

**UNIVERSIDAD LATINA
DE COSTA RICA,
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA DE LA
INFORMACIÓN**

LICENCIATURA EN INGENIERÍA CIVIL

**PROPUESTA DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR
POR EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA
CIVIL**

**MÉTODO DE DISEÑO DE ELEMENTOS DE DISIPACIÓN DE
ENERGÍA EN CUNETAS, CONTRACUNETAS Y BAJANTES DE
TALUDES EN CARRETERAS**

AUTOR

MARÍA ADELAIDA ESCOBAR GARCÍA

SAN PEDRO, MONTES DE OCA, SETIEMBRE, 2022

CARTA SEGMENTADA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Estimados señores:

En mi calidad de tutor, como miembro del Tribunal Examinador, confirmo la aprobación del siguiente Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil

- Método de diseño de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras.
- Proyecto
- María Adelaida Escobar García
- 01 de septiembre del 2022

ALLAN ALFONSO
UMAÑA ORTIZ
(FIRMA)



Firmado digitalmente por ALLAN
ALFONSO UMAÑA ORTIZ (FIRMA)
Ubicación: San José, Costa Rica
Fecha: 2022.09.10 11:31:02 -06'00'

Ing. Allan Umaña Ortiz

CARTA SEGMENTADA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Estimados señores:

En mi calidad de lector, como miembro del Tribunal Examinador, confirmo la aprobación del siguiente Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil

- Método de diseño de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras.
- Proyecto
- María Adelaida Escobar García
- 01 de septiembre del 2022

José María
Ulate Zárate

Firmado digitalmente
por José María Ulate
Zárate
Fecha: 2022.09.09
10:56:02 -06'00'

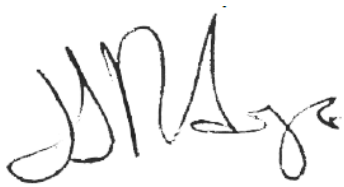
Ing. José María Ulate Zarate

CARTA SEGMENTADA DEL TRIBUNAL EXAMINADOR

Estimados señores:

En mi calidad de lector, como miembro del Tribunal Examinador, confirmo la aprobación del siguiente Trabajo Final de Graduación para optar por el grado de licenciatura en Ingeniería Civil

- Método de diseño de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras.
- Proyecto
- María Adelaida Escobar García
- 01 de septiembre del 2022



Ing. José Joaquín Rodríguez R.

DECLARACIÓN JURADA

Yo, María Adelaida Escobar García estudiante de la Universidad Latina de Costa Rica, declaro bajo la fe de juramento y consciente de las responsabilidades penales de este acto, que soy Autor Intelectual del Proyecto de Graduación titulado:

“Método de diseño de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras.”

Por lo que libero a la Universidad de cualquier responsabilidad en caso de que mi declaración sea falsa.

Firmo en Nicoya, septiembre 2022

M. Adelaida Escobar

María Adelaida Escobar García

Licencia De Distribución No Exclusiva (carta de la persona autora para uso didáctico) Universidad Latina de Costa Rica

Yo (Nosotros):	María Adelaida Escobar García
De la Carrera / Programa:	Ingeniería Civil
Modalidad de TFG:	Proyecto
Titulado:	Método de diseño de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras

Al firmar y enviar esta licencia, usted, el autor (es) y/o propietario (en adelante el "**AUTOR**"), declara lo siguiente: **PRIMERO:** Ser titular de todos los derechos patrimoniales de autor, o contar con todas las autorizaciones pertinentes de los titulares de los derechos patrimoniales de autor, en su caso, necesarias para la cesión del trabajo original del presente TFG (en adelante la "**OBRA**"). **SEGUNDO:** El **AUTOR** autoriza y cede a favor de la **UNIVERSIDAD U LATINA S.R.L.** con cédula jurídica número 3-102-177510 (en adelante la "**UNIVERSIDAD**"), quien adquiere la totalidad de los derechos patrimoniales de la **OBRA** necesarios para usar y reusar, publicar y republicar y modificar o alterar la **OBRA** con el propósito de divulgar de manera digital, de forma perpetua en la comunidad universitaria. **TERCERO:** El **AUTOR** acepta que la cesión se realiza a título gratuito, por lo que la **UNIVERSIDAD** no deberá abonar al autor retribución económica y/o patrimonial de ninguna especie. **CUARTO:** El **AUTOR** garantiza la originalidad de la **OBRA**, así como el hecho de que goza de la libre disponibilidad de los derechos que cede. En caso de impugnación de los derechos autorales o reclamaciones instadas por terceros relacionadas con el contenido o la autoría de la **OBRA**, la responsabilidad que pudiera derivarse será exclusivamente de cargo del **AUTOR** y este garantiza mantener indemne a la **UNIVERSIDAD** ante cualquier reclamo de algún tercero. **QUINTO:** El **AUTOR** se compromete a guardar confidencialidad sobre los alcances de la presente cesión, incluyendo todos aquellos temas que sean de orden meramente institucional o de organización interna de la **UNIVERSIDAD** **SEXTO:** La presente autorización y cesión se regirá por las leyes de la República de Costa Rica. Todas las controversias, diferencias, disputas o reclamos que pudieran derivarse de la presente cesión y la materia a la que este se refiere, su ejecución, incumplimiento, liquidación, interpretación o validez, se

resolverán por medio de los Tribunales de Justicia de la República de Costa Rica, a cuyas normas se someten el **AUTOR** y la **UNIVERSIDAD**, en forma voluntaria e incondicional. **SÉPTIMO:** El **AUTOR** acepta que la **UNIVERSIDAD**, no se hace responsable del uso, reproducciones, venta y distribuciones de todo tipo de fotografías, audios, imágenes, grabaciones, o cualquier otro tipo de presentación relacionado con la **OBRA**, y el **AUTOR**, está consciente de que no recibirá ningún tipo de compensación económica por parte de la **UNIVERSIDAD**, por lo que el **AUTOR** haya realizado antes de la firma de la presente autorización y cesión. **OCTAVO:** El **AUTOR** concede a **UNIVERSIDAD.**, el derecho no exclusivo de reproducción, traducción y/o distribuir su envío (incluyendo el resumen) en todo el mundo en formato impreso y electrónico y en cualquier medio, incluyendo, pero no limitado a audio o video. El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD.** puede, sin cambiar el contenido, traducir la **OBRA** a cualquier lenguaje, medio o formato con fines de conservación. **NOVENO:** El **AUTOR** acepta que **UNIVERSIDAD** puede conservar más de una copia de este envío de la **OBRA** por fines de seguridad, respaldo y preservación. El **AUTOR** declara que el envío de la **OBRA** es su trabajo original y que tiene el derecho a otorgar los derechos contenidos en esta licencia. **DÉCIMO:** El **AUTOR** manifiesta que la **OBRA** y/o trabajo original no infringe derechos de autor de cualquier persona. Si el envío de la **OBRA** contiene material del que no posee los derechos de autor, el **AUTOR** declara que ha obtenido el permiso irrestricto del propietario de los derechos de autor para otorgar a **UNIVERSIDAD** los derechos requeridos por esta licencia, y que dicho material de propiedad de terceros está claramente identificado y reconocido dentro del texto o contenido de la presentación. Asimismo, el **AUTOR** autoriza a que en caso de que no sea posible, en algunos casos la **UNIVERSIDAD** utiliza la **OBRA** sin incluir algunos o todos los derechos morales de autor de esta. **SI AL ENVÍO DE LA OBRA SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA U ORGANIZACIÓN QUE NO SEA UNIVERSIDAD U LATINA, S.R.L., EL AUTOR DECLARA QUE HA CUMPLIDO CUALQUIER DERECHO DE REVISIÓN U OTRAS OBLIGACIONES REQUERIDAS POR DICHO CONTRATO O ACUERDO.** La presente autorización se extiende el día

1	de	septiembre	de	2022	a las	5:00
---	----	------------	----	------	-------	------

Firma del estudiante(s):

M. Adelaida Escobar

Agradecimientos

Primero que todo agradezco a Dios por permitirme llegar hasta aquí después de seis años de lucha.

A mis abuelitos por cada oración hacía mi estando lejos de casa, por estar pendiente de mi salud y estudios, pero principalmente a mi mamá y hermana que sacrificaron muchas cosas para llegar a donde estoy, ya que sin ellas no lo hubiera logrado, por cada palabra de aliento y de motivación.

A los amigos que estuvieron iniciando mi carrera, apoyándome en las malas y en las buenas, también a cada uno de mis profesores por todo el aprendizaje adquirido, especialmente al Ingeniero Allan Umaña, por la paciencia y por brindarme todo el conocimiento para poder llevar a cabo mi tesis.

Resumen

Un dissipador, es una estructura de obra civil hidráulica, el cual ayuda a disipar la energía del flujo que recorre dentro de un canal, ya sea de una cuneta, sobre cuneta o de un bajante de talud, uno de los problemas que presenta este elemento es que si no se controla la velocidad del flujo se podrían presentar erosiones en la salida de las estructuras, otra problemática es que se podrían incrementar las inundaciones en las carreteras o derrumbes de taludes.

Como se mencionó anteriormente, uno de los objetivos es lograr diseñar estructuras dissipadoras de energía hidráulica en la Ruta 21, Nambí, Nicoya, Guancaste.

Para llevar a cabo este proyecto, se realizaron obras preliminares con ayuda de Hec Ras, H Canales, Excel y Civil 3D.

Se debió tomar en cuenta varias variables de la zona, como: La precipitación, la pendiente del terreno, intensidad de la lluvia y la escorrentía que se llegue a presentar. Conforme a estos datos, se logró diseñar obras preliminares dissipadores de energía para cunetas, contracunetas y bajantes de taludes.

Esta investigación es cuantitativa, ya que debe desarrollar los objetivos generales y específicos, por medio de datos numéricos, que se desarrollaran en el apartado IV.

Por otro lado, también se tuvo que pedir datos de precipitación dados desde el instituto meteorológico nacional, para así obtener un valor extremo el cual representa la cantidad de lluvia que está distribuida en un determinado tiempo.

Como conclusión general, se utilizó el método racional, el cual es usado para obras hidráulicas, como esta investigación es para disminuir la capacidad de energía de un flujo, se conoció los distintos tipos de flujos, describiendo estos como crítico $Fr = 1$, subcrítico $Fr < 1$ y supercrítico como $Fr > 1$.

Una de las recomendaciones más importantes, es incentivar que despierten el interés para la elaboración de estos elementos en estas zonas, ya que presentan muchos daños.

Contenido

CAPÍTULO I	1
PROBLEMA Y PROPÓSITO	1
1.1. Estado actual del objeto de estudio (antecedentes del problema).	2
1.2. Planteamiento del Problema de estudio	3
1.2.1. Enunciado del problema	3
1.2.2. Formulación del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Zona de estudio	4
1.4. Planteamiento de Objetivos	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Alcances y limitaciones	7
1.5.1. Alcances	7
1.5.2 Limitaciones	7
1.6. Delimitaciones	8
1.6.1. Delimitación espacial	8
1.6.2. Delimitación temporal	9
CAPÍTULO II	10
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	10
2.1. Fundamentos teóricos	11
2.2. Resalto hidráulico	11
2.2.1 Flujo supercrítico ($F1 > 1$)	12
2.2.2 Flujo subcrítico ($F1 < 1$)	12
2.2.3 Flujo crítico ($F1 = 1$)	12
2.2.4. Número de froude	13
2.3. Resalto hidráulico como disipador de energía	13
2.4. Características básicas del resalto hidráulico	14
2.5. Procedimiento para un diseño de disipadores de energía	14
2.5.1. Paso 1. Datos del diseño	14
2.5.2. Paso 2. Evaluación de velocidades	15
2.5.3. Paso 3. Evaluar la salida del agujero de socavación	15
2.5.4. Paso 4. Alternativa de diseño de disipadores de energía	15
2.5.5. Paso 5. Selección del disipador de energía	15
2.6. Ventajas y desventajas de disipadores de energía	15
2.6.1. Ventajas	15

2.6.2. Desventajas	15
2.7. Tipos de disipadores de energía.....	16
2.7.1 Losa con pilares deflectores	16
2.7.2 Salto de esquí o trampolín.....	16
2.7.3. Disipador de energía tipo bloque de impacto	17
2.7.4. Disipador con umbral continuo y discontinuo.....	18
2.7.5. Losa con remate dentado	19
2.7.6. Losa con bloques.....	20
2.7.7. Tanques amortiguadores	21
2.7.8. Disipador de rejillas	22
2.7.9. Estanques con amortiguadores	23
2.8. Disipadores de energía utilizados en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes. 27	
2.8.3 Rápidas	27
2.9. Cunetas	30
2.9.4 Tipos de cunetas.....	30
2.9. Paso de alcantarilla	32
2.10 Método racional	33
2.11 Coeficiente de escorrentía.....	33
2.12 Distribución normal	33
2.13 Valor extremo	33
2.13 Log Pearson	34
CAPÍTULO III.....	35
MARCO METODOLÓGICO	35
3.1. Marco Metodológico.....	36
3.2. Definición del enfoque y método de investigación.....	36
3.3. Tipos de investigación	37
3.3.1. Tipo de investigación exploratoria	37
3.3.2. Tipo de investigación descriptiva	38
3.3.3. Tipo de investigación explicativa.....	38
3.4. Sujetos y fuentes de información	38
3.4.1. Sujetos	38
3.4.2 Fuentes de información	39
3.5. Definición de variables	39
3.6. Instrumentos y técnicas que se utilizan en la recolección de los datos.....	40
3.6.1. Encuesta	40
3.6.2 Cuestionario	40

3.7. Sustentación de la confiabilidad y validez de los instrumentos de la investigación..	41
CAPÍTULO IV	42
DATOS Y PRUEBAS	42
4.1. Diseño de elementos de disipación de energía.....	43
5.1 Conclusiones	79
5.2 Recomendaciones	80
CAPÍTULO VI	81
REFERENCIAS	81
CAPÍTULO VII	84
ANEXOS	84
Anexo 1. Precipitación promedio en 24 horas (Estación 74053)	85
Anexo 2. Respuestas del cuestionario	86
Anexo 3. Cuestionario formulado para Josué Quesada	87
Anexo 4. Datos del modelo disipador de la estación 5.....	88
Anexo 5. Datos del modelo disipador de la estación 10.....	88
Anexo 6. Datos del modelo disipador de la estación 15.....	88
Anexo 7. Datos del modelo disipador de la estación 24.....	89
Anexo 8. Tabla de salida de perfil (25 años)	89
Anexo 9. Hidrograma de Hec Ras (25 años).....	90
Anexo 10. Datos del modelo disipador estación 5 (50 años)	91
Anexo 11. Datos del modelo disipador estación 15 (50 años)	91
Anexo 12. Datos del modelo disipador estación 24 (50 años)	92
Anexo 13. Tabla de perfil de salida (50 años)	92
Anexo 14. Presupuesto estimado para obra	93

Índice de figuras

Figura 1.....	5
Figura 2.....	6
Figura 3.....	8
Figura 3.....	11
Figura 4.....	12
Figura 5.....	13
Figura 6.....	16
Figura 7.....	16
Figura 8.....	17
Figura 9.....	18
Figura 10.....	19
Figura 11.....	20
Figura 12.....	21
Figura 13.....	22
Figura 14.....	23
Figura 15.....	24
Figura 16.....	25
Figura 17.....	26
Figura 18.....	27
Figura 19.....	28
Figura 20.....	29
Figura 21.....	30
Figura 22.....	31
Figura 23.....	31
Figura 24.....	32
Figura 25.....	36
Figura 26.....	48
Figura 27.....	50
Figura 28.....	51
Figura 29.....	51
Figura 30.....	52

Figura 31	53
Figura 32	53
Figura 33	56
Figura 34	58
Figura 32	59
Figura 35	59
Figura 36	60
Figura 37	61
Figura 38	62
Figura 39	62
Figura 40	63
Figura 41	64
Figura 42	65
Figura 43	65
Figura 44	66
Figura 45	66
Figura 46	67
Figura 47	68
Figura 48	68
Figura 49	69
Figura 50	69
Figura 51	70
Figura 52	71
Figura 53	71
Figura 54	72
Figura 55	72
Figura 56	72
Figura 57	73
Figura 58	75
Figura 59	75
Figura 60	76
Figura 61	76

Índice de tablas

Tabla 2	5
Tabla 1	36
Tabla 2	38
Tabla 3	39
Tabla 4	41
Tabla 5	44
Tabla 6	45
Tabla 8	46
Tabla 9	47
Tabla 10	49
Tabla 11	54
Tabla 12	54
Tabla 13	55
Tabla 14	57
Tabla 15	73
Tabla 16	74
Tabla 17	74
Tabla 18	74
Tabla 19	75

CAPÍTULO I

PROBLEMA Y PROPÓSITO

1.1. Estado actual del objeto de estudio (antecedentes del problema).

En la actualidad, existen muchas técnicas y formas de disipación de energía en cunetas, contra cunetas y bajantes de taludes, de las cuales según su diseño pueden provocar erosiones en la salida o en la caída en cada de las estructuras a diseñar. En varias ocasiones, se han estudiado los elementos de disipación de energía realizando distintas comparativas a las estructuras ya existentes, como lo son las de concreto, siendo estas las más comunes. Generalmente, se diseña los disipadores de energía conforme al tipo de lugar donde se ejecutará el proyecto, partiendo siempre del diseño más eficiente, calidad del material empleado, costo y duración.

Se conoce que existen condiciones adversas en el cual se realizará dicho proyecto, sin embargo, se debe priorizar el diseño más sustentable. Todo lo dicho anteriormente, tiende a optar por un diseño que ayude a minimizar la erosión en la salida o caída de la estructura. Mencionando los disipadores de energía más comunes: Lisas, escalonadas y la combinación de lisas con escalonadas. Dando a conocer que estos métodos poseen distintas velocidades, los cuales ya han sido estudiados y sometidos a pruebas. Cabe resaltar, que en aguas abajo la velocidad y la profundidad son de suma importancia a la hora de diseñar estas estructuras. Estos disipadores de energía ya antes mencionados podrían cambiar el rendimiento de los elementos. Más, sin embargo, existen otros elementos de disipación energía cinética de flujo, pero son pocos comunes o no están adecuados para ser elaborados.

También, se toma en cuenta que las estructuras de disipación cuentan con dos variantes de flujo: supercrítico y subcrítico, cabe destacar que cada una de estas variantes poseen una característica diferente, definiendo cada una de ellas. Supercrítico tiene una velocidad más alta, pero su profundidad disminuye. En cambio, el subcrítico tiene una velocidad más baja pero la profundidad de ella es más grande. Lo que respecta con el flujo subcrítico lo ideal es diseñar un modelo de disipación de energía en caída libre (lisas), ya que el agua que transcurriría sería en aguas abajo y el supercrítico tiende a ser más con diseños de escalonadas o la combinación de lisas con escalonadas, esto porque es en aguas arriba. Cabe destacar que se eligieron estos tipos de disipadores ya que, son las más utilizados y son los que proporcionan un mejor desempeño.

1.2. Planteamiento del Problema de estudio

1.2.1. Enunciado del problema

En Costa Rica se aprecian pocos tipos de disipaciones de energía cinética del flujo, por lo general se usa el diseño de estructura lisa en concreto –que es lo más usual-, este diseño es el que más daño causa a la erosión en la salida o en la caída de la estructura, también provoca que el agua pluvial que recorre la estructura llegue a la carretera, causando inundaciones y deterioro en las carreteras, como en la capa de rodamiento, interrupción del flujo vehicular, entre otros.

También, se pueden encontrar disipaciones de energía en estructuras escalonadas, diseñadas también en concreto. Se dice que los disipadores de energía escalonadas son los más recomendados, ya que ayudan a proteger la estructura diseñada, sin embargo, son los menos utilizados, debido a que requieren más trabajo, por ejemplo, tiempo a la hora de construir, material y más estudios del suelo. Por otro lado, se debe conocer la zona climatológica del lugar donde se vaya a diseñar el elemento estructural adecuado, ya que de eso también depende si se construye lisas, escalonadas o de combinación.

1.2.2. Formulación del problema

El problema de este tema propuesto, es simple, ya que si no se controla la velocidad del flujo en estructuras conductoras de aguas pluviales se podría producir erosiones en la salida o en la caída de ellas y pérdidas de los activos. Esto provocando un incremento en los costos de mantenimiento de las estructuras y se corre el riesgo de que las descargas no sean controladas y esto supere la capacidad hidráulica de los elementos receptoras.

1.3. Justificación

¿Qué se pretende comprobar con esta investigación? Se pretende llevar a cabo una investigación sobre la cantidad de agua pluvial que cae en las zonas donde se hará la construcción, ya que de ella depende el elemento de disipación de energía que se deberá colocar en el sitio de la obra. Para ello, se va a comprobar si los elementos de disipación más comunes tienen variantes, esto se realizará en pequeños simuladores de disipación, para así tener diferentes comparaciones y poder optar por una estructura adecuada.

Por otro lado, existe otra interrogativa: ¿Cuál será la mejor opción para llevar a cabo un mejor control de velocidad en el elemento diseñado? Para saberlo y así tener un

flujo de agua adecuado al sistema diseñado, se debe realizar una valoración previa y minuciosa, para así evitar colocar un elemento de disipación de energía equivocado en el sitio donde se desea realizar la construcción, ya que si no se controla la velocidad del flujo podría causar erosiones y pérdida de los activos en las salidas o en las caídas de la estructura. Por otro lado, es indispensable contar con personal autorizado en lo que conlleva con el estudio del suelo, de hidráulica y de diseños de elementos de disipación de energía. Si el proyecto cuenta con todo el personal, será satisfactorio la ejecución de los procesos para la construcción de los elementos en: cunetas, contracunetas y bajantes de taludes.

También, ¿Qué beneficios se pudiera tener una vez realizado algún elemento de disipación de energía? Un buen planeamiento de diseño de un elemento de disipación de energía beneficia en la disminución de la erosión y previene problemas en la infraestructura tanto de los elementos ya antes mencionados, como de las obras que se encuentran alrededor de ella. También un mejor control de velocidad del agua pluvial que recorrería a través de ella.

1.4. Zona de estudio

Se definió una cuenca en la zona de Guanacaste, específicamente en Nambí, Nicoya. De acuerdo con M. Chaves (2012), su clima pertenece al Bosque Estacional Neotropical, el cual varía dependiendo de los meses, debido a que se mantiene en calor constante de noviembre hasta abril, y desde finales de mayo hasta octubre se presentan fuertes aguaceros.

El tramo en estudio, consta de 1.4 km de distancia (figura 1). La carretera son curvas horizontales continuas. También, de manera más específica, en el lado izquierdo de la carretera sentido Nicoya-Santa Cruz está el talud y de lado derecho se localiza el Río El Salto de Nambí. Esta carretera une los cantones Nicoya y Santa Cruz, y es la única manera para trasladarse en camino asfaltado, ya que las otras rutas son alternas (lastre).

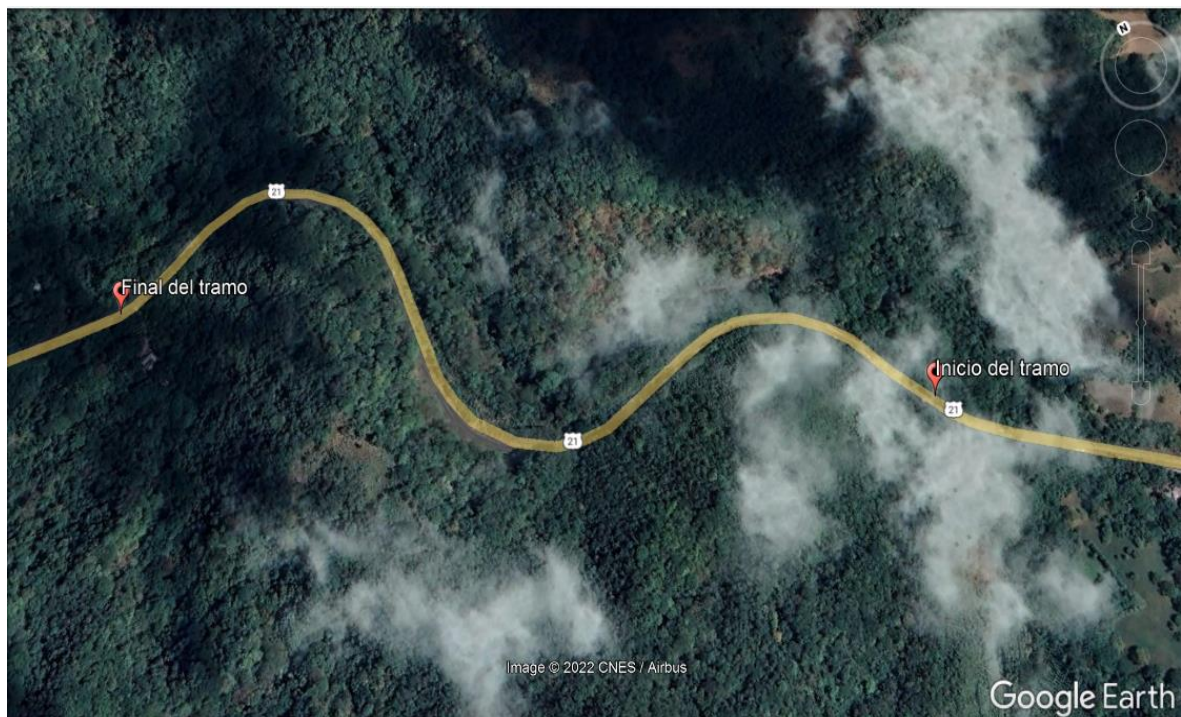
Tabla 2

Datos generales de la zona de estudio

Longitud analizada	1.4	km
Pendiente promedio	55.1	%
Derecho de vía	30	m
Código de ruta	Ruta 21	
Tipo de ruta	Nacional	
Acabado de superficie de rodamiento	Asfalto	
Cuenta con sistema de manejo pluvial	Inexistente	

Figura 1

Ruta 21, carretera vueltas de Nambí



Tomada de *Google Earth*, 2022

Por otro lado, el derecho de vía de esta zona consta de 30 m de ancho, esto por ser una Ruta Nacional, por lo cual es una zona muy transitada tanto por vehículos livianos como pesados. Su carretera es de material asfáltico.

En esta zona, los derrumbes en invierno son muy comunes, ya que el talud no

presenta ningún tipo de soporte para evitar estos accidentes también se presentan cierres de paso, debido a ésta situación.

Figura 2

Ruta 21, carretera vueltas de Nambí



Tomada de La Voz de Nicoya, 12 Julio 2022

1.4. Planteamiento de Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar estructuras de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes para un periodo de retorno de 25 años en la carretera Ruta 21, Nambí, Nicoya, Guanacaste.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Examinar con detalle cada uno de los elementos de disipación de energía más comunes en Costa Rica para: cunetas, contracunetas y bajantes de taludes.
- Identificar las variantes que causan erosión en las salidas o en las caídas en la

infraestructura colocada en el sitio.

- Diseñar estructuras de disipación de energía, tales como cunetas de tipo escalera, contracunetas y disipador de energía en talud tipo escalonado, adecuados para el control de la velocidad del flujo en las estructuras.
- Presentar ejemplos de las aplicaciones de disipación de energía.

1.5. Alcances y limitaciones

Los alcances y las limitaciones del presente trabajo son los siguiente:

1.5.1. Alcances

Primeramente, en esta investigación se hará un diseño preliminar de estructuras de disipación de energía, para un mejor control de la capacidad hidráulica de los elementos receptores. Cabe destacar que se debe observar con detalle cada elemento de disipación de energía y cada una de las variantes que estas poseen para así definir un elemento de disipación de energía que sea el más adecuado. Esto se logra visualizando el tipo de suelo donde se realizará la obra, el material por utilizar, las sugerencias de los encargados de cada entidad como la de hidráulica, de dibujo, entre otros aspectos.

Por otro lado, para lograr un control de la velocidad del flujo en las estructuras, se debe estudiar minuciosamente las variantes que estas podrían tener. Para conseguir reducir estas velocidades se diseñará elementos de disipación de energía de tipo escalonadas, estas siendo las más utilizadas, ya que ayuda a prevenir mejor las erosiones en el terreno.

Para que se logre lo que ya antes se mencionó, se procurará que los ensayos que se realizará con simuladores sean totalmente certeros ya que, de ello se impartirán los diseños acoplados para cada terreno donde será la construcción y los equipos calificados por entes reguladores que otorguen respaldo de calidad y de duración.

1.5.2 Limitaciones

Las limitaciones de este trabajo son las siguientes:

Se sabe que el elemento disipador de energía cuenta con variantes, que pareciera tener todo bajo control, sin embargo, hay ciertas cifras que arrojan a pequeñas diferencias. Hay que tomar en cuenta que existe la posibilidad de un mal cálculo de flujo en las estructuras conductoras de agua pluvial, los cuales podrían ser mínimos, sin embargo, están siendo considerados a la hora de la realización de los cálculos.

Por otro lado, no se pudo realizar estudios de suelo en la zona a trabajar, ya que no había suficiente presupuesto. Esto implicaría un panorama complicado al personal o entidad que está encargado del proyecto a realizar, ya que, se estima que el costo y tiempo de construcción es alto.

Hay que tomar en cuenta que los simuladores utilizados no son certeros, ya que se sabe que los errores humanos podrían ocasionar. Se sabe que la presión del agua pluvial es totalmente distinta a la presión del agua de una manguera o de una cubeta, por lo tanto, hay que tomar en cuenta esos minuciosos detalles a la hora de diseñar estos elementos. Sin embargo, se realizarán pruebas suficientes para obtener varios cálculos con similitudes y así sacar un promedio de ellos.

1.6. Delimitaciones

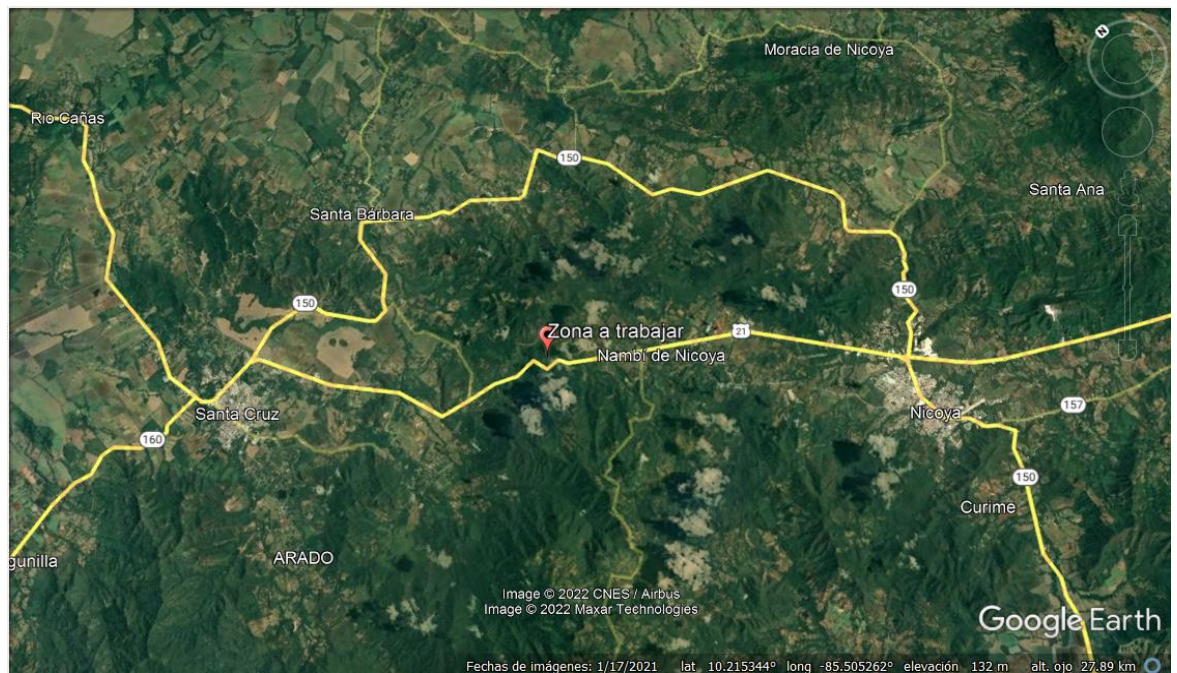
Las delimitaciones espacial y temporal son las siguientes:

1.6.1. Delimitación espacial

Esta propuesta está diseñada para la carretera Ruta 21 Nambí, Nicoya, Guanacaste.

Figura 3

Ruta 21, carretera vueltas de Nambí



Tomada de *Google Earth*, 2022

1.6.2. Delimitación temporal

Esta investigación se desarrolló en los meses Enero-Agosto del 2022

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Fundamentos teóricos

La disipación de energía, puede estar constituida de varias maneras, por ejemplo, lisas de concreto, la cual provoca una mayor velocidad de escorrentía. Además, es la que más daño causa tanto a la capa de rodamiento como en la salida del agua, más sin embargo esto también dependería de la cantidad de precipitación en la zona donde se desea construir dicho elemento. Por otro lado, los disipadores de energía pueden ser escalonadas o de combinación –lisas con escalonadas-, ambas de concreto.

Para entender mejor cada uno de las funciones de estos elementos ya antes mencionados, es importante recalcar que un elemento tipo escalonada ayuda a mejorar el flujo del agua pluvial, esto también aplica para el de combinación. Estos dos, son los más utilizados, ya que, son los que tienen un mayor control de velocidad, esto ayudando a disminuir el flujo que recorrería dentro del canal hidráulico.

Los métodos de elementos disipadores de energía se han implementado mucho por las buenas condiciones que estas pudieran generar a la capa de rodamiento como a lo que se encuentra alrededor de ella. Esto tiene sus ventajas y desventajas, una de las ventajas es que, con un elemento de disipación de estilo lisa, ocupa un menor costo en mantenimiento, mientras que las escalonadas o de combinación tiene un mayor costo de mantenimiento, sin embargo, son las más funcionales ya que protegen más la capa de rodamiento y evitan un mayor riesgo de erosión en la salida en aguas abajo.

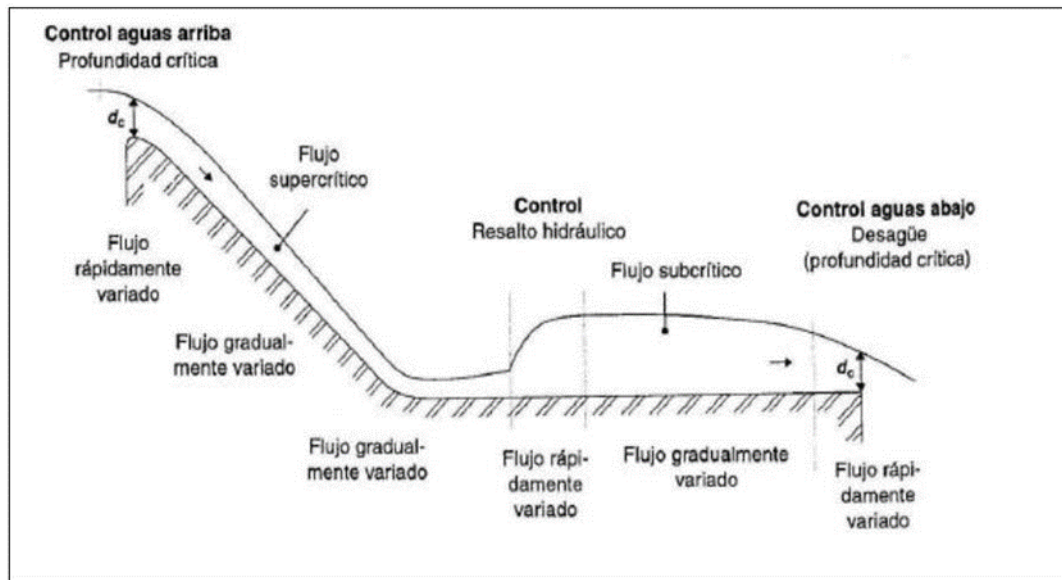
2.2. Resalto hidráulico

El resalto hidráulico es un evento que ocurre a gravedad, este pasando de un flujo de altas velocidades, pero poco profundas a velocidades con poco flujo queriendo decir que la corriente se va tornando lenta, pero con mucha profundidad, como, por ejemplo, un modelo de disipador tipo lisa (Haro y Jara, 2006). Por otro lado, en la sección tipo crítica, la profundidad continúa disminuyendo con el aumento que llegue a poseer dicha pendiente.

El régimen de flujo, aguas arriba de la intersección, es supercrítico, mientras que aguas abajo, la pendiente impone un tirante normal en régimen subcrítico, presentándose, en algún punto intermedio, la transición entre ambos (Pérez, 2005).

Figura 3

Resalto hidráulico



Tomado de *Estudio en Modelo Hidráulico de las Estructuras de salida de los Túneles en el Aprovechamiento Hidroeléctrico Soplora*, Tesis de grado, por Juma,J, 2012.

Estos resaltos hidráulicos se caracterizan por tener tres diferentes flujos:

2.2.1 Flujo supercrítico ($F1 > 1$)

Para este caso, quiere decir que cuenta con velocidad y pendientes elevadas, pero presenta profundidades relativamente pequeñas, por lo tanto consta de un flujo rápido.

Figura 4

Resalto Hidráulico flujo supercrítico



Tomado de *Hidráulica de canales abiertos*, por Ven Te Chow.

2.2.2 Flujo subcrítico ($F1 < 1$)

Para este flujo, presenta velocidades y pendientes muy bajas, sin embargo, posee profundidades altas. Es un flujo que circula de forma lenta, pudiendo entrar y salir de las obras hidráulicas sin causar un efecto adverso si se mantiene el flujo subcrítico en toda la estructura. (Adminitration, 2006) A como dice en la descripción, este se diferencia cuando el número de froude es menor que 1.

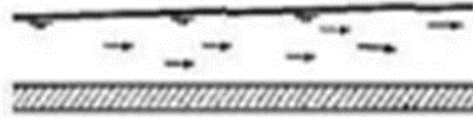
2.2.3 Flujo crítico ($F1 = 1$)

Este flujo presenta combinaciones de los dos flujos ya antes mencionados, este

cuenta con fuerzas inerciales como gravitaciones, quiere decir que tiene cambios de flujos repentinamente dentro del canal, queriendo decir que no se debería formar ningún resalto hidráulicos en la obra.

Figura 5

Resalto Hidráulico flujo crítico



Tomado de *Hidráulica de canales abiertos*, por Ven Te Chow.

2.2.4. Número de froude

De acuerdo con M.Ponce (2021), Froude es un número el cual es interpretado por dos variantes, una fuerza llamada inerte y la otra que será de gravedad, aunque también es importante mencionarlo, ya que, es el que deriva el flujo que recorrería en el canal hidraulico, dentro de él, se mencionan tres tipos, los cuales se mencionaron anteriormente: crítico, supercrítico y subcrítico. Este viene siendo representando por **Fr**.

2.3. Resalto hidráulico como disipadores de energía

Como expresa Villamarín (2013), El resalto, es un medio aprovechable para disminuir la energía que proviene del flujo supercrítico, el objetivo de este elemento es prevenir erosiones aguas abajo ya que, el flujo que viene aguas arriba toma mucha velocidad sobre la zona, el cual podría provocar erosiones al finalizar la estructura hidráulica.

Por otro lado, el resalto sirve parcial o totalmente para disipar el flujo en ciertos tramos del canal. En el resalto hidráulico se destacan ciertas prácticas funcionales, las cuales son:

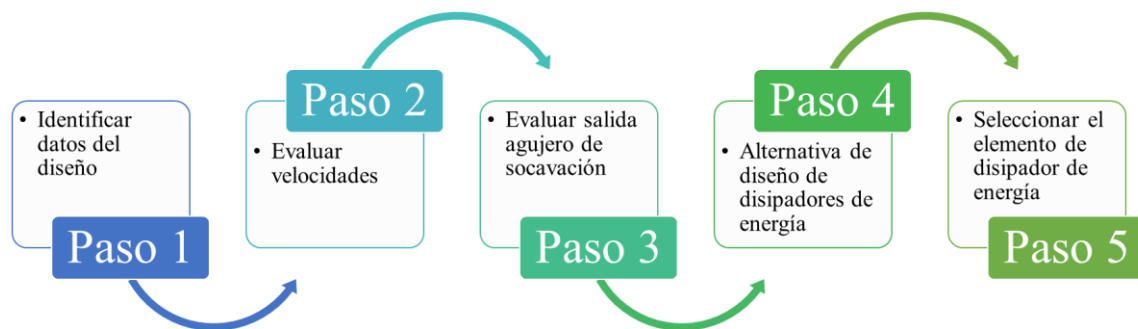
- Es disipar la energía que fluye en obras hidráulicas, para prevenir las erosiones en la salida o en la caída de la estructura.
- Proteger el medio ambiente y evitar sobresaltos.

2.4. Características básicas del resalto hidráulico

En este aspecto, se va a detallar ciertas características las cuales han sido aprovechadas para disminuir las velocidades que recorren en las obras hidráulicas disipadoras. Esta característica presenta un elemento geométrico, a la cual también es llamada como colchón hidráulico, el cual hace una función importante para este modelo de disipación. Por otro lado, también se debe considera ciertos factores provenientes del resalto hidráulico como las pérdidas de energías, la altura del resalto, la eficiencia y la longitud.

2.5. Procedimiento para un diseño de disipadores de energía

Para realizar un diseño total de un disipador, primeramente, se debe de tomar en cuenta ciertos factores, como de alcantarillado, el tipo de estructura ideal para el sitio donde se desea construir y la protección del canal como un sistema integrado a ella. Se sabe que los disipadores de energía pueden cambiar de rendimiento dependiendo de la velocidad y de la profundidad que se obtenga del flujo que recorre dentro de ella, esto antes mencionado son de vital importancia, ya que de ello se toma en cuenta el diseño de disipador de energía.



Nota: Elaboración propia con la información tomada de *Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels*, 2006.

2.5.1. Paso 1. Datos del diseño

Se debe considerar que los elementos disipadores de energía son estructuras grandes y pequeñas, esto dependiendo del cauce o del lugar donde se va a construir, como lo son las represas que tiene entrada de flujos y salidas grandes hacia ríos y lagunas.

También, se toma en cuenta otros tipos de datos como de la alcantarilla, de transición, del canal, estimaciones de futuras socavaciones y evaluaciones de la estabilidad de las estructuras.

2.5.2. Paso 2. Evaluación de velocidades

Se desea realizar distintos cálculos de las velocidades provenientes de las estructuras disipadoras, para así identificar algunas problemáticas que se pueden presentar en la salida del flujo sobre el río o laguna.

2.5.3. Paso 3. Evaluar la salida del agujero de socavación

En esta etapa se desea calcular dichas dimensiones que presenta el elemento preliminar para tener una visualización de la zona donde puede haber afectaciones en la salida, como dice el documento Administration (2006), “si el tamaño del foso de socavación es aceptable, se debe documentar la longitud esperada del foso de socavación, para el mantenimiento y el monitoreo respectivo. Si el tamaño del foso de socavación es excesivo, se debe evaluar disipadores de energía” (p.1-4)

2.5.4. Paso 4. Alternativa de diseño de disipadores de energía

En este paso, se realizan distintos diseños de elementos de disipación para conocer el disipador adecuado para construir, esto se debe comparar con el paso número uno.

2.5.5. Paso 5. Selección del disipador de energía

En este punto, ya se elige el disipador indicado para la zona tanto de suelo como de la precipitación que ocurre en el lugar.

2.6. Ventajas y desventajas de disipadores de energía

2.6.1. Ventajas

Una ventaja que tiene un elemento de diseño de disipación de energía hidráulica, es que protege las infraestructuras como la capa de rodamiento, como se mencionó antes, ayuda a disipar la energía del agua y también a prevenir los daños por erosión provocados por el agua. Quiere decir, que, por el consiguiente, ayuda a evitar gastos en reconstrucción ya sea del propio disipador como de la carretera.

2.6.2. Desventajas

Una de las desventajas principales, es el costo que este podría generar, ya que, se debe realizar estudios de suelo para observar si es factible realizar la construcción en la cuenca estudiada, de no ser así se requeriría de maquinaria, o sea una inversión mayor.

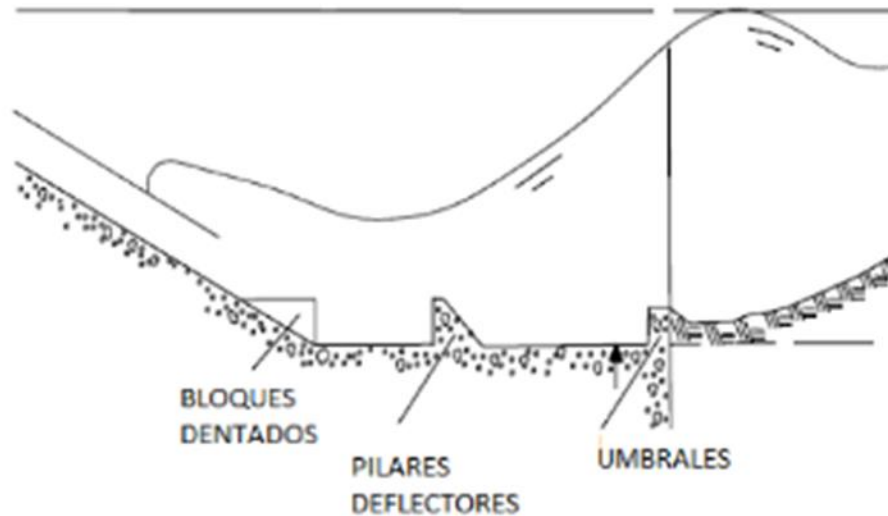
2.7. Tipos de disipadores de energía

2.7.1 Losa con pilares deflectores

Tal como lo expresa Castañeda (2016), Este elemento de disipación, funciona por medio de bloques o dados los cuales son colocados en medio del canal. Estos pilares son utilizados en obras pequeñas, o sea que contiene flujos de baja velocidad de caudal.

Figura 6

Losa con pilares deflectores



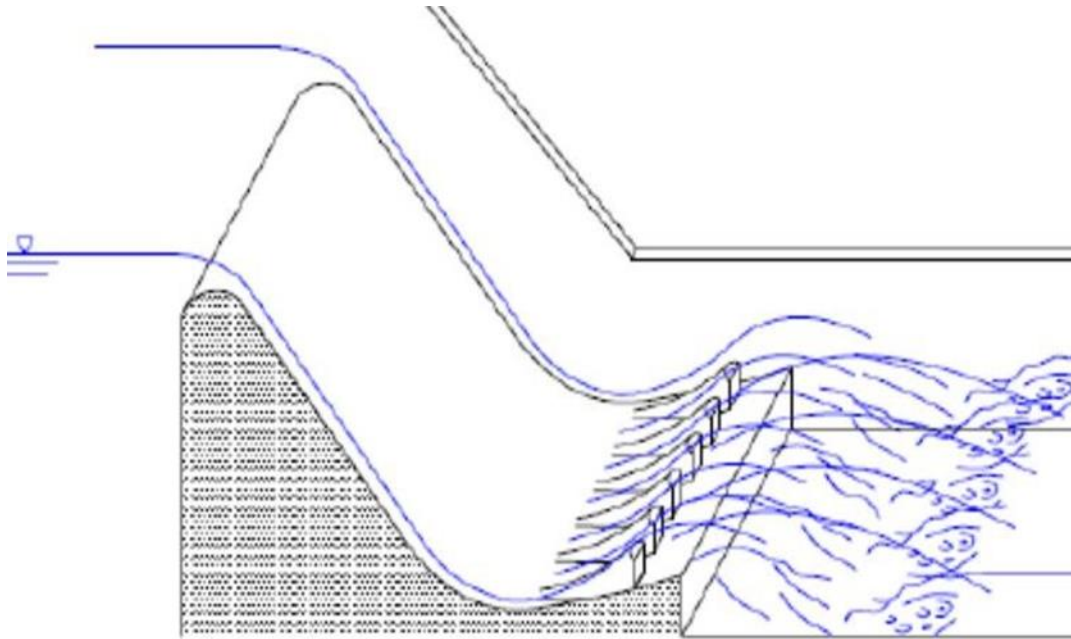
Tomado de *Modelo hidráulico Físico de Disipadores de Energía, como ayuda de aprendizaje de la materia Hidráulica*. Tesis de grado, por Ortiz, F, 2010.

2.7.2 Salto de esquí o trampolín

Este diseño es común obsérvalo en represas/presas, estas descargan el flujo del agua en vertederos o aliviaderos. Estos disipadores cuentan con un trampolín al finalizar la estructura disipadora, el cual ayuda a disminuir el flujo y así evitar la erosión en la caída de la estructura.

Figura 7

Salto de esquí, como disipador de energía



Tomado de *Modelo hidráulico Físico de Disipadores de Energía, como ayuda de aprendizaje de la materia Hidráulica*. Tesis de grado, por Ortiz, F, 2010.

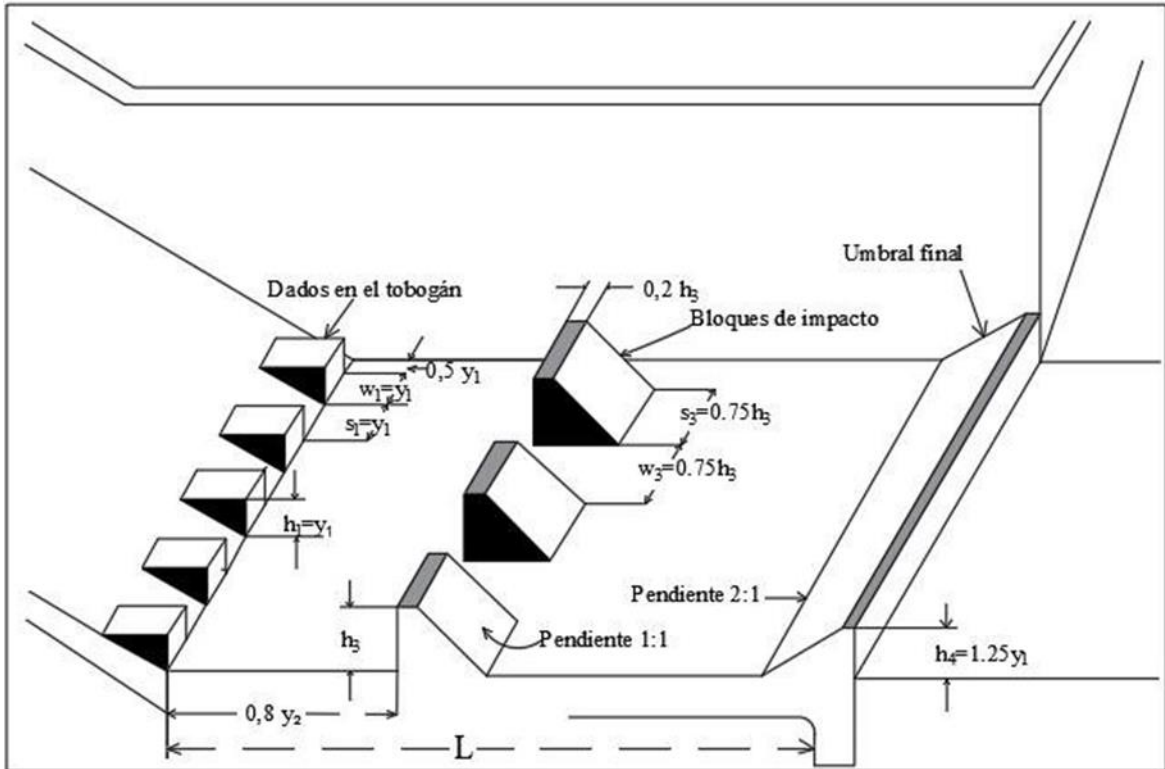
2.7.3. Disipador de energía tipo bloque de impacto

Disipador tipo impacto, también conocido de tipo umbral, este posee una principal característica la cual es disminuir la corriente de flujo que va con gran velocidad hacia el final de la obra. Este es un diseño que utiliza bloques dentro del elemento de disipación para controlar el salto hidráulico.

La disipación de energía es comenzada por el flujo que viene circulando directamente contra el bloque de impacto y posteriormente será detonado hacia aguas arriba en posición horizontal del bloque, también se podría observar en remolinos verticales. La estructura, por tanto, no requiere de cotas de agua, en aguas abajo para la disipación de energía. (Gómez, 2019)

Figura 8

Disipador tipo impacto o de umbral



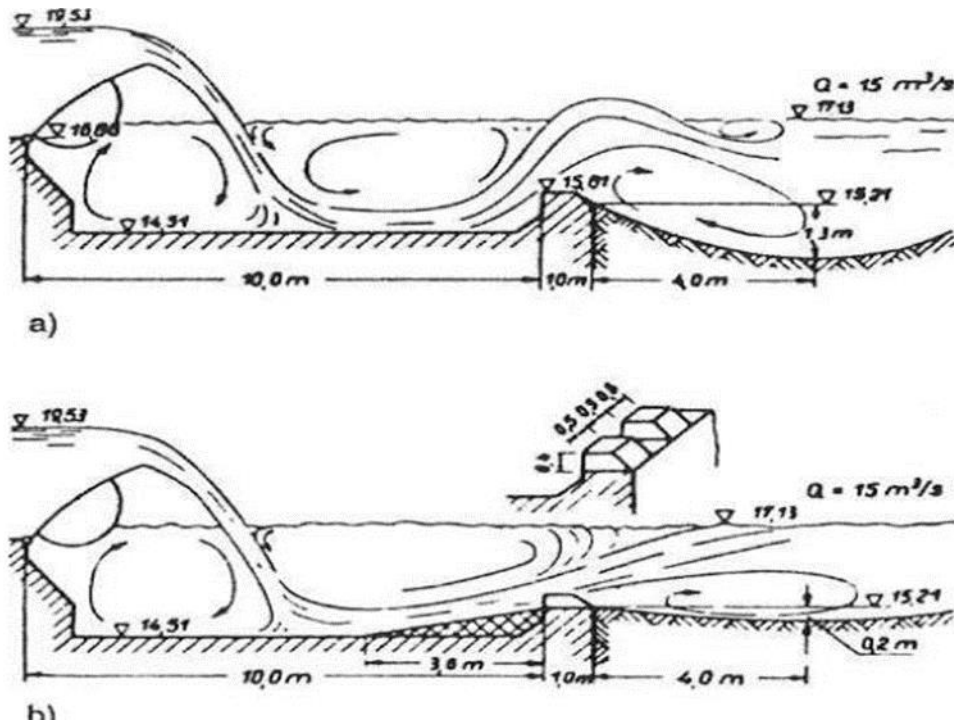
Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, por Vásquez y Terrones, 2019.

2.7.4. Disipador con umbral continuo y discontinuo

Como describe Arteaga (2017), La función de este tipo de elemento de disipación es crear remolinos en el fondo del canal, esto para que la caída o salida del agua pluvial no cause algún tipo de daños una vez salida el agua de la estructura. En este caso es importante cuidar o utilizar un material resistente en el fondo del elemento de disipación de energía.

Figura 9

Disipador con umbral continuo y discontinuo



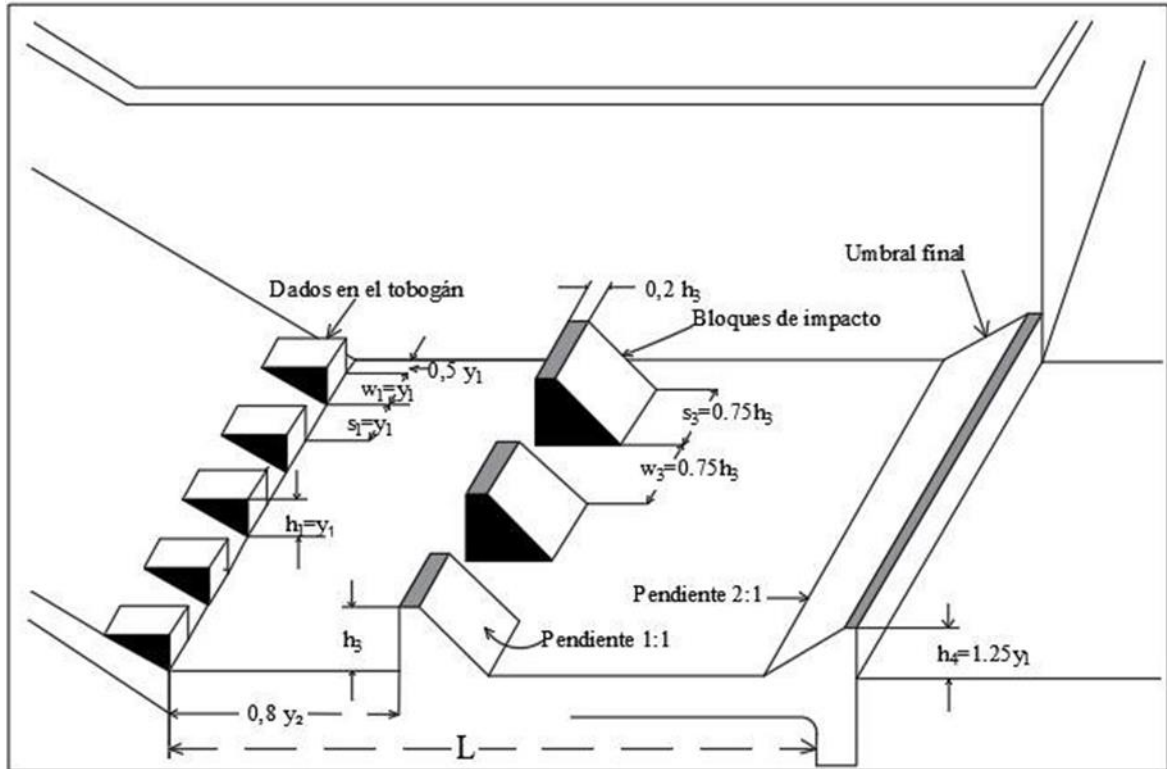
Tomado de *Hidráulica de canales: diseño de estructuras*, Eduard Naudascher, 2007.

2.7.5. Losa con remate dentado

Empleando las palabras de Arteaga (2017), Este tipo de dissipador, también es conocido como tipo II, los cuales poseen umbrales al final de las estructuras con el propósito de hacer volar el agua y que este no provoque daño alguno. El dissipador de losa con remate dentado, está diseñado para canales largos el cual la trayectoria del flujo es de velocidades elevadas.

Figura 10

Losa con remate dentado



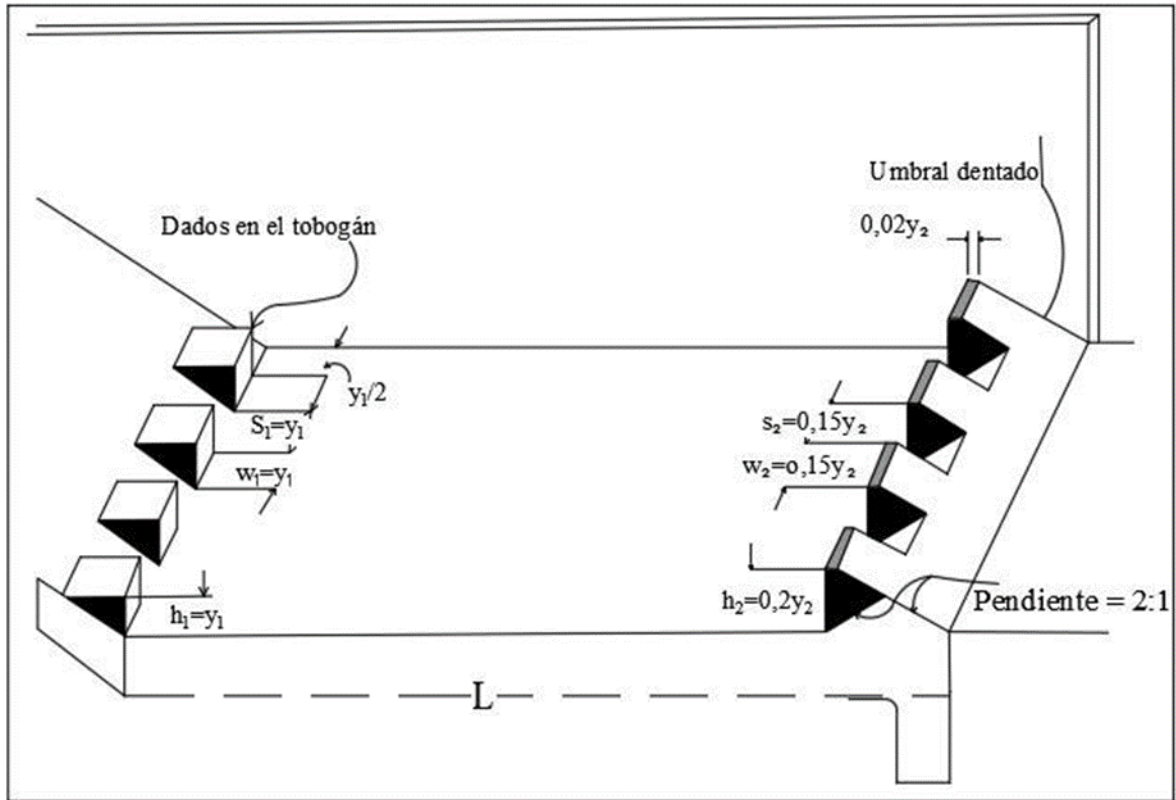
Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, por Vásquez y Terrones, 2019.

2.7.6. Losa con bloques

Como plantea Cuzque (2019), El tipo de losa con bloques o bien, cuenco amortiguador tipo I, está compuesto por bloques ubicados en la entrada del elemento disipador. Su característica principal es dividir el flujo, y que este termine elevándose como el tipo de disipador de salto de esquí, pero provocando un salto mucho más corto.

Figura 11

Losa con bloques



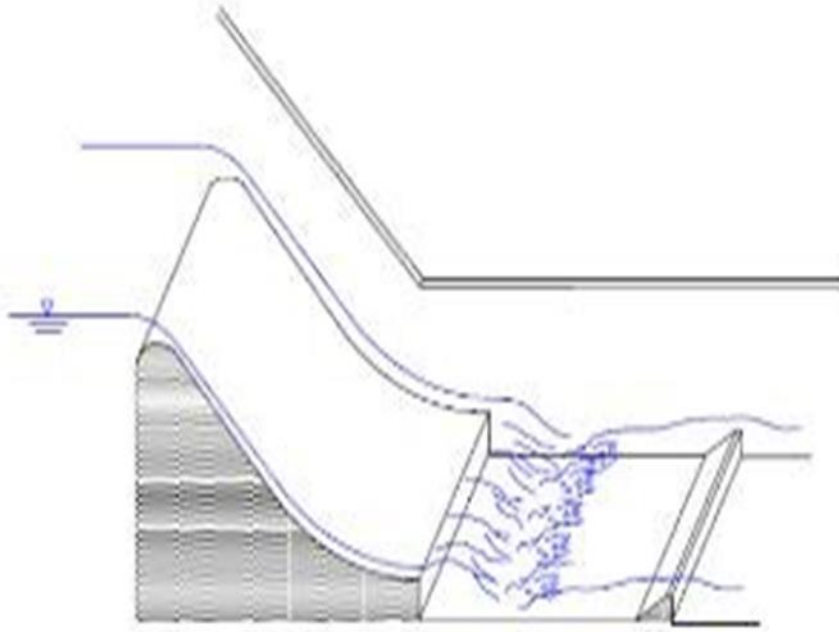
Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, por Vásquez y Terrones, 2019.

2.7.7. Tanques amortiguadores

La función principal de este método de disipación es amortiguar la velocidad del flujo, como bien menciona Rodríguez (2016), “el funcionamiento de estas estructuras se basa en el principio de del resalto hidráulico, es decir convertir las altas velocidades del flujo supercrítico en velocidades que no dañen a las estructuras o cauce aguas abajo, provocando una pérdida de energía” (p.38).

Figura 12

Tanques amortiguadores



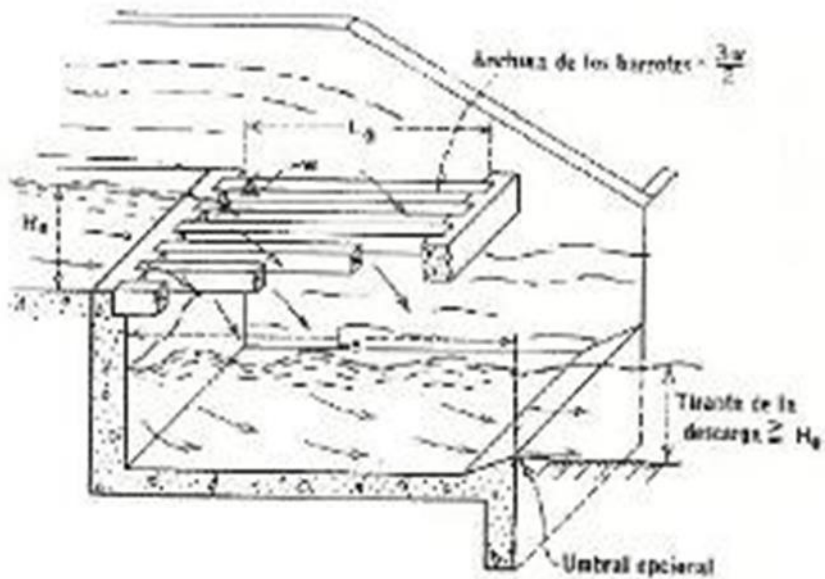
Tomado de *Modelo hidráulico Físico de Disipadores de Energía, como ayuda de aprendizaje de la materia Hidráulica*. Tesis de grado, por Ortiz, F, 2010.

2.7.8. Disipador de rejillas

Como lo señala Villamarín (2013), Es un elemento disipador de tipo rejilla, el cual está siendo diseñado con varillas o tubos redondos de dimensiones razonable, las cuales tienen una distancia apropiada entre cada una de ellas, esto para que la corriente llegue y caiga en ella sin llegar al final de la cuenca provocando erosiones, sin embargo, este diseño es utilizado para caídas pequeñas.

Figura 13

Disipador de rejillas



Tomado de *Diseño de Presas Pequeñas*, Pg 340.

2.7.9. Estanques con amortiguadores

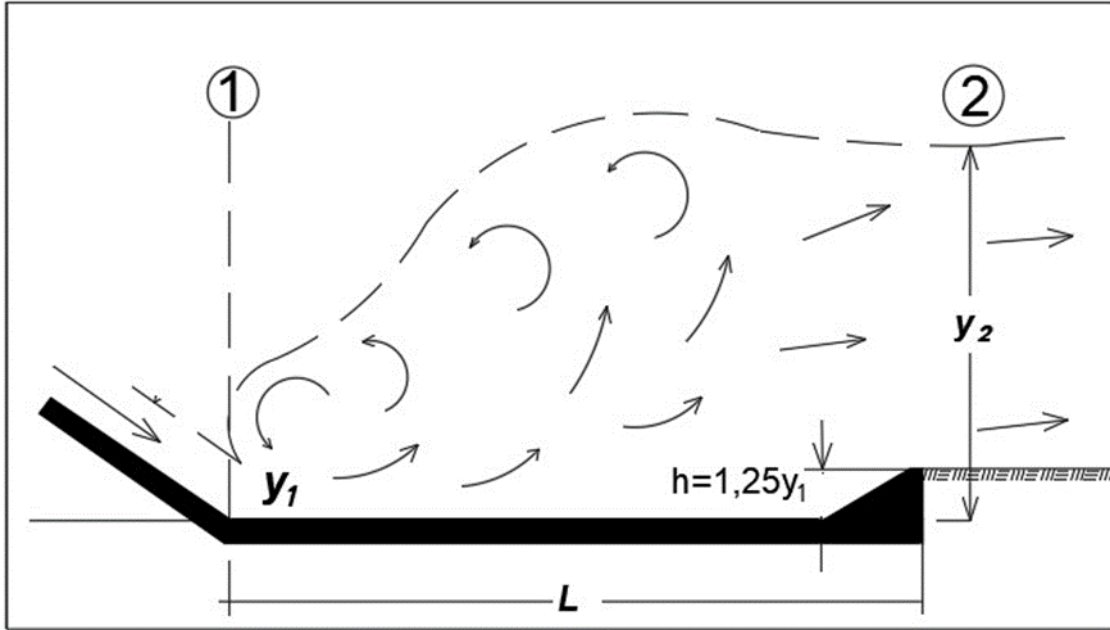
Este tipo de elemento, se diseña por medio de la representación de froude y al tirante crítico que se le determina al estanque. Este estanque se clasifica en Tipo I, Tipo II, Tipo III y Tipo IV.

2.7.9.1. Estanques para número de froude menor de 1.7

Este estanque se considera como Tipo I, ya que no es necesario diseñar o emplear estanques amortiguadores para los fluidos que llegara a recorrer en el sitio. Se produce un resalto oscilante.

Figura 14

Estanque amortiguador



Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, 2019.

2.7.9.2 Estanques para número de froude entre 1.7 y 2.5

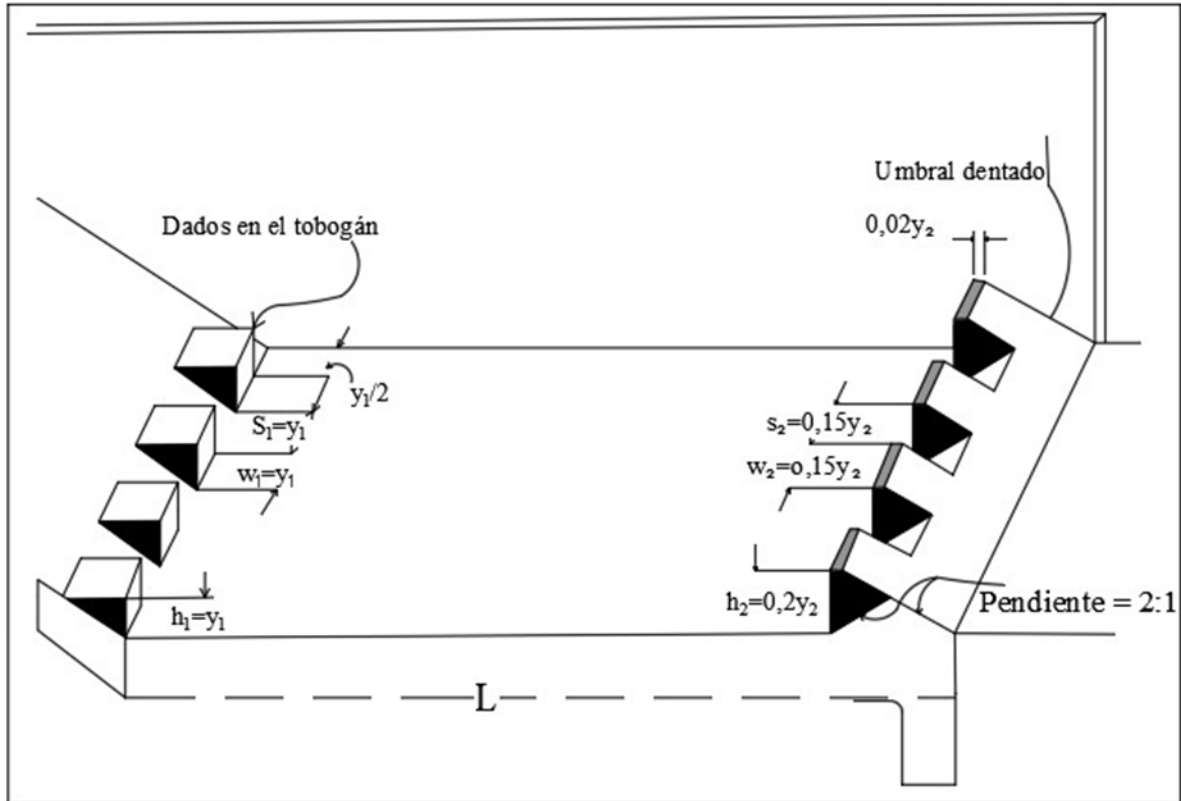
Este elemento también se podría decir que es de tipo I, porque no posee corrientes con velocidades grandes, más, sin embargo, se tendría que diseñar con una extensión larga para que la corriente llegue con una velocidad mínima.

2.7.9.3 Estanques para número de froude entre 2.5 y 4.5

También conocido como disipador USBR II, este tipo de estanque es para vertederos de presas grandes.

Figura 15

Estanque amortiguador



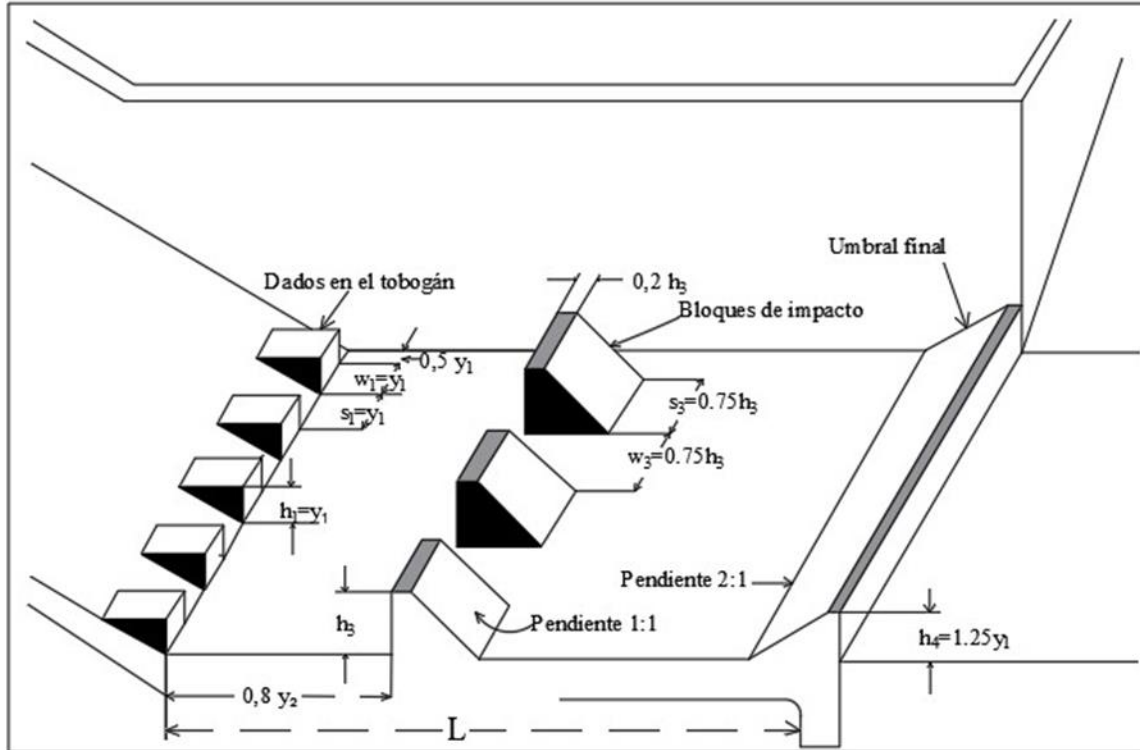
Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, 2019.

2.7.9.4 Estanque para número de froude mayor a 4.5

En este estanque la velocidad que se propicia es muy alta, por ende, se debe incluir bloques, deflectores o umbrales los cuales van a lograr una disipación de energía conveniente el cual no provocará erosión en la salida del elemento. También es conocido como disipador USBR III.

Figura 16

Estanque amortiguador



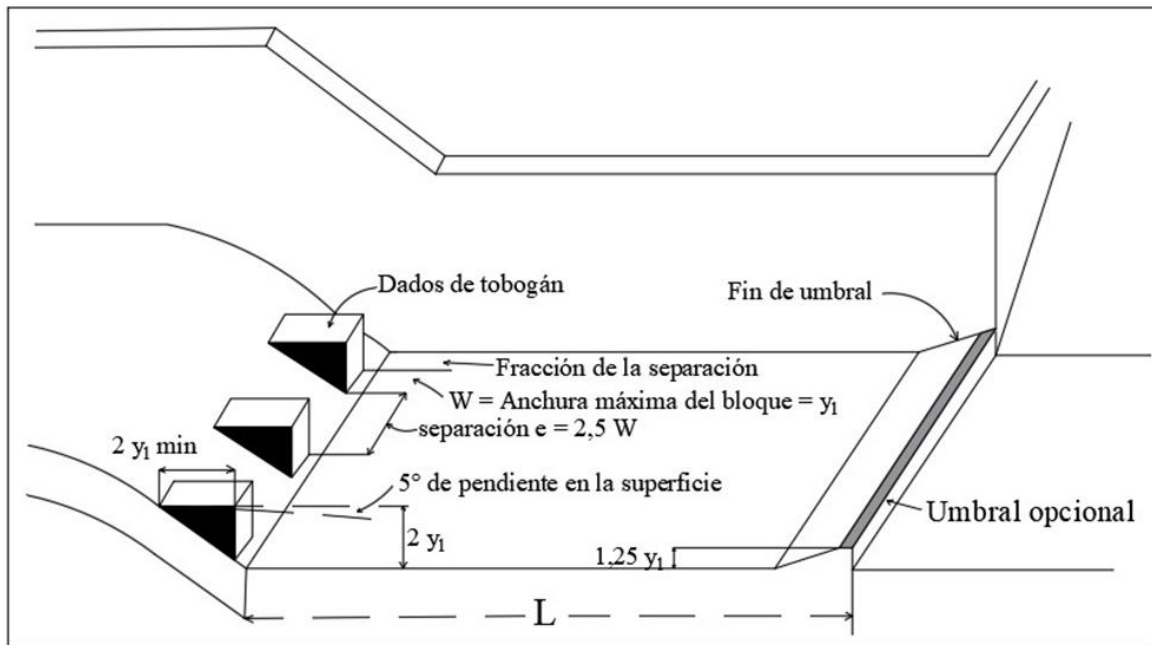
Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, 2019.

2.7.9.5 Estanque tipo impacto

Este tipo de estanque es utilizado en canales o presas, ya que tiene un impacto del flujo que sale expulsado de una tubería y con el muro que se localiza en el fondo del canal hidráulico.

Figura 17

Estanque amortiguador



Tomado de *Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable*, 2019.

2.8. Disipadores de energía utilizados en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes

Estos elementos de diseño de disipación de energía, son las más utilizadas ya que disminuyen o anulan problemáticas que son causadas a la capa de rodamiento o las zonas que se encuentran junto a ella por la salida de agua pluvial que cae en el lugar. Mencionando las más utilizadas para este modelo:

2.8.3 Rápidas

2.8.3.1 Disipadores de tipo lisas

Este elemento de disipación, comúnmente se distingue en las cunetas, contracunetas o bien en bajantes de taludes. Sin embargo, el disipador de estilo lisa tiene varias problemáticas, ya que con la velocidad en la que viaja el flujo de corriente podría causar socavación o erosión al final de ella, también provocando daños en la infraestructura de la capa de rodamiento y gastos en el costo de mantenimiento.

Figura 18

Disipador tipo lisa



Tomado de *Diseño de estructuras de disipación*, 2018.

2.8.3.2 Tipo escalonada

Esta posee características totalmente diferentes al se mencionó anteriormente, ya que esta cuenta con escalones o gradas continuas, esto hace que el agua que recorre en ella llegue con menor velocidad, pero depende también de la cantidad de precipitación, sin embargo, la energía que llega es disipada al extremo de la estructura. Para el diseño de elementos de disipadores de energía de tipo escalonado, se deben tomar en cuenta ciertas características, por ejemplo:

- Valoración del caudal de diseño
- Visualizar la forma ideal del canal (pendiente, altura y ancho)
- Elegir la altura óptima de los escalones que se diseñará, para que el flujo llegue con mayor disipación
- Identificar la cantidad de precipitación que cae en la zona

Figura 19

Disipador tipo escalonado



Tomado de Joan Nathalie Suárez H, 2008.

2.8.3.3 Tipo rugosidad

Estos poseen una pequeña igualdad al de tipo escalonada, la única diferencia es que están diseñadas rectangularmente, con pequeños escalones relativamente continuos. La rugosidad que este elemento posee es debido a la turbulencia que ayuda a disipar la energía.

Figura 20

Disipador de energía tipo rugoso



Tomado de John Alexander Pachón G, 2008.

2.8.3.4 Disipadores tipo combinadas lisas con escalonadas

Este elemento está diseñado con dos tipos de disipadores de energía, con el propósito de disminuir mucho más la velocidad de la corriente de agua que circula dentro del disipador y así evitar un 98% de erosión. Sin embargo, este elemento tiene desventajas, una de ellas es el costo, ya que necesita mayor trabajo y material.

Figura 21

Disipador tipo combinada



Tomado de John Alexander Pachón G, 2008.

2.9. Cunetas

Son elementos que se ubican o se construyen a los lados de las carreteras, las cuales captan el agua proveniente de los taludes, conduciendo el flujo convenientemente a sitios donde no cause daño alguno en la carretera. Estas pueden ser diseñadas de concreto hidráulico, mampostería o de lo que indique el proyecto a realizar.

2.9.4 Tipos de cunetas

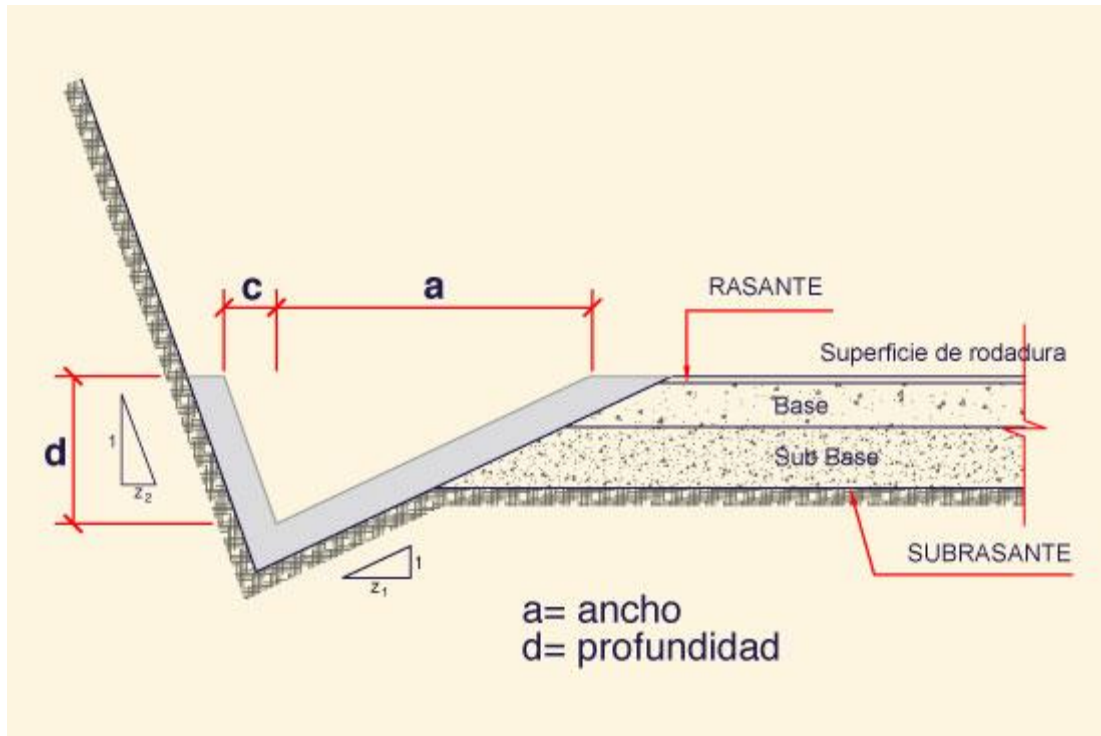
2.9.4.1 Cuentas triangulares

Como lo dice Cárdenas y Vicente, las cunetas triangulares son las más utilizadas en zonas urbanas. Estas están conformadas por un lado pegadas al talud, o anden y por el otro con una planicie conectada con la capa de rodamiento.

También, están limitadas con el cordón de acera.

Figura 22

Cuneta triangular



Tomado de Victor Miguel Ponce, 2018

2.9.4.2 Cunetas trapeciales

Se construyen de igual manera a la orilla de la capa de rodamiento, más sin embargo también son utilizadas en taludes. Usadas para recolectar el flujo que baja por el talud o terrenos adyacentes, conectadas con una alcantarilla el cual conduce el agua para depositarlo en quebradas o ríos cercanos, para evadir la socavación del suelo e inundaciones.

Figura 23

Cuneta trapezoidal



Tomado de Proyecto drenaje longitudinal de la carretera A-342, 2020

2.9. Paso de alcantarilla

Como lo dice Ponce, son paso de flujo pluvial, ubicados en longitudinalmente en carreteras, los cuales están conectados con quebradas, ríos, arroyos. Los pasos de alcantarilla, normalmente los confunde con puentes, más sin embargo estas vienen siendo más pequeñas, por consiguiente, son visualizadas con frecuencias en las carreteras.

Figura 24

Paso de alcantarilla



Tomado de Victor Miguel Ponce, 2017

2.10 Método racional

Como mencionada Gómez (2007), el método racional es el encargado de obtener valores máximos de escorrentía encontrados en una cuenca, en ciertos periodos de retorno.

$$Q = CIA$$

Donde:

Q: Caudal

C: Es el coeficiente de escorrentía

I: Intensidad de lluvia

A: Área de la cuenca

2.11 Coeficiente de escorrentía

Es un proceso, el cual se encarga de captar el flujo pluvial en una red, tal como lo es en las cunetas y contracunetas.

2.12 Distribución normal

La distribución normal, es un método el cual determina valores variables en un periodo de retorno seleccionado, que también indica la excedencia en tal evento.

2.13 Valor extremo

Como menciona Kalinda (2014), el valor extremo es el encargado de estudiar

los eventos asociados en un valor pico, o sea, valores altos o bajos.

2.13 Log Pearson

Es un valor que a comparación del valor extremo es muy elevado, el cual significa que el evento no ha ocurrido en el periodo de retorno propuesto.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Marco Metodológico

Según las reseñas buscadas sobre el concepto de marco metodológico, menciona Balestrini (1998), “conjunto de procedimientos lógicos, tecno- operacionales, implícitos en todo proceso de investigación, con el objeto de ponerlos de manifiesto y sistematizarlos; a propósito de permitir descubrir y analizar los supuestos del estudio y de reconstruir los datos, a partir de conceptos teóricos convencionalmente operacionalizados” (p.113). En otras palabras, este capítulo lo que se desea es delimitar o asegurar hechos o situaciones investigadas anteriormente. Por ende, viene siendo uno de los apartados más importantes de la tesis.

Tabla 1

Metodología

Teoría	Método	Técnica
Explicación de un fenómeno natural o social para comprobarlo.	Formas de ordenar, sistematizar el fenómeno (tratar de descubrir aplicando los pasos del método científico).	Forma de aplicación de las cosas. Forma de obtener la información y analizarla.

Nota: Elaboración propia, sin embargo, información tomada de Arteaga y Campos, (2004).

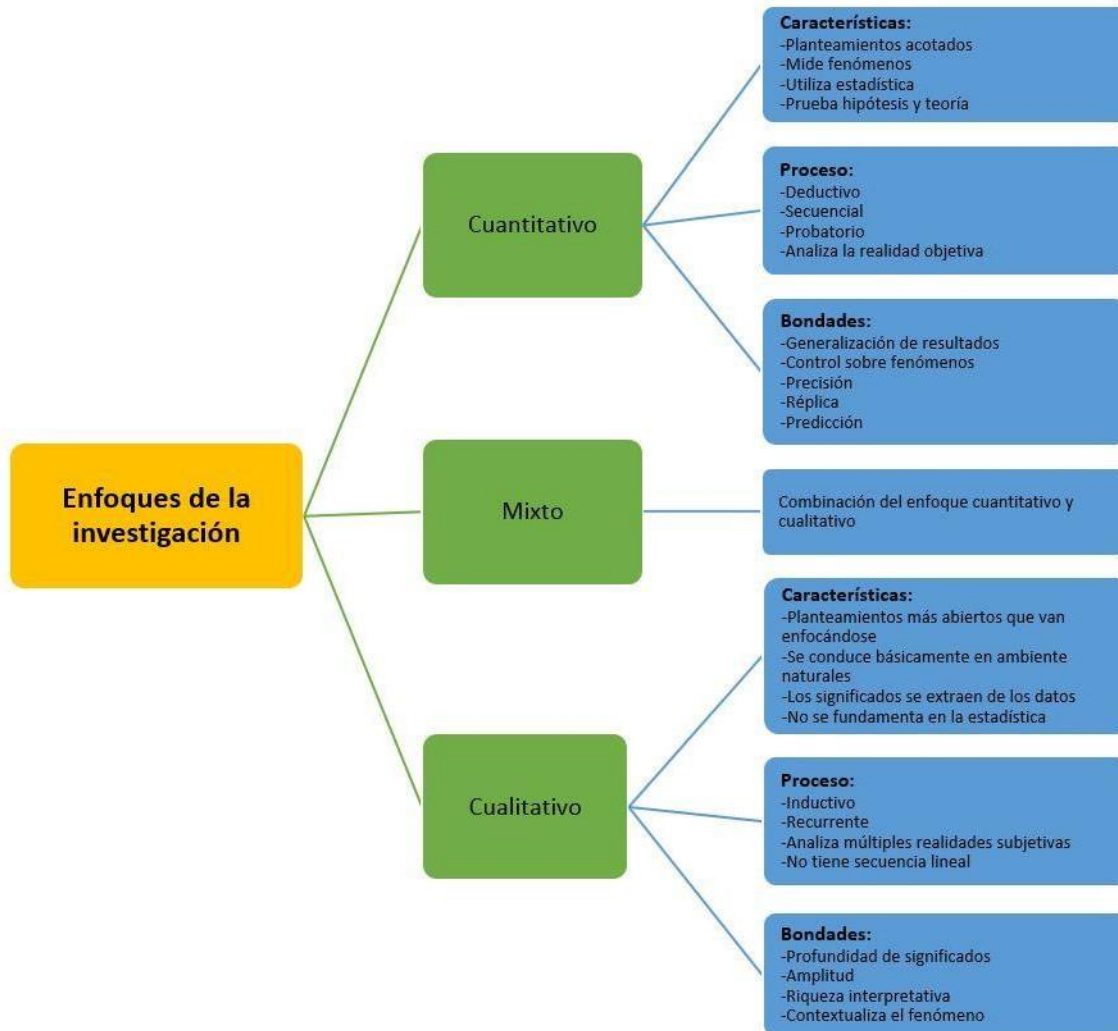
3.2. Definición del enfoque y método de investigación

Este trabajo está proyectado en una investigación cuantitativa, ya que se basa en cumplir con los objetivos tanto general como específico y permite desarrollar la información ya antes definida, pero con un punto de vista más amplio y más certero.

El método cuantitativo es la forma de investigar con análisis numéricos interpretados en estadísticas y gráficas, también se puede comprar ciertos criterios por medio de encuestas, experimentos o pruebas.

Figura 25

Definición de enfoque de investigación



Tomado de Hernández, Fernández y Baptista, 2014.

Cabe destacar que es importante conocer qué tipo de análisis cuantitativo es la investigación que se realiza.

3.3. Tipos de investigación

Se define investigación como la acción de informar sobre un tema o asunto que se ignora, esto con el fin de dar conocimiento a los lectores. Además, este concepto se conoce también porque se encarga de sistematizar las dichas técnicas que se utilizaron en esta investigación.

3.3.1. Tipo de investigación exploratoria

Según menciona Arias (2006) “La investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de

conocimientos” (p.23). Este tipo sirve para dar conocimiento o interés hacia las personas sobre temas o investigaciones que no se conocía.

3.3.2. Tipo de investigación descriptiva

Como lo menciona Arias (2006) “La investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigación se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere” (p.24).

Por otro lado, se puede mencionar que este tipo de investigación es descriptivo, ya que puede hacer un balance de los tipos de elementos de disipador más utilizados versus los elementos menos utilizados. Este tipo de investigación presenta dos diferentes características, las cuales hacen mención a estudios que se debe realizar para obtener datos que se puedan describir con facilidad. Las dos características se clasifican en:

- Estudios de medición de variables independientes
- Investigación correlacional.

3.3.3. Tipo de investigación explicativa

En el caso del tipo explicativa, tiene relación con hechos o causas que se pudiera obtener en dicha investigación, para dar un concepto más claro de lo que es la investigación explicativa, se buscó la referencia de Arias (2006)

La investigación explicativa se encarga de buscar el porqué de los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto. En este sentido, los estudios explicativos pueden ocuparse tanto de la determinación de las causas (investigación post facto), como de los efectos (investigación experimental), mediante la prueba de hipótesis. Sus resultados y conclusiones constituyen el nivel más profundo de conocimientos. (p.26)

3.4. Sujetos y fuentes de información

Para esta investigación, se nombrará los siguientes sujetos:

3.4.1. Sujetos

Para este capítulo es importante tener el apoyo de algunos expertos en el área en la que se desarrollará la investigación, esto con el fin de aumentar el conocimiento en el tema a tratar.

Tabla 2

Sujetos de investigación

Nombre	Grado académico	Profesión	Tema por colaborar
Allan Umaña Ortiz	Ingeniero civil	Ingeniero en Acueductos y Alcantarillados y Profesor Universidad Latina de Costa Rica	Hidráulica
José María Ulate Zárate	Ingeniero civil	Profesor Universidad Latina	Transportes

3.4.2 Fuentes de información

Para dicha investigación de los métodos de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras, se utilizaron recursos como manual básico de diseño con énfasis en hidráulica, informes técnicos, tesis, libros, entre otros.

3.5. Definición de variables

En este trabajo, se definirán distintas variables sobre el método de diseño de elementos de disipación de energía en cunetas, contracunetas y bajantes de taludes en carreteras, las siguientes variables son:

Tabla 3

Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operativa
Dimensionamiento de cunetas	Las cunetas son zanjas longitudinales, ubicadas a los lados de la carretera. Su objetivo, captar, conducir y evacuar flujos de agua.	Calculando manualmente el ancho, el largo y la altura, con ayuda también de los datos que se mencionarán luego.
Intensidad de lluvia	Es cualquier agua meteórica recogida sobre la superficie terrestre.	Se deberá basar en los datos obtenidos en la página del instituto meteorológico, en la

			zona de estudio.
Coefficiente de escorrentía	Relación que tiene entre la precipitación que circula en la superficie como la total.	Se recolectaron los datos del índice de escorrentía y las precipitaciones anuales. Su fórmula: $C_e = I_e/P_{mm}$	
Caudal que podría recorrer en el elemento de disipación	Cantidad de fluido que circula a través de la sección por unidad de tiempo.	Este se calcula por medio de una fórmula: $Q=V/t$, donde V: Volumen del agua que recorre por el elemento y el tiempo en el que recorre	
Precipitación	Consiste en la recolección de agua que cae desde la atmosfera (lluvia).	Se puede tomar una estimación de la cantidad de lluvia que cae en cierto tiempo por medio de un pluviómetro, el cual sus unidades se expresan en mm.	
Coefficiente de rugosidad	Este determina la resistencia del flujo que recorre dentro un canal o modelo disipador.	Existen varios procedimientos, más sin embargo, solo se usó el n en base a la similitud del caudal estudiado.	
Pendiente	Relación que tiene entre la altura y la longitud que posee un terreno.	El valor obtenido se debe mostrar en porcentaje.	

3.6. Instrumentos y técnicas que se utilizan en la recolección de los datos

Para la realización del presente proyecto se va a recurrir a los siguientes materiales y métodos de recolección de datos:

3.6.1. Encuesta

Se realizó una encuesta con ayuda de la aplicación en google, la cual tiene como nombre Google Docs Editors.

3.6.2 Cuestionario

El cuestionario que se plantea en este espacio, se aplicará a los profesionales

indicados anteriormente, pero también se le aplicará las mismas preguntas a una persona externa de la universidad el cual tiene conocimiento del tema tratado, para identificar la opinión respecto al tema planeado y abarcar un mayor conocimiento sobre ello:

Tabla 4

Cuestionario

Interrogativa	Justificación
¿Qué conoce usted como disipador de energía?	Indagar si tienen conocimiento sobre los diseños de disipación de energía.
¿Cree que los diseños de disipación son importantes? ¿Por qué?	Conocer la opinión de personas, ayuda al investigador tomar en cuenta lo que ellos opinan sobre los disipadores de energía.
¿Cuál cree usted conveniente para un mejor diseño de disipación de energía? “Lisas, escalonadas o combinadas”	Es importante conocer el criterio de diferentes personas, para así realizar un mejor análisis de cuál disipador es el mejor.
¿Cuánto cree que ayude el diseño de disipador de energía en carreteras?	Es importante conocer si están al tanto sobre si es bueno o malo, ese diseño para carreteras.

3.7. Sustentación de la confiabilidad y validez de los instrumentos de la investigación

Los profesionales que se hizo mención anteriormente, son totalmente confiables, ya que son personas con un conocimiento de alto nivel en el tema descrito. Quiere decir, que tienen un mayor criterio sobre lo que se desea llevar a cabo en la investigación, por lo que se desea conocer la opinión de cada uno de ellos sobre los disipadores de energía y si están de acuerdo en los diseños.

CAPÍTULO IV

DATOS Y PRUEBAS

4.1. Diseño de elementos de disipación de energía

Hec Ras (Hydrologic Engineering Center and River Analysis System), es un programa diseñado para hidráulica, el cual permite simular los flujos que recorren en los canales verticales y horizontales. En este caso, se propuso un conducto para simular el flujo que cae en un disipador de energía tipo escalonado.

H Canales, es un software utilizado para diseñar canales y estructuras hidráulicas, igual que el programa ya antes mencionada, se pueden realizar simulaciones, con distintas condiciones de rugosidad, pendientes, formas y dimensiones.

Para llegar al diseño deseado de los elementos de disipación de energía, es fundamental llevar a cabo estudios preliminares de la cuenca estudiada, para así elaborar los diseños de la mejor manera. Antes de empezar con los diseños de disipación, se debe tomar en cuenta varios aspectos como: la pendiente del terreno donde se desea trabajar, la cantidad de caudal que recorre sobre el terreno, área de la cuenca, coeficiente de escorrentía, precipitación, intensidad.

Se estudiaron los periodos de retorno de 5, 10, 15 y 20 años, más, sin embargo, el periodo de retorno a estudiar es el de 25 años, sabiendo que los periodos anteriores llegan a cumplir con la capacidad que se buscaba, también se ocupará un periodo de retorno de 50 años para revisión para ver el comportamiento de la cuenca como de los modelos disipadores propuestos.

Lo dicho anteriormente, quiere decir que, a partir de todos estos valores obtenidos por medio de cálculos de Excel, existen dos programas para poder corroborar que el diseño sea el adecuado a esta investigación: H canales y Hec Ras, de los cuales ambos fueron útiles. Los elementos diseñados fueron para la zona de la ruta 21 de Nambí, específicamente para las vueltas de Nambí.

Primeramente, se conoció la estación con la precipitación máxima diaria en 24 horas en la cual se va a trabajar, estas dadas desde un año específico hasta el año actual. No obstante, solo se va a tomar el promedio anual y la precipitación máxima de cada año.

Cuando se tiene los valores ya antes mencionados, se puede empezar con los futuros diseños de disipación de energía, los cuales serían de tipo escalonado, tanto para cunetas como para el modelo de disipación en el talud, este para un periodo de retorno de 25 años, con una revisión a 50 años.

Conforme a la tabla (Anexo 1), los cuales fueron dados por el IMN Instituto Meteorológico Nacional, se determina el promedio anual de cada año y la máxima precipitación que se obtuvo en ese año, los cuales se evidencian a continuación.

Tabla 5

Promedio y precipitación máxima de la estación 74053

Año	Promedio	Máximo
1995	53.9	124.1
1996	47.4	165.4
1997	33.4	103.3
1998	29.2	75.3
1999	42.3	98.1
2000	30.1	88.1
2001	40.6	196.6
2002	26.5	62.2
2003	32.6	81.1
2004	29.1	73.8
2005	36.1	101.7
2006	31.1	113.7
2007	37.3	103.9
2008	25.2	87.2
2009	34.7	53.4
2010	39.0	101.1
2011	35.0	93.7
2012	34.9	124.7
2013	30.5	60.7
2014	30.3	89.1
2015	29.1	66.9
2016	37.2	77.8
2017	44.3	236.7
2018	39.0	133.4
2019	29.9	93.7

2020	43.0	128.8
2021	26.0	67.2
2022	26.8	77.0

Tabla 6

Resultados de las precipitaciones para un periodo de (25 años)

Estación 74053		
Año	Precipitación (mm)	log P
1995	124.1	2.094
1996	165.4	2.219
1997	103.3	2.014
1998	75.3	1.877
1999	98.1	1.992
2000	88.1	1.945
2001	196.6	2.294
2002	62.2	1.794
2003	81.1	1.909
2004	73.8	1.868
2005	101.7	2.007
2006	113.7	2.056
2007	103.9	2.017
2008	87.2	1.941
2009	53.4	1.728
2010	101.1	2.005
2011	93.7	1.972
2012	124.7	2.096
2013	60.7	1.783
2014	89.1	1.950
2015	66.9	1.825
2016	77.8	1.891
2017	236.7	2.374
2018	133.4	2.125
2019	93.7	1.972
2020	128.8	2.110

2021	67.2	1.827
2022	77.0	1.886

Los datos de la tabla 6, ayudan a obtener un valor promedio de la precipitación y del logaritmo, también para conseguir la desviación estándar y la coeficiencia de asimetría. El valor logarítmico, se emplea para poder simplificar los datos de precipitación, ya que son valores muy grandes.

Tabla 7

Cálculos obtenidos de la tabla 6

Promedio	102.8	Desviación estándar	41.2	Coef. de asimetría	1.75	Período de retorno (años)	25
Promedio	1.985	Desviación estándar	0.1512	Coef. de asimetría	0.7393		

Se tomó el promedio tanto de la precipitación (mm) como el del logaritmo para obtener un valor representativo que identifique todos los datos provenientes de la tabla 6. Por otro lado, se adquiere la desviación estándar para medir la variabilidad de los valores anteriormente mostrados. También, el coeficiente de asimetría mide el grado de simetría que presenta la tabla 6.

Como bien se dijo, se estudiará el periodo de retorno de 25 años para cuantificar la probabilidad del evento.

Tabla 8

Resultados del periodo de retorno de (25 años)

Distribución normal		Valor extremo		log Pearson	
p =	0.04	p =	0.04	P =	0.04
w =	2.5373			w =	2.5373
z =	1.7511			z =	1.7511
				k =	0.1232
K_T =	1.7511	K_T =	2.0438	K_T =	1.9762
x_T =	175.0	x_T =	187.1	x_T =	192.0
Límites de confianza					
β =	90	β =	90	β =	90
α =	0.05	α =	0.05	α =	0.05

w=	2.4477	w=	2.4477	w=	2.4477
z =	1.6452	z =	1.6452	z =	1.6452
K_T =	1.7511	K_T =	2.0438	K_T =	1.9762
n =	28	n =	28	n =	28
a =	0.9499	a =	0.9499	a =	0.9499
b =	2.9696	b =	4.0806	b =	3.8088
K_{t sup.} =	2.365	K_{t sup.} =	2.7295	K_{t sup.} =	2.6451
K_{T inf.} =	1.322	K_{T inf.} =	1.5739	K_{T inf.} =	1.5159
V sup. =	200.4	V sup. =	215.4	V sup. =	242.4
V inf. =	157.3	V inf. =	167.7	V inf. =	163.6
V esp. =	175.0	V esp. =	187.1	V esp. =	192.0

Esta tabla describe, que se desea obtener el valor extremo (X_T), esto porque se trata de tomar una estimación de la distribución encontrada en la tabla 7, por lo tanto, el valor extremo (X_T) representa la cantidad de lluvia distribuida que cae en un determinado tiempo. Entonces, se puede decir que, en 24 horas, para un periodo de retorno de 25, la cantidad de lluvia distribuida en el valor extremo (X_T) es de 187.1. En este caso no se toma en cuenta el log Pearson, ya que sobre pasa el valor extremo, quiere decir que es un evento que no ha ocurrido.

Tabla 9

Datos de la distribución temporal de la precipitación, estación 74053. Para un periodo de retorno de (25 años)

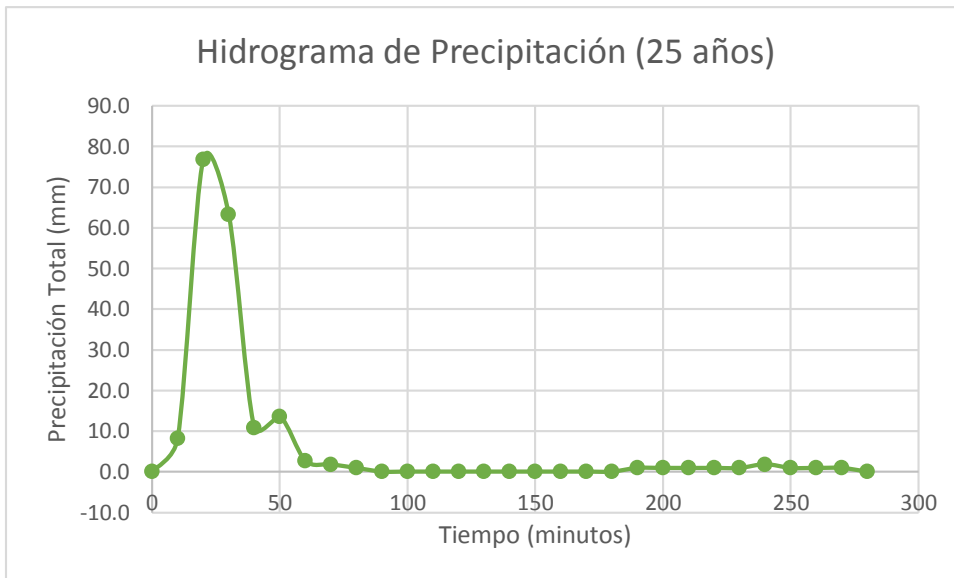
Distribución temporal de la precip. Est. 74053	Precipitación total (mm)	
	Incremento porcentual de precipitación	187.1
Tiempo (minutos)		
0	0.0	0.0
10	4.4	8.1
20	41.1	76.8

30	33.8	63.3
40	5.8	10.9
50	7.3	13.6
60	1.5	2.7
70	1.0	1.8
80	0.5	0.9
90	0.0	0.0
100	0.0	0.0
110	0.0	0.0
120	0.0	0.0
130	0.0	0.0
140	0.0	0.0
150	0.0	0.0
160	0.0	0.0
170	0.0	0.0
180	0.0	0.0
190	0.5	0.9
200	0.5	0.9
210	0.5	0.9
220	0.5	0.9
230	0.5	0.9
240	1.0	1.8
250	0.5	0.9
260	0.5	0.9
270	0.5	0.9
280	0.0	0.0

En la tabla anterior, se conoce que el valor extremo (X_T) es de 187.1 este siendo la cantidad de lluvia distribuida, esto teniendo relevancia con la tabla 9. Aquí lo que se demuestra es la cantidad de precipitación que caería en 20 minutos por las 24 horas. El siguiente gráfico hace referencia al volumen de agua que ha pasado en un intervalo de tiempo.

Figura 26

Hidrograma de precipitación (25 años)



Fuente: Elaboración propia

Describe el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo en un intervalo de tiempo considerado.

Tabla 10

Resultado del método racional para un periodo de retorno de 25 años

Método Racional

Tiempo de Concentración	20	
Período de Retorno	25	años
Volumen Total de Precipitación	187.1	mm
Porcentaje de Precipitación	41%	
ΔT	10.00	min
Precipitación	77.46	mm
Intensidad	464.7564	mm/hr

Cuenca	Área tributaria (m2)	Hectáreas	Coefficiente Escorrentía Imper.	Área verde (m2)
1	231399.0	23.1	0.65	231375.8

Explicando brevemente el método racional, ayuda a determinar el caudal máximo que cae de la cuenca hidrográfica estudiada. También, esta tabla resume un poco de cada

una de las tablas descritas anteriormente.

El área que se muestra en la tabla 10, es lo que abarca el caudal que se va a recoger en los modelos de disipación. Dicho caudal para este periodo de retorno es de $Q = 19.4$. En este caso, la precipitación está dando un valor de 77.4, comparándolo con la tabla 9, de la precipitación total, se observa que ambos valores coinciden, queriendo decir que el evento se encuentra en el rango adecuado.

Se propusieron tres tipos de cunetas disipadoras, ya que estas tienen pendientes distintas.

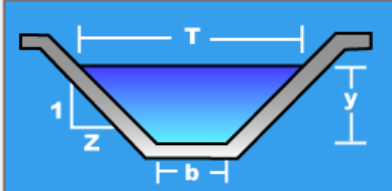
La primera cuneta, está diseñada para un caudal de $Q = 19.4 \text{ m}^3/\text{s}$ con un promedio de pendiente de 0.022 m/m .

Figura 27





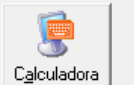
Cuneta de propuesta para un periodo de retorno de 25 años

Lugar:	<input type="text" value="Nambí"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TFG"/>
Tramo:	<input type="text" value="Ruta 21"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Hormigón, concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="19.4"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1.5"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.010"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.022"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.8844"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.1887"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="2.0576"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.4912"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="3.6531"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="9.2342"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="3.9284"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="5.2304"/> m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

 <input type="button" value="Calcular"/>	 <input type="button" value="Limpiar Pantalla"/>	 <input type="button" value="Imprimir"/>	 <input type="button" value="Menú Principal"/>	 <input type="button" value="Calculadora"/>
---	---	---	--	--

Fuente: *Elaboración propia por medio del programa H Canles*

Se tomó de preferencia una rugosidad de 0.010 ésta siendo un material de

hormigón, ya que son las más comunes.

Describiendo cada valor de ésta cuneta, se conoce que el tirante normal (y) es de 0.8844 m éste siendo la profundidad que tiene para este caudal. También, el área hidráulica especifica la cantidad de agua que puede haber dentro del canal o conducto, sabiendo que el valor obtenido del $A=2.0576$ es apropiado para este diseño, el flujo no se va a salir de ella. El número de froude calculado, es una relación entre la velocidad y las ondas con las que podría viajar el flujo dentro de la cuneta, en este caso el número de Froude es $Fr > 1$, entonces el flujo es supercrítico, ya que tiene una velocidad elevada.

En este caso la cuneta, está diseñada para una pendiente de 0.012 con el mismo caudal de la figura anterior.

Figura 28

Perfil longitudinal



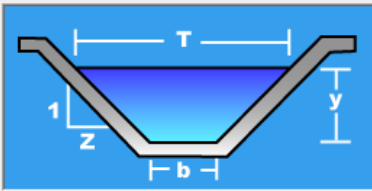
Figura 29

Cuneta de propuesta para un periodo de retorno de 25 años

Lugar:	<input type="text" value="Nambí"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TFG"/>
Tramo:	<input type="text" value="Ruta 21"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Hormigón, concreto"/>





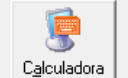
Datos:

Caudal (Q):	<input type="text" value="19.4"/>	m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/>	m
Talud (Z):	<input type="text" value="1.5"/>	
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.010"/>	
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.012"/>	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	<input type="text" value="1.0196"/>	m	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.6763"/>	m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="2.5790"/>	m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.5515"/>	m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="4.0588"/>	m	Velocidad (v):	<input type="text" value="7.3671"/>	m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.9508"/>		Energía específica (E):	<input type="text" value="3.7859"/>	m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>				

 <input type="button" value="Calculador"/>	 <input type="button" value="Limpiar Pantalla"/>	 <input type="button" value="Imprimir"/>	 <input type="button" value="Menú Principal"/>	 <input type="button" value="Calculadora"/>
---	---	---	---	--

Fuente: *Elaboración propia por medio del programa H Canales*

Se tomó de preferencia una rugosidad de 0.010 ésta siendo un material de hormigón, ya que son las más comunes.

En este canal su tirante normal, es más profundo que el primero y el tercero, más sin embargo se encuentra en un rango normal de cunetas.

Describiendo cada valor de ésta cuneta, se conoce que el tirante normal (y) es de 1.0196 m éste viene siendo la profundidad que tiene este caudal. También, el área hidráulica especifica la cantidad de agua que puede haber dentro del canal o conducto, sabiendo que el valor obtenido del $A=2.5790$ es apropiado para este diseño, el flujo no se va a salir de ella. El número de froude calculado, es una relación entre la velocidad y las ondas con las que podría viajar el flujo dentro de la cuneta, en este caso el número de Froude es $Fr > 1$, entonces el flujo es supercrítico, ya que tiene una velocidad elevada.

Por último, se diseñó una cuneta con pendiente de 0.028 con el mismo caudal de las figuras anteriores $Q = 19.4\text{m}^3/\text{s}$

Figura 30

Perfil longitudinal







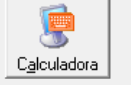
Figura 31

Cuneta propuesta para un periodo de retorno de 25 años

Lugar:	<input type="text" value="Nambí"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TFG"/>
Tramo:	<input type="text" value="Ruta 21"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Hormigón, concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="19.4"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1.5"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.010"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.028"/> m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.8351"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.0108"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="1.8810"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.4690"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="3.5052"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="10.1008"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="4.4023"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="6.0351"/> m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

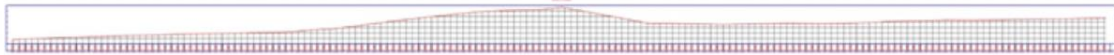
 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Fuente: *Elaboración propia por medio del programa H Canales*

Describiendo cada valor de ésta cuneta, se conoce que el tirante normal (y) es de 0.8351 m éste viene siendo la profundidad que tiene este caudal. También, el área hidráulica especifica la cantidad de agua que puede haber dentro del canal o conducto, sabiendo que el valor obtenido del $A=1.8810$ es apropiado para este diseño, el flujo no se va a salir de ella. El número de froude calculado, es una relación entre la velocidad y las ondas con las que podría viajar el flujo dentro de la cuneta, en este caso el número de Froude es $Fr > 1$, entonces el flujo es supercrítico, ya que tiene una velocidad elevada.

Figura 32

Perfil longitudinal



Por otro lado, se revisará los datos para un periodo de retorno de 50 años.

Tabla 11

Cálculos obtenidos de la tabla 6 para un periodo de retorno de 50 años (Revisión)

Promedio	102.8	Desviación estándar	41.2	Coef. de asimetría	1.75	Período de retorno (años)	50
Promedio	1.985	Desviación estándar	0.1512	Coef. de asimetría	0.7393		

En este apartado, no se dispondrá la tabla de los resultados del periodo de retorno de 50 años, ya que obtiene los mismos valores de la tabla 6.

Esta tabla ayuda a obtener un valor promedio de la precipitación y del logaritmo, también para conseguir la desviación estándar y la coeficiencia de asimetría. El valor logarítmico, se emplea para poder simplificar los datos de precipitación, ya que son valores muy grandes.

Tabla 12

Resultados del periodo de retorno de 50 años (Revisión)

Distribución normal		Valor extremo		log Pearson	
p =	0.02	p =	0.02	P =	0.02
w =	2.7971			w =	2.7971
z =	2.0542			z =	2.0542
				k =	0.1232
K _T =	2.0542	K _T =	2.5923	K _T =	2.4269
x _T =	187.5	x _T =	209.7	x _T =	224.6
Límites de confianza					
β =	90	β =	90	β =	90
α =	0.05	α =	0.05	α =	0.05

w=	2.4477	w=	2.4477	w=	2.4477
z =	1.6452	z =	1.6452	z =	1.6452
K_T =	2.0542	K_T =	2.5923	K_T =	2.4269
n =	28	n =	28	n =	28
a =	0.9499	a =	0.9499	a =	0.9499
b =	4.1230	b =	6.6233	b =	5.7930
K_{t sup.} =	2.742	K_{t sup.} =	3.4184	K_{t sup.} =	3.2099
K_{T inf.} =	1.583	K_{T inf.} =	2.0398	K_{T inf.} =	1.9000
V sup. =	215.9	V sup. =	243.8	V sup. =	295.0
V inf. =	168.1	V inf. =	186.9	V inf. =	187.0
V esp. =	187.5	V esp. =	209.7	V esp. =	224.6

Como bien se dijo en la especificación de la tabla 7, se desea obtener el valor extremo (X_T), esto porque se trata de tomar una estimación de la distribución encontrada en la tabla 11, por lo tanto, el valor extremo (X_T) representa la cantidad de lluvia distribuida que cae en un determinado tiempo. Entonces, se puede decir que, en 24 horas, para un periodo de retorno de 50 años, la cantidad de lluvia distribuida en el valor extremo (X_T) es de 209.7 En este caso no se toma en cuenta el log Pearson, ya que sobre pasa el valor extremo, quiere decir que es un evento que no ha ocurrido.

Tabla 13

Datos de la distribución temporal de la precipitación, estación 74053. Para un periodo de retorno de 50 años (Revisión)

Distribución temporal de la precip. Est. 74053		Precipitación total (mm)
		209.7
	Incremento porcentual de precipitación	
Tiempo (minutos)		
0	0.0	0.0
10	4.4	9.1
20	41.1	86.1
30	33.8	70.9
40	5.8	12.2
50	7.3	15.2

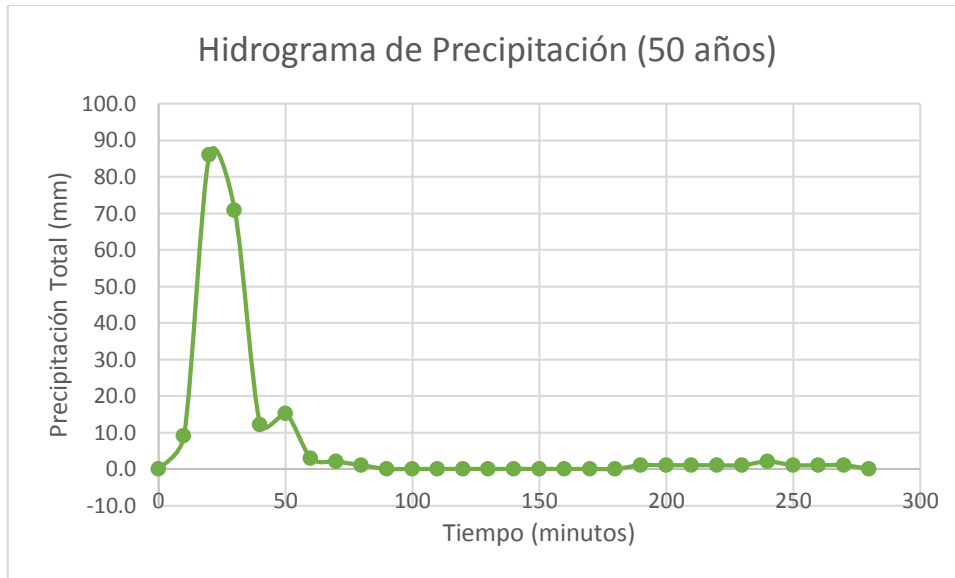
60	1.5	3.0
70	1.0	2.0
80	0.5	1.0
90	0.0	0.0
100	0.0	0.0
110	0.0	0.0
120	0.0	0.0
130	0.0	0.0
140	0.0	0.0
150	0.0	0.0
160	0.0	0.0
170	0.0	0.0
180	0.0	0.0
190	0.5	1.0
200	0.5	1.0
210	0.5	1.0
220	0.5	1.0
230	0.5	1.0
240	1.0	2.0
250	0.5	1.0
260	0.5	1.0
270	0.5	1.0
280	0.0	0.0

En la tabla anterior, se conoce que el valor extremo (X_T) es de 209.7 mm este siendo la cantidad de lluvia distribuida, teniendo relevancia con la tabla número 13. Aquí lo que se demuestra es la cantidad de precipitación que caería en 20 minutos por las 24 horas.

El siguiente gráfico hace referencia al volumen de agua que ha pasado en cierto intervalo de tiempo.

Figura 33

Hidrograma de precipitación de 50 años



Fuente: *Elaboración propia*

Igual que el hidrograma con el periodo de retorno de 25 años, describe el volumen de agua que ha pasado por el punto de aforo en un intervalo de tiempo considerado.

Tabla 14

Resultado del método racional para un periodo de retorno de 50 años

Método Racional				
	Tiempo de Concentración	20		
	Período de Retorno	50	años	
	Volumen Total de Precipitación	209.7	mm	
	Porcentaje de Precipitación	41%		
	ΔT	10.00	min	
	Precipitación	86.82	mm	
	Intensidad	520.8948	mm/hr	
Cuenca	Area tributaria (m2)	Hectáreas	Coficiente Escorrentía Imper.	Área verde (m2)
1	231399.0	23.1	0.65	231375.8

Explicando brevemente el método racional, ayuda a determinar el caudal máximo que cae de la cuenca hidrográfica estudiada. También, esta tabla resume un poco de cada

una de las tablas descritas anteriormente.

El área que se muestra en la tabla 14, es lo que abarca el caudal que se va a recoger en los modelos de disipación. Dicho caudal para este periodo de retorno es de $Q = 21.8$. En este caso, la precipitación está dando un valor de 86.82, comparándolo con la tabla 13, de la precipitación total, se observa que ambos valores coinciden, queriendo decir que el evento se encuentra en el rango adecuado.

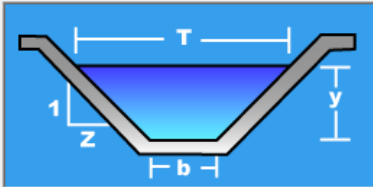
Los siguientes datos obtenidos son para un periodo de retorno de 50 años, estos solo se calcularon para una revisión, y mostrar las diferencias que se obtiene.

Figura 34






Cuneta de propuesta para un periodo de retorno de 50 años

Lugar:	<input type="text" value="Nambí"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TFG"/>
Tramo:	<input type="text" value="Ruta 21"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Hormigón, concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="21.8"/> m ³ /s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1.5"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.010"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.022"/> m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="0.9437"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.4024"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="2.2794"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.5178"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="3.8310"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="9.5638"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="3.9586"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="5.6056"/> m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Fuente: *Elaboración propia por medio del programa H Canales*

Describiendo cada valor de ésta cuneta, se conoce que el tirante normal (y) es de 0.9437 m éste viene siendo la profundidad que tiene este caudal. También, el área hidráulica específica la cantidad de agua que puede haber dentro del canal o conducto, sabiendo que el valor obtenido del $A=2.2794$ es apropiado para este diseño, el flujo no se va a salir de ella. El número de froude calculado, es una relación entre la velocidad y las ondas con las que podría viajar el flujo dentro de la cuneta, en este caso el número de

Froude es $Fr > 1$, entonces el flujo es supercrítico, ya que tiene una velocidad elevada





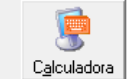
Figura 32

Cuneta de propuesta para un periodo de retorno de 50 años

Lugar:	<input type="text" value="Nambí"/>	Proyecto:	<input type="text" value="TFG"/>
Tramo:	<input type="text" value="Ruta 21"/>	Revestimiento:	<input type="text" value="Hormigón, concreto"/>

Datos:	
Caudal (Q):	<input type="text" value="21.8"/> m3/s
Ancho de solera (b):	<input type="text" value="1"/> m
Talud (Z):	<input type="text" value="1.5"/>
Rugosidad (n):	<input type="text" value="0.010"/>
Pendiente (S):	<input type="text" value="0.012"/> m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	<input type="text" value="1.0866"/> m	Perímetro (p):	<input type="text" value="4.9179"/> m
Área hidráulica (A):	<input type="text" value="2.8578"/> m ²	Radio hidráulico (R):	<input type="text" value="0.5811"/> m
Espejo de agua (T):	<input type="text" value="4.2599"/> m	Velocidad (v):	<input type="text" value="7.6282"/> m/s
Número de Froude (F):	<input type="text" value="2.9735"/>	Energía específica (E):	<input type="text" value="4.0525"/> m·Kg/Kg
Tipo de flujo:	<input type="text" value="Supercrítico"/>		

 Calcular	 Limpiar Pantalla	 Imprimir	 Menú Principal	 Calculadora
--	--	--	--	---

Fuente: *Elaboración propia por medio del programa H Canales*

Describiendo cada valor de ésta cuneta, se conoce que el tirante normal (y) es de 1.0866 m éste viene siendo la profundidad que tiene este caudal. También, el área hidráulica específica la cantidad de agua que puede haber dentro del canal o conducto, sabiendo que el valor obtenido del $A=2.8578$ es apropiado para este diseño, el flujo no se va a salir de ella. El número de froude calculado, es una relación entre la velocidad y las ondas con las que podría viajar el flujo dentro de la cuneta, en este caso el número de Froude es $Fr > 1$, entonces el flujo es supercrítico, ya que tiene una velocidad elevada

Figura 35

Cuneta de propuesta para un periodo de retorno de 50 años

Lugar:	Nambí	Proyecto:	TFG
Tramo:	Ruta 21	Revestimiento:	Hormigón, concreto

Datos:	
Caudal (Q):	21.8 m ³ /s
Ancho de solera (b):	1 m
Talud (Z):	1.5
Rugosidad (n):	0.010
Pendiente (S):	0.028 m/m

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.8915 m	Perímetro (p):	4.2143 m
Área hidráulica (A):	2.0836 m ²	Radio hidráulico (R):	0.4944 m
Espejo de agua (T):	3.6745 m	Velocidad (v):	10.4626 m/s
Número de Froude (F):	4.4360	Energía específica (E):	6.4708 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Calcular	Limpiar Pantalla	Imprimir	Menú Principal	Calculadora

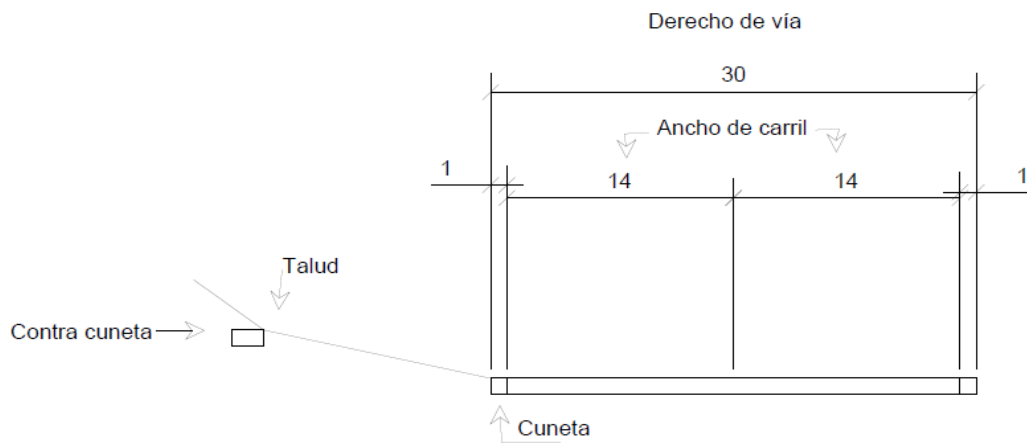
Fuente: *Elaboración propia por medio del programa H Canales*

Describiendo cada valor de ésta cuneta, se conoce que el tirante normal (y) es de 0.8915 m éste viene siendo la profundidad que tiene este caudal. También, el área hidráulica específica la cantidad de agua que puede haber dentro del canal o conducto, sabiendo que el valor obtenido del $A=2.0836$ es apropiado para este diseño, el flujo no se va a salir de ella. El número de froude calculado, es una relación entre la velocidad y las ondas con las que podría viajar el flujo dentro de la cuneta, en este caso el número de Froude es $Fr > 1$, entonces el flujo es supercrítico, ya que tiene una velocidad elevada

Con los resultados obtenidos anteriormente, se diseñaron elementos de disipación de energía tanto para cunetas, contra cunetas y para bajantes de taludes.

Figura 36

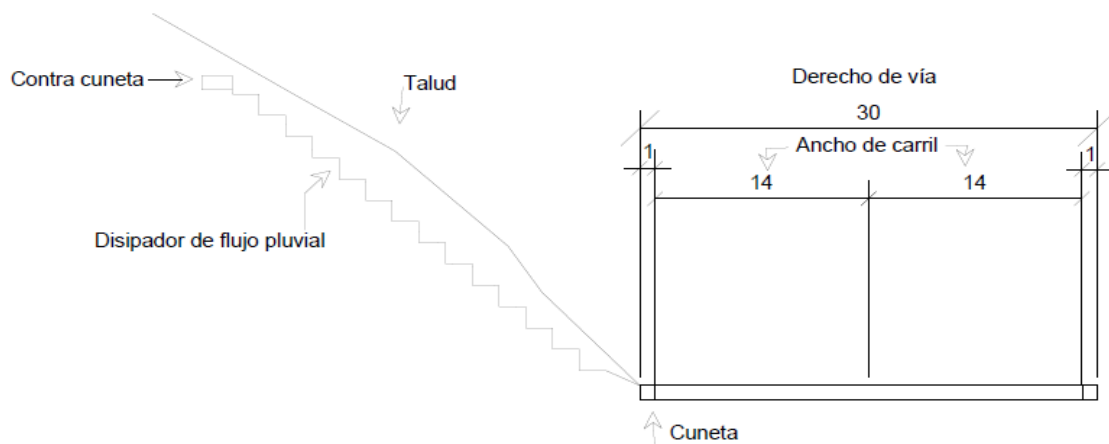
Perfil longitudinal para la primera cuneta



Fuente: *Elaboración propia, AutoCad*

Figura 37

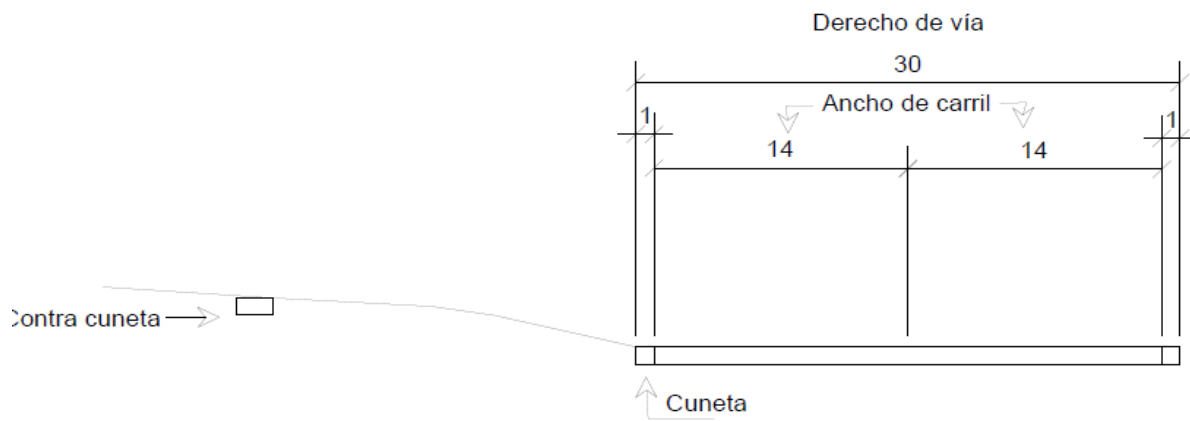
Perfil longitudinal para la segunda cuneta



Fuente: *Elaboración propia, AutoCad*

Figura 38

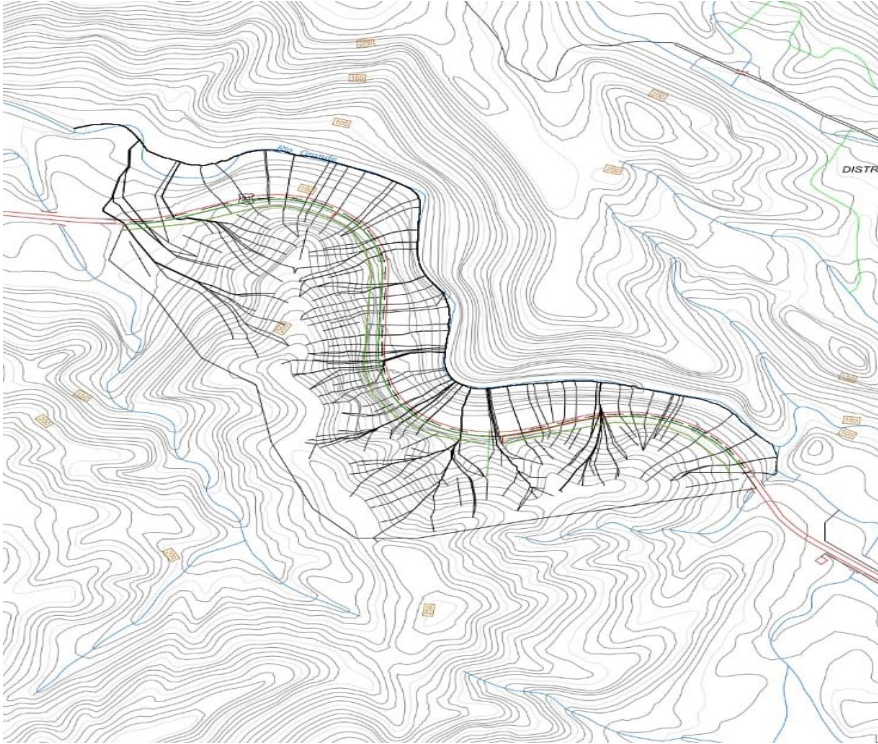
Perfil longitudinal para la tercera cuneta



Fuente: *Elaboración propia, AutoCad*

Figura 39

Área del terreno



El área marcada muestra un área de 231399.0, calculada en hectáreas 23.1 se recolectará el caudal para cada periodo de retorno.

Figura 40

Propuesta para disipador de energía tipo escalonado en el talud

DISIPADOR DE FLUJO EN TALUD

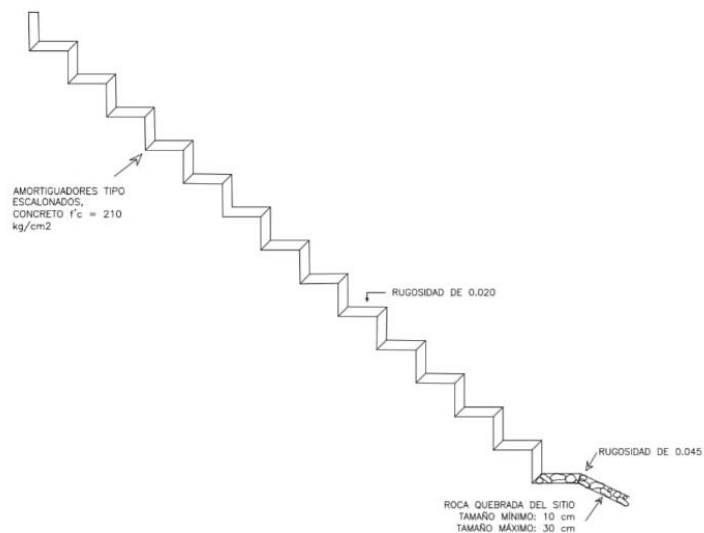
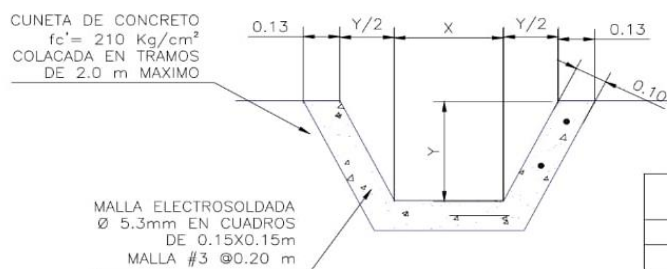


Figura 41

Propuesta para cuneta trapezoidal

CUNETA TRAPEZOIDAL



DIMENSIONAMIENTO		
CUNETA	X (m)	Y (m)
CUNETA #1	1	0.89
CUNETA #2	1	1.02
CUNETA #3	1	0.84

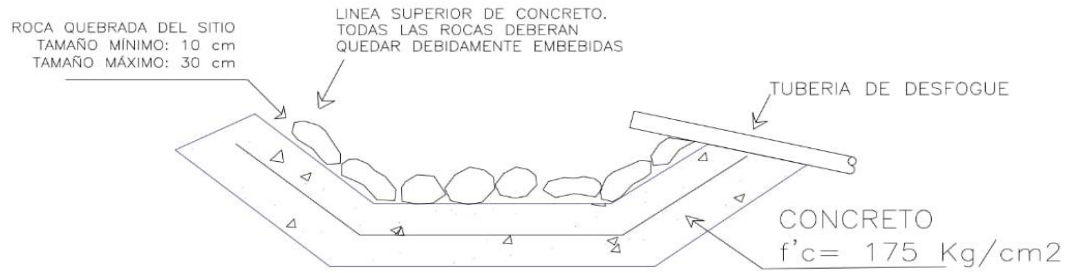
DETALLE DE CUNETA TRAPEZOIDAL

ESCALA 1:20

Figura 42

Propuesta para amortiguador de energía tipo escalonado en cunetas

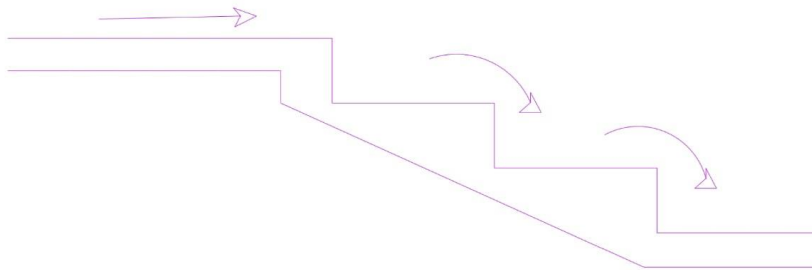
ESTRUCTURA AMORTIGUADORA DE FLUJO



DETALLE DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL

Figura 43

Diseño en perfil de la cuneta escalonada



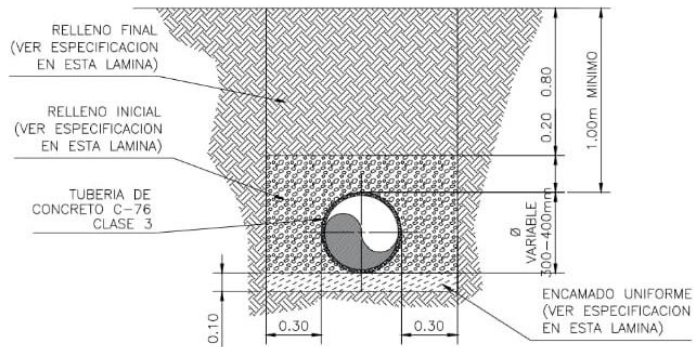
CUNETA CON DISIPADORES EN ESCALONES

Figura 44

Detalles del paso de alcantarilla

ALCANTARILLA

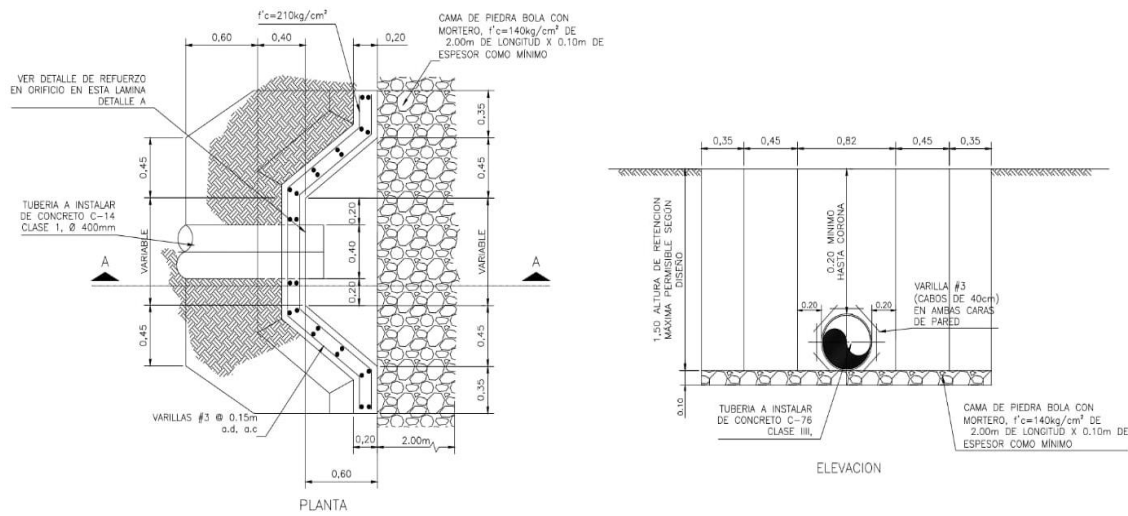
ESPECIFICACIONES DE RELLENOS Y ENCAMADO
RELLENO FINAL: A RELLENAR CON MATERIAL SELECTO DE SITIO, COMPACTADO AL 85% DEL PROCTOR ESTANDAR EL MATERIAL DEBE SER APROBADO POR EL INGENIERO INSPECTOR.
RELLENO INICIAL: COMPACTADO AL 90% DEL PROCTOR MODIFICADO, CON DENSIDAD RELATIVA DE 70%. EL MATERIAL A UTILIZAR DEBERA SER GRAVA FINA. EL TAMAÑO MÁXIMO DE AGREGADO SERÁ DE 4.75mm. SE PODRA UTILIZAR MATERIAL DE SITIO (COMPACTADO AL 95% DEL PROCTOR ESTANDAR) APROBADO POR EL INGENIERO INSPECTOR.
ENCAMADO: COMPACTADO AL 90% DEL PROCTOR ESTANDAR, EL MATERIAL A UTILIZAR DEBERA SER ARENA, QUE SEA APROBADO POR EL INGENIERO INSPECTOR.



DETALLE DE INSTALACION DE TUBERIA PLUVIAL DE CONCRETO

Figura 45

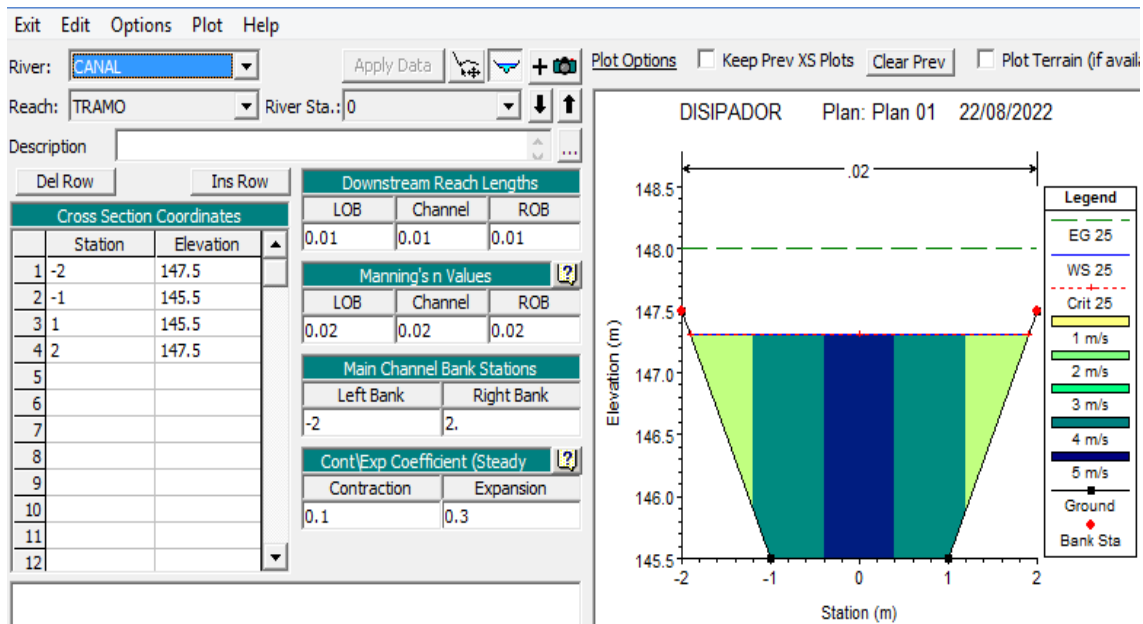
Detalles de cabezal



DETALLE DE CABEZAL DE DESFOGUE DE AGUAS PLUVIALES

Figura 46

Sección transversal de la estación 0 (25 años)

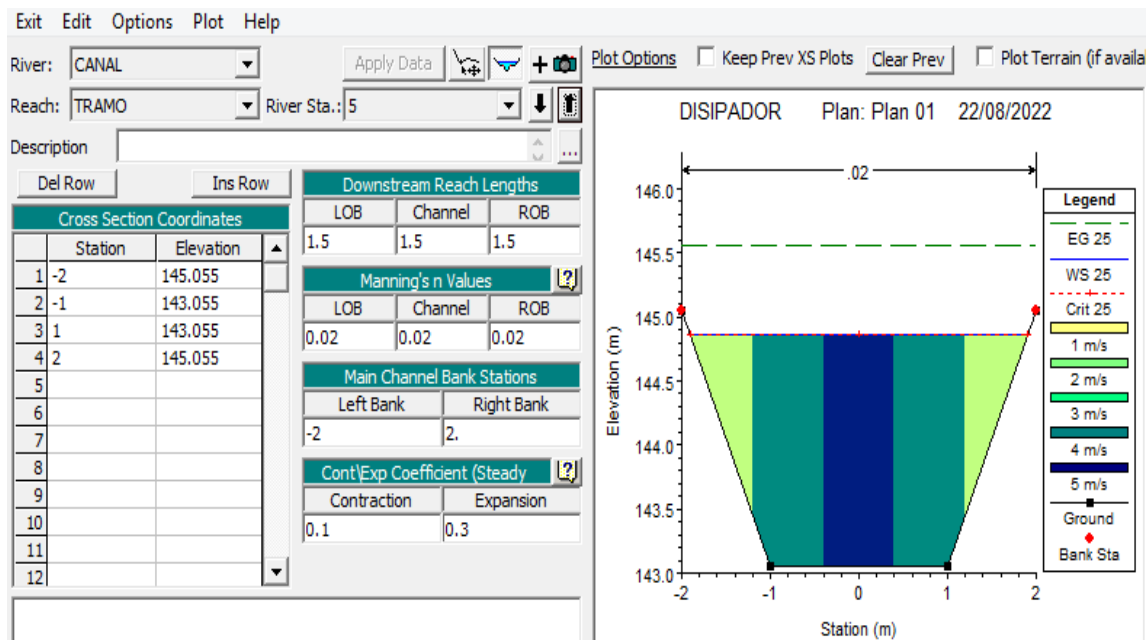


Describiendo la figura anterior, se observa que tiene estaciones de -2 a 2 , donde estos tienen una elevación de 147.5 y las estaciones de -1 a 1 , con elevaciones de 145.5 .

Esta última, es la elevación donde se propuso el modelo de disipación de energía tipo escalonado, este proyectado en x con una distancia en caída de 0.01. Por otro lado, presenta un tirante crítico (línea roja punteada), el cual tiene un valor de 147.3 mm, donde describe el caudal máximo que presenta esa sección.

Figura 47

Sección transversal de la estación 5 (25 años)



Describiendo la figura anterior, se observa que tiene estaciones de -2 a 2 , donde estos tienen una elevación de 145.055 y las estaciones de -1 a 1 , con elevaciones de 143.055 . Estas elevaciones van disminuyendo, ya que el modelo a realizar es de tipo escaleras. Esta estación se observa proyectado en x con una distancia en pendiente. Por otro lado, presenta un tirante crítico (línea roja punteada) donde describe el caudal máximo que presenta esa sección.

Y así sucesivamente para las siguientes figuras, tomando en cuenta que las elevaciones van variando.

Figura 48

Sección transversal de la estación 10 (25 años)

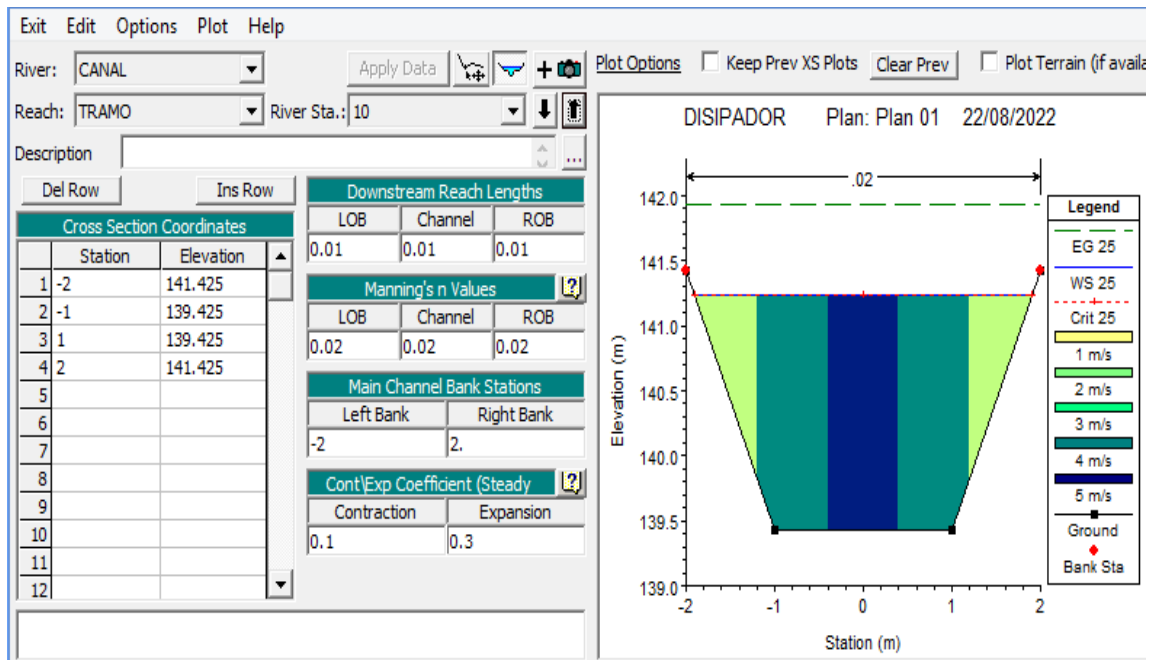


Figura 49

Sección transversal de la estación 15 (25 años)

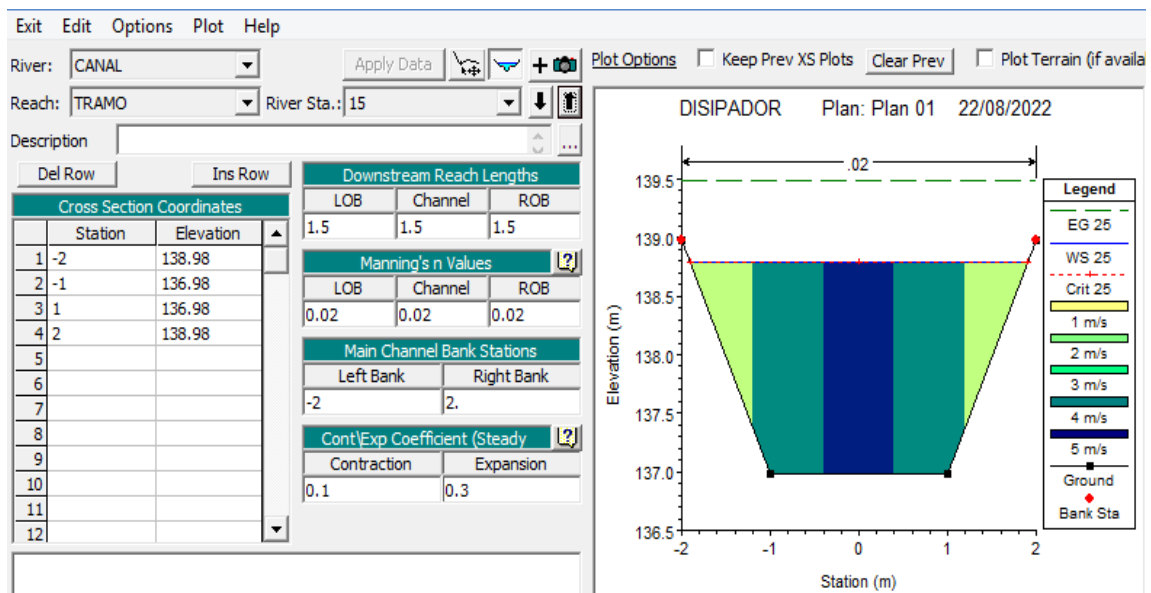


Figura 50

Sección transversal de la estación 20 (25 años)

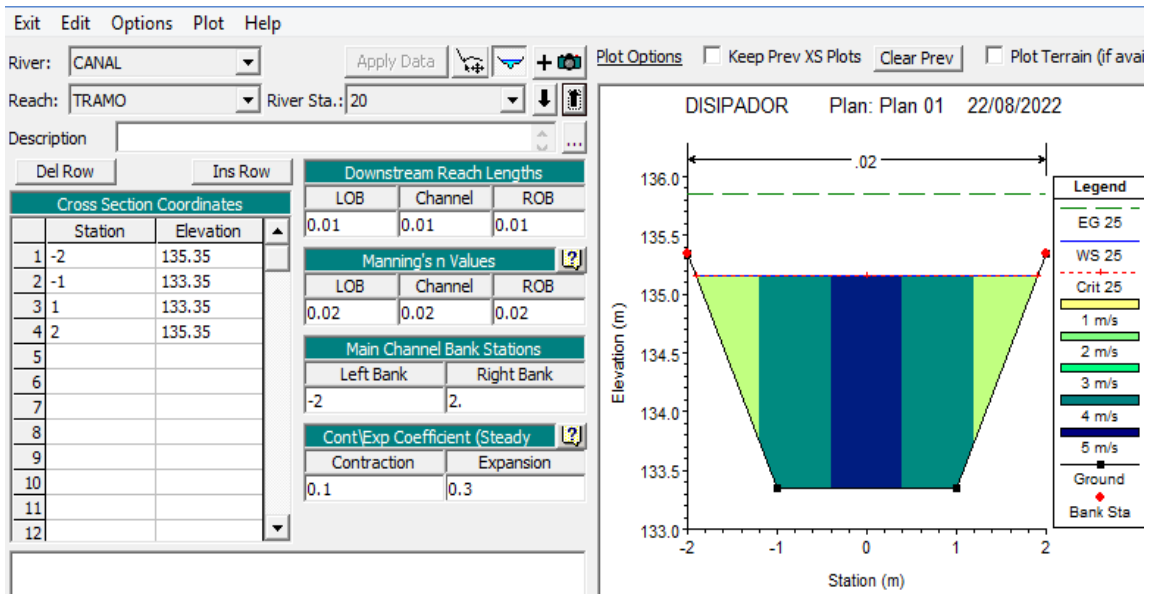
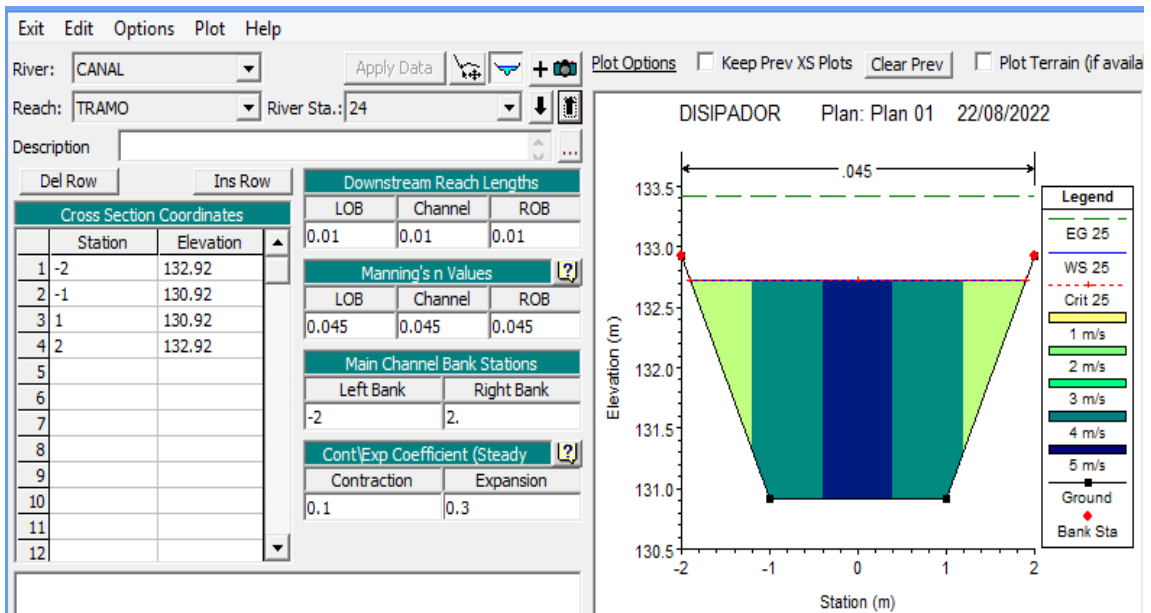


Figura 51

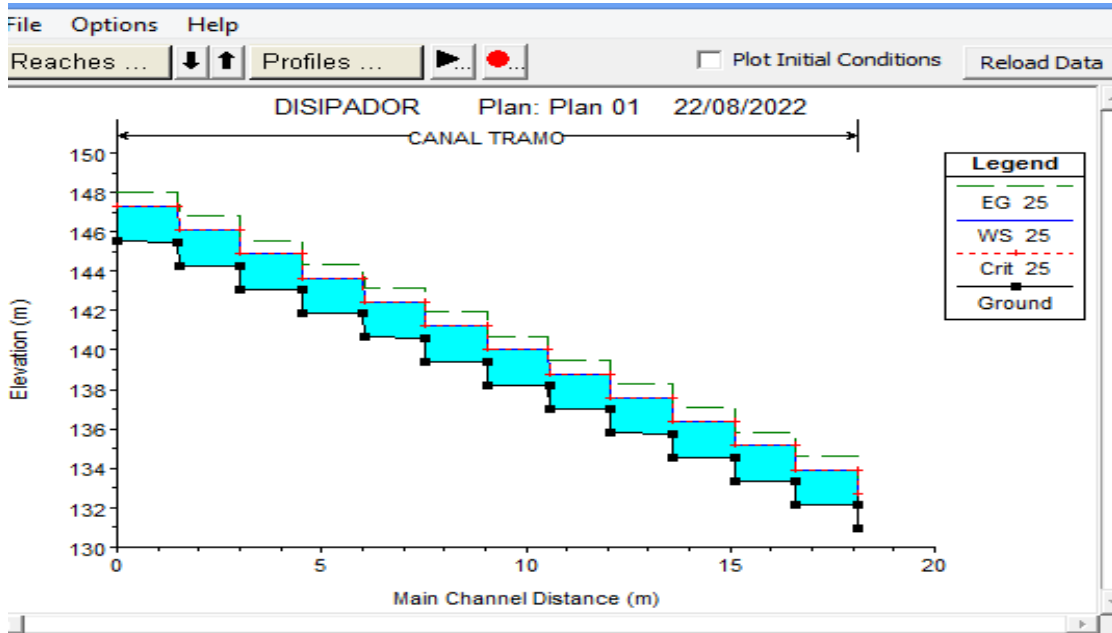
Sección transversal de la estación 24 (25 años)



Con los cálculos antes mencionados, se fue formando el modelo de disipación propuesto, se escogió tipo escalonado ya que va a disipar mejor el flujo.

Figura 52

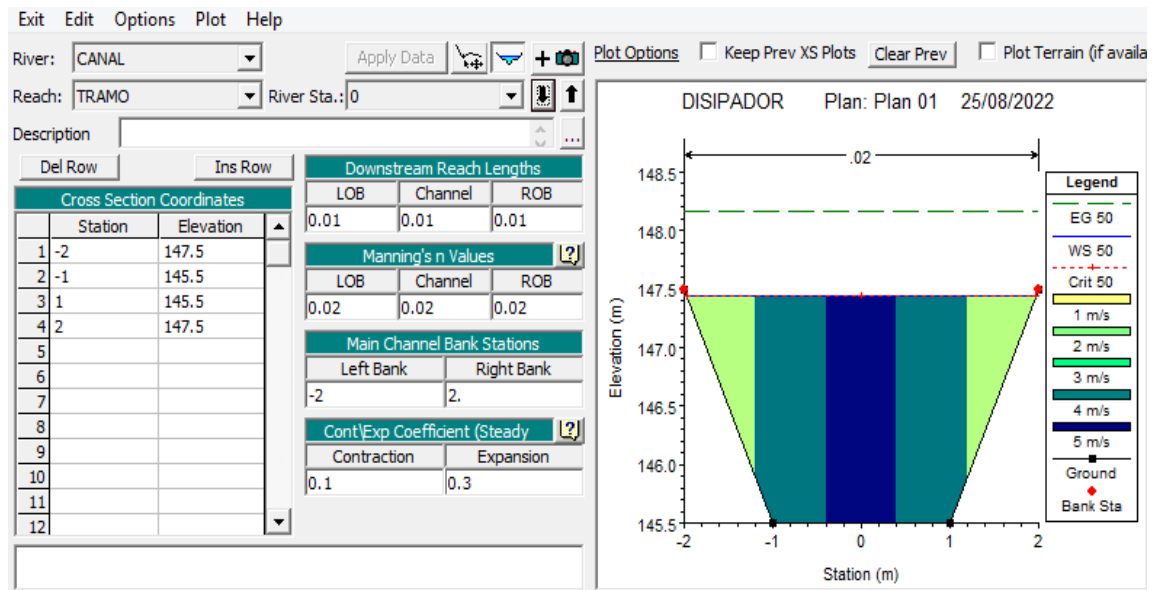
Propuesta disipadora (Hec Ras) (25 años)



También, se colocará algunas de las secciones transversales para un periodo de retorno de 50 años, esto para observar que tipo de consecuencias podrían ocurrir. Se puede distinguir que en cada estación de este periodo, su tirante crítico se eleva

Figura 53

Sección transversal de la estación 0 (50 años)



En esta estación para el periodo de retorno de 50 años, este se eleva unos milímetros de 147.4 de caudal en el tirante crítico. Dando a entender que está en el rango admitido, con lo cual tampoco sufrirá desbordamiento de flujo.

Figura 54

Sección transversal de la estación 10 (50 años)

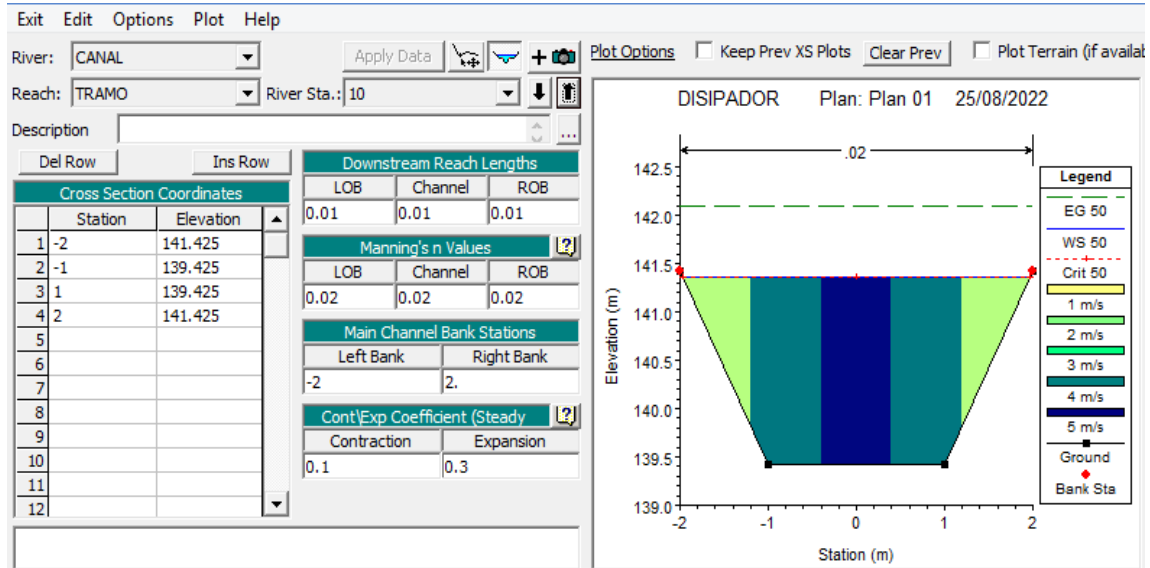


Figura 55

Sección transversal de la estación 15 (50 años)

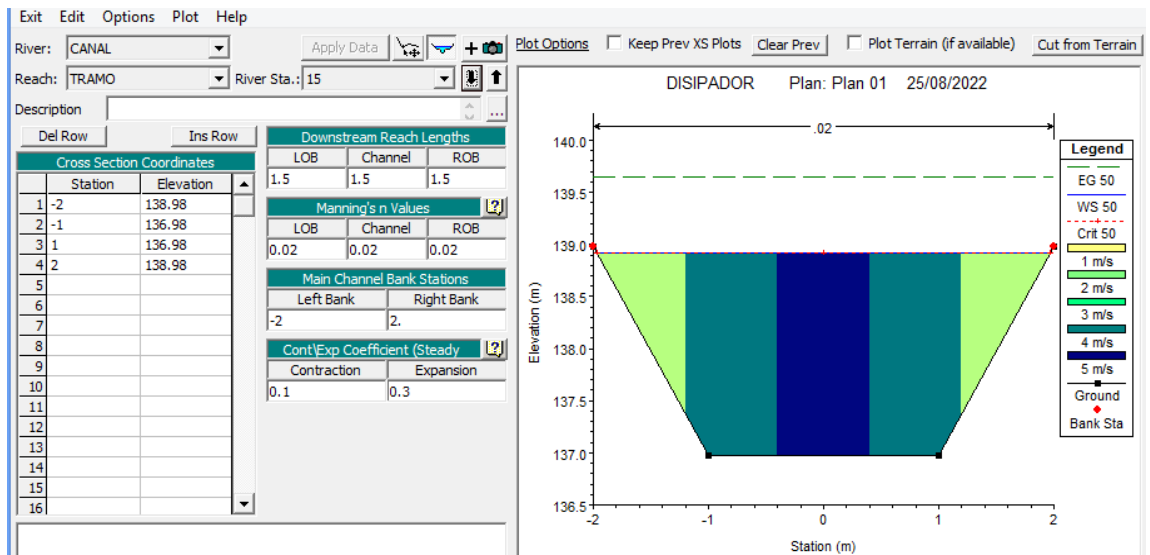


Figura 56

Sección transversal de la estación 20 (50 años)

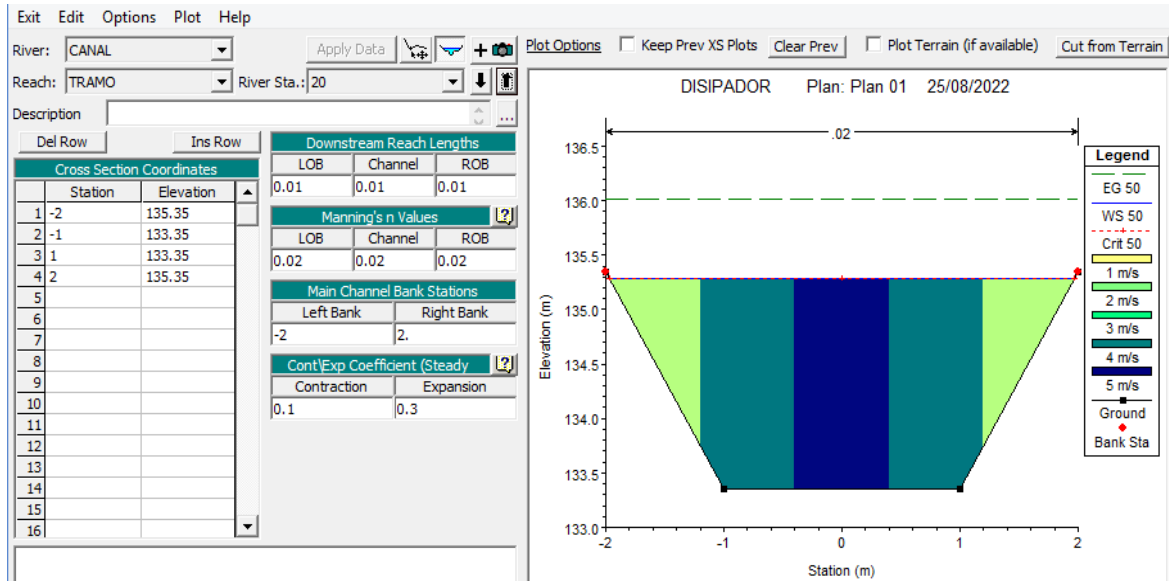


Figura 57

Sección transversal de la estación 24 (50 años)

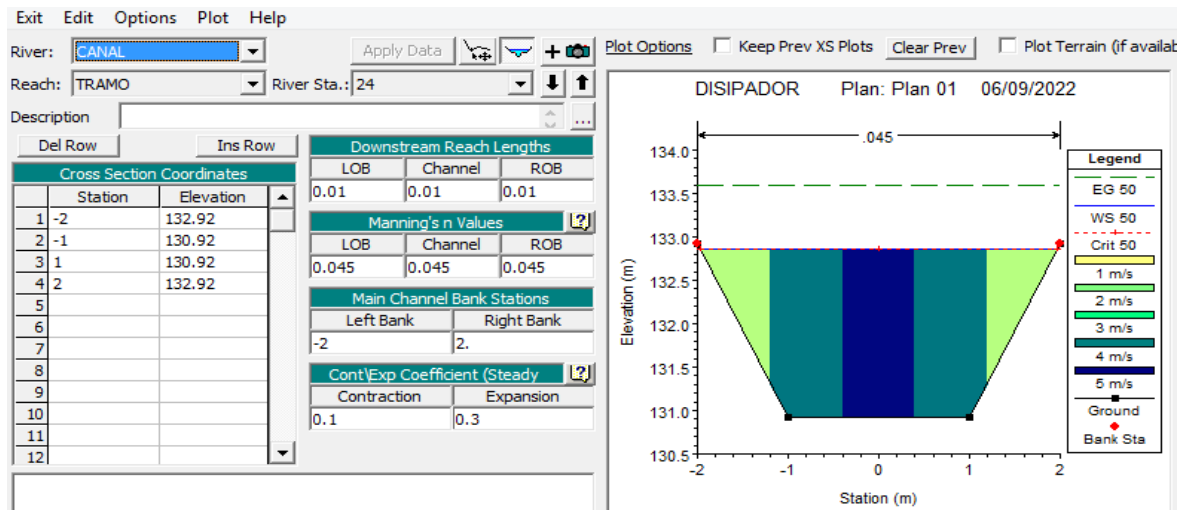


Tabla 15

Resumen de los datos de diseños

Datos del diseño de cunetas (25 años)	#1	#2	#3	unidades
Caudal (Q)	19.4	19.4	19.4	m ³ /s
Ancho solera (b)	1	1	1	m
Talud (z)	1.5	1.5	1.5	
Rugosidad (n)	0.010	0.01	0.01	

Pendiente (S)	2.20%	1.20%	2.80%	m/m
Tirante Normal (y)	0.8844	1.0196	0.8351	m
Área hidráulica (A)	2.0576	2.579	1.881	m ²
Espejo de agua (T)	3.6531	4.0588	3.5052	m
Número de froude (F)	3.9284	2.9508	4.4023	
Tipo de flujo	Supercrítico	Supercrítico	Supercrítico	
Perímetro (p)	4.1887	4.6763	4.0108	m

Tabla 16

Resumen de los datos de diseños

Datos del diseño de cunetas (50 años)	#1	#2	#3	unidades
Caudal (Q)	21.8	21.8	21.8	m ³ /s
Ancho solera (b)	1	1	1	m
Talud (z)	1.5	1.5	1.5	
Rugosidad (n)	0.010	0.01	0.01	
Pendiente (S)	2.20%	1.20%	2.80%	m/m
Tirante Normal (y)	0.9437	1.0866	0.8915	m
Área hidráulica (A)	2.2794	2.8578	2.0836	m ²
Espejo de agua (T)	3.831	4.2599	3.6745	m
Número de froude (F)	3.9586	2.9735	4.436	
Tipo de flujo	Supercrítico	Supercrítico	Supercrítico	
Perímetro (p)	4.4024	4.9179	4.2143	m
Radio hidráulico (R)	0.5178	0.5811	0.4944	m
Velocidad (v)	9.5638	7.6282	10.4626	m/s
Energía específica E	5.6056	4.0525	6.4708	m*kg/kg

Tabla 17

Resumen de los datos de diseños

Datos del diseño del dissipador escalonado	
Roca quebrada de 10 y 30 al final de la estructura	
Coefficiente de rugosidad (Posee dos)	0.02 0.045
Concreto f'c	210 kg/cm ²
Base	1.5
Caída del flujo	0.01
Elevación del modelo	145.5

Tabla 18

Resumen de los datos de diseños

Detalle revestimiento del canal		
Concreto f'c	175	kg/cm ²
Roca quebrada de 10 y 30 cm		

Tabla 19

Resumen de los datos de diseños

Datos del diseño de alcantarilla		
Tubería de concreto clase III	C-76	
Cama de piedra, bola de mortero f'c	140	kg/cm ²
Longitud de la cama de piedra	2.0	m
Espesor de la cama de piedra	0.10	m
Concreto del cabezal f'c	210	kg/cm ²
Tubería de concreto clase I	C-14	

Figura 58

Diseño de alcantarilla

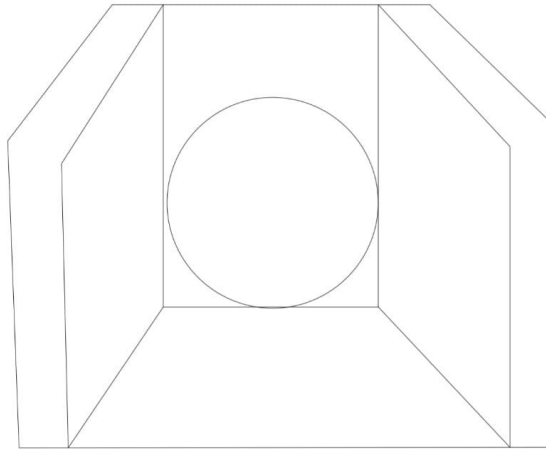


Figura 59

Secciones vistas en planta

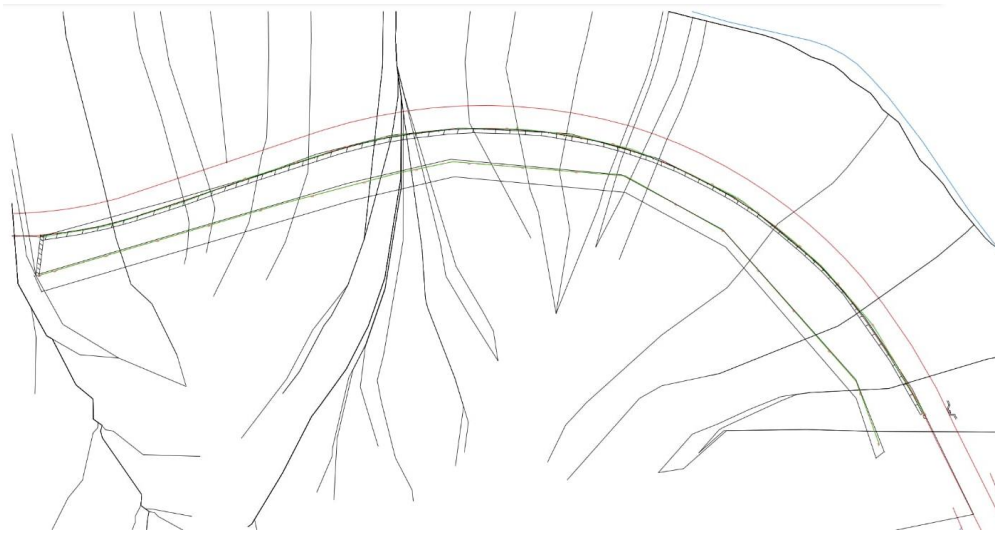


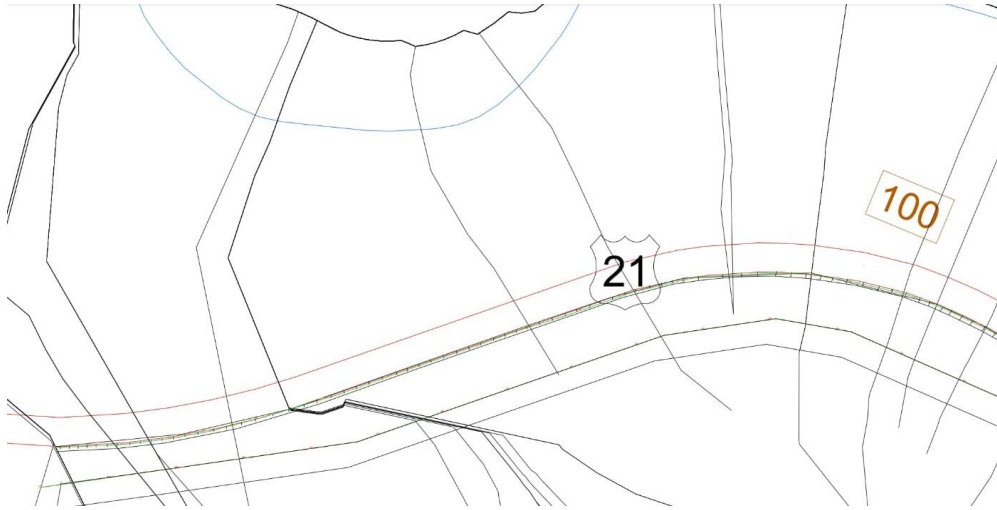
Figura 60

Secciones vistas en planta



Figura 61

Secciones vistas en planta



CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Primeramente, se conoció el lugar de estudio el cual se tuvo que averiguar las precipitaciones máximas en 24 horas y promediar cada una de ellas por los años en los cuales se querían estudiar, para así comenzar con los diseños propuestos.

Se detalló cada uno de los modelos de disipación de energía, esto para tener más claro cómo funciona cada uno y tener una mejor visualización de cuál sería el indicado para este trabajo de investigación. También, se identificaron las variantes que causan erosiones en los terrenos.

Antes de empezar con la propuesta de los diseños de disipación de energía, se calcularon ciertos valores esto para obtener un diseño adecuado para la zona estudiada.

Al obtener los resultados, se diseñó un dissipador de energía hidráulico con una elevación de 145.5 m, para un talud ubicado en la Ruta 21, específicamente en Nambí. El modelo propuesto, tiene una rugosidad de 0.020 n y en la caída se aumentó la rugosidad a 0.045 n esto para que el flujo que recorrerá por ella, llegue de una manera mucho más disipada, al final del elemento dissipador se usarían rocas de tamaño mínimo de 10 cm y otras de tamaño máximo de 30 cm, y así evitar la erosión del terreno e inundaciones. Por otro lado, este dissipador fue propuesto para un periodo de retorno de 25 años, ya que es una cantidad de tiempo adecuada para cualquier obra civil, más, sin embargo, también se hizo una revisión para un periodo de retorno de 50 años, este es un valor no muy alto, pero tampoco muy bajo, significa que estará el riesgo de falla 5 veces a lo largo de esos 50 años.

También, se propuso tres diseños de cunetas para un caudal de 19.4 m³/s, en este caso se mantuvo el mismo caudal para las otras dos propuestas de cunetas, más sin embargo cada una de ellas iba en tramos distintos, pero siempre ubicados en la Ruta 21. Se diseñó una cuneta para la primera curva (Nicoya- Santa Cruz), con un caudal ya antes mencionado, con un ancho de solera de 1 m, un talud de 1.5 y una pendiente promedio de 0.022 m/m. Se concluyó que este modelo de cuneta es adecuado para este tramo y para el periodo de retorno a utilizar (25 años), porque cuenta con un tirante normal (y) de 0.8844 m, el cual permite que el flujo que recorre dentro de ella no pase por encima del modelo propuesto. También se hace mención que el número de froude es mayor que uno, $Fr > 1$, queriendo decir que es un flujo supercrítico.

Usando el método racional, se observó que la precipitación debe ser igual a la precipitación total, ya que esto ayuda a saber si el volumen total como el porcentaje de precipitación están bien calculados. Por otro lado, se cumplió que el valor extremo (X_T) que es de 187.1 mm, caería en 20 minutos por 24 horas.

5.2 Recomendaciones

Al finalizar este estudio se plantean las siguientes recomendaciones:

- Revisar bien la fuente de los materiales para que los agregados que se vayan a utilizar en estas obras sean los más óptimos.
- Definir con claridad donde ocurren drenajes naturales, para así en un futuro evitar proyectos nuevos que puedan dañar o afectar la escorrentía en la cuenca.
- Se debe utilizar el equipo adecuado para realizar dicha obra, ya que abarca lugares de muy difícil acceso y el terreno es muy inclinado.
- Realizar nuevos estudios con precipitaciones en los años siguientes del año 2022, para obtener un sondeo de si incrementaría o no más problemáticas en la zona.
- Se deberá realizar más estudios de suelo para observar las características que se presenta en la zona donde se construirán las estructuras.
- Promover a realizar una mejor topografía del lugar, tanto terrestre como área para conocer más a fondo la cuenca que se encuentra en la Ruta 21, Nambí.
- Crear mecanismos de participación para la gestión ambiental y social, desde el inicio de la obra y así no tener afectaciones en la carretera, presas o choques.
- Crear incentivos que despierten el interés de la Municipalidad dispuestas a invertir más para tener una mejor viabilidad en la zona.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Administration, F. H. (2006). Hydraulic Design of Energy Dissipators for Culverts and Channels.
<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/pubs/06086/hecl4.pdf>
- Arias, F. (2012). El proyecto de Investigación Introducción a la metodología científica. Editorial Episteme. República Bolivariana de Venezuela
- Arteaga-Acuña, F. (2017). *Análisis hidráulico de la bocatoma María Auxiliadora del Río Quiroz con modelo numérico tridimensional*. [Tesis de licenciatura, Universidad de Piura]. Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3245/ICI_244.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cárdenas-Quintero, M., Vicente-Marbello, R. (2011). Precisión y corrección a la ecuación de diseño de cunetas triangulares urbanas de aguas lluvias, establecida en normas de diseño colombianas. <https://www.researchgate.net/publication/321598749>
- Castañeda-Rojas, P. (2016). *Implementación de un dissipador para la reducción de energía hidráulica en la Central Hidroeléctrica el Platanal en Cañete*. [Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte]. https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10811/T055_44126988_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cuzque-Huamán, H. (2019). *Diseño de un modelo físico hidráulico para disipar energía en un canal con pantallas deflectoras*. [Tesis de licenciatura, Universidad Señor de Sipán]. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6011/Cuzque%20Huam%20a%20Henrry%20Neyser.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Girón, H. A. (2013). Propuesta de la instalación de dissipadores de energía para proteger las bases de los puentes. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3558_C.pdf
- Gómez, R. P