo Físico, por el cual son necesarios para llegar a la meta propuesta.

3.4.2. Recursos Tecnológicos.

El siguiente presupuesto de material tecnológico se utilizó

Tabla 17. *Detalle utilizados en el modelo físico*

DETALLE	CANTIDAD	VALOR (S/)	TOTAL
Internet	1	70.00	70.00
Impresiones a color y anillados	1	400.00	400.00
Impresiones a B/N y anillados	1	400.00	400.00
		Total	870.00

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 17, se mostró el detalle Tecnológico que fueron necesarios para la elaboración de dicho modelo Físico, es decir en el tema de presentación de la teoría física de esta investigación.

3.4.3. Projectista

Tabla 18. *Gastos del proyectista*

DETALLE	MESES	HORAS	VALOR (S/)	TOTAL
Proyectista	8	8	15.00	960.00
			Subtotal	960.00

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 18, se detalla los gastos generados por el proyectista durante toda la duración del proyecto.

3.4.4. Otros Recursos.

Tabla 19. Insumos utilizados en el modelo

DETALLE	CANTIDAD	VALOR (S/)	TOTAL
Transporte	1	300.00	300.00
Personal	6 días	70.00	420.00
Asesoría	1	500.00	500.00
	Subtotal		1220.00

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 19, se mostró el detalle de otros recursos utilizados del transporte, personal y asesoría durante los 8 meses de duración de la investigación

3.4.5. Recursos Financieros.

Tabla 20. Insumos utilizados en el modelo

Materiales	1471.00
Tecnológicos	870.00
Proyectista	960.00
Otros recursos	1220.00
Total s/.	4521.00

Fuente: *Elaboración propia*

En la tabla 20, se mostró el detalle total de las tablas descritas anteriormente, por el cual muestra el total de detalle económico total que se utilizó en este modelo físico.

CAPITULO IV

DISCUSIÓN

4.1. Discusión de resultados.

4.1.1. Análisis del tipo de dissipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%.

La diversidad de dissipadores de energía en Obras Hidráulicas, fue la fuente clave para analizar el tipo de dissipador seleccionado para esta presente investigación, de tal manera al elegir se pueda diseñar y disipar la energía en determinada pendiente.

Según las características en que fueron analizadas y las funciones que debe cumplir el dissipador seleccionado, cumple con los requisitos mínimos establecidos en el Manual vigente de Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico, de la Bureau Of Reclamation, y del Manual de Diseño Hidráulico de canales y Obras de Arte (Universidad Nacional de Ingeniería).

4.1.2. Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.

Sus peculiaridades del dissipador de energía como se muestra en la tabla 9 y 10, respetan a los parámetros seleccionados del Manual vigente de Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico y la Bureau of Reclamation, tal es el caso que se ha diseñado con las características de una caída inclinada por ser menor de 4.00 m y dichos manuales así lo especifican esa determinada altura.

La escala seleccionada fue tomada teniendo en cuenta las dimensiones del equipo de recirculación. Un punto vale mencionar también, que la escala que se eligió fue de 1:15, de manera que se requería hacer sus dimensiones y cumplir con los parámetros de diseño Hidráulico donde cumple con el libro de Técnicas de Modelación Hidráulica de Miguel A. Vergara S.

Otra característica que es clave para su diseño, es la inclinación que muestra su talud, por el cual, se diseñó también de acuerdo al rango que lo especifican dichos manuales. Su talud es de 1:2

En cuanto a la altura y ancho del canal, son de dimensiones variables y todos sus valores están expresados en centímetros.

Para el diseño de su borde libre se ha considerado de acuerdo a Máximo Villón Béjar, el borde libre mínimo de acuerdo al ancho de plantilla del canal, ya que observando su resultado que se obtuvo, puede traernos consecuencias de derrumbamiento de las paredes de la estructura del canal. Su borde libre es de 0.5 m.

La variable 4 cumple con el rango establecido en el objetivo de velocidades de 0 a 1 m/seg como muestra la tabla 11, con los caudales máximos y mínimos por la cual dichos caudales la estructura tendría un buen funcionamiento

4.1.3. Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura en determinada pendiente.

De los resultados obtenidos que se pueden apreciar las tablas 11, 12, 13, 14 y 15, se observa las velocidades y las energías de las pantallas deflectoras que presenta con ciertos caudales determinados mínimo y máximo, de tal manera se logra llegar al objetivo de disminuir la erosión en el concreto aguas abajo del canal. Por lo tanto se optaría por las pantallas deflectoras con dimensiones de la variable 4.

La pendiente que se diseñó la inclinación de la estructura, cumplen con los Manuales presentes en este diseño con una pendiente del 50% de acuerdo como lo determinan esos documentos de información.

4.1.4. Conclusión con la evaluación económica del Modelo Hidráulico para un caudal de diseño de $0.2684 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$.

Toda investigación se eleva su costo en cuanto a la envergadura que lo compone, y de acuerdo también a sus características, materiales y componentes que lo contrarrestan.

Este Modelo Físico se realizó de Lucita o más conocido también con el nombre comercial de acrílico o metacrilato, dicho material se eligió de acuerdo a su rugosidad escalada como menciona el libro Introducción a los Modelos Hidráulicos de Fondo Fijo y a la Ingeniería Experimental (Aldape, 1996)

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Análisis del tipo de dissipador seleccionado que ayude a disminuir la energía para una pendiente del 50%.

La selección del dissipador fueron obtenidos de las distintas bibliografías que existen, que son normadas, actualizadas y adecuadas a la rama de la Hidráulica.

Se realizó varios pasos a seguir para una buena y correcta elección de todos los dissipadores que existen y guarden relación de lo que se está buscando.

Otro motivo de selección, fue que no existe ese tipo de dissipador que esté comprobado y por lo tanto se analizó el dissipador con pantallas deflectoras en una pendiente mayor del 50%.

5.1.2. Aplicación del modelo físico hidráulico para disminuir la velocidad del caudal aguas abajo en un rango de 0 a 1 m/seg.

Todas las características de los canales en estudio (tabla 9 y 10), obedecen a los parámetros proporcionados por el Manual de la Bureau of Reclamation. Según ello, el canal se diseñó con los parámetros de una caída inclinada por ser menor a 4m.

Con las dimensiones de la variable 4 se logra disminuir las velocidades y energías, por lo tanto si se encuentran dentro del rango de velocidades de 0 a 1 m/seg, es decir, solo para el caudal máximo 3.99 Lt/min y caudal mínimo 0.78 Lt/min según se puede apreciar en la tabla 11.

5.1.3. Comparación de los resultados y obtención de la mejor estructura que ayude a disipar la energía en determinada pendiente.

Ya finalizado se pudo analizar que cuando se utiliza pantallas deflectoras con distancias menores con mayor cantidad de dissipadores, se puede reducir la energía y la velocidad del caudal puede disminuir. Pero en cambio si se utiliza las pantallas con distancias un poco mayores y por ende obtendremos menos cantidad de dissipadores, la velocidad y la energía aumenta.

Se trabajó con 4 variables de dimensiones distintas de pantallas deflectoras y con 6 caudales diferentes para observar su comportamiento de como actuaban en cada una de ellas, en lo cual quedando con la variable 4 que se disipa más su energía del caudal en una pendiente del 50%.

Finalmente se optaría por las pantallas deflectoras, pero hay una desventaja de este dissipador en cuanto a su construcción, se eleva un poco su costo, pero por el contrario la ventaja que presenta que aumenta mayor período de vida útil de la estructura Hidráulica y disipa más energía.

5.1.4. Conclusión con la evaluación económica del Modelo Hidráulico para un caudal de diseño de $0.2684 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$.

Para toda investigación se tiene un cierto presupuesto económico que garantiza su valorización en cuanto a su generación de egresos, acumulándose un total con los diferentes recursos que fueron necesarios para la culminación de esta investigación.

El costo de la investigación se eleva en cuanto al caudal de diseño, es decir, cuando se trabaja con caudales mucho mayores al de la presente investigación, las medidas del Modelo Físico se incrementarían por ende se utilizaría mayor cantidad de materiales. El caudal del modelo físico que se diseñó fue con 18.48 lt/min.

RECOMENDACIONES

Según lo obtenido en la presente investigación, se recomienda:

- a) Realizar ensayos hidráulicos con diferentes caudales.
- b) Obtener un equipo regulador de caudales.
- c) Aforar siempre el caudal de llegada, de esa forma se observará que caudal circulará en el modelo físico.
- d) Comparar siempre el análisis con software, teórico y práctico.
- e) Utilizar la escala más recomendada que no distorsione sus dimensiones.
- f) Ser precisos en sus dimensiones del modelo.
- g) Experimentar mediante la recreación con los diferentes tipos de flujo que se pueden presentar en el canal para futuras investigaciones.

CAPITULO VI
REFERENCIAS

- AGUA, A. N. (2010). *MANUAL: CRITERIOS DE DISEÑOS DE OBRAS HIDRAULICAS PARA LA FORMULACION DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES Y DE AFIANZAMIENTO HIDRICO*. Lima.
- Aldape, G. E. (1996). *Introducción a los modelos Hidráulicos de fondo fijo y a la ingeniería experimental*. México: ISBN:Universidad Autónoma de México.
- Chow, V. T. (1994). *Hidráulica de Canales Abierto*. Colombia: Martha Edna Suárez R. Ingeniería., U. M. (1997). *Manual de diseño Hidráulico de canales y oras de arte*. Lima.
- Sánchez, M. A. (1993). *Técnicas de Modelación Hidráulica*. México: Alfaomega.
- Guillermo, F., & Ortiz, O. (2010). *ENERGÍA , COMO AYUDA DE APRENDIZAJE DE LA*.
- LUIS EDGARDO ABARCA HUAMÁN. (2013). Diseño hidráulico del canal de disipación que conecta un conducto con flujo supercritico con un aforador parshall, empleando un modelo a escala. *Lima*. Retrieved from http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/5294/ABARCA_LUIS_DISEÑO_HIDRAULICO_CONDUCTO_AFORADOR_PARSHALL_MODELO_ESCALA.pdf?sequence=1
- Mejía Fernández, F. (2010). Estructuras de vertimiento de aguas en laderas de media a fuerte pendiente: Canal de pantallas deflectoras (CPD) y canal de rápida con tapa y columpio (CRTC), 85.
- Paredes-salazar, R. (2014). *DE ENERGÍA DEL SEGUNDO ALIVIADERO DE EXCEDENCIA-PRESA* Roger Paredes-Salazar.
- Villamarín Paredes, S. C. (2013). Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía hidráulica, 250.
- <http://desarrolloperuano.blogspot.com/2018/02/importante-plan-para-afianzar-pochos.html>
- <http://rpp.pe/peru/actualidad/lambayeque-reabren-compuertas-de-tinajones-para-riego-de-cultivos-noticia-671806>

ANEXOS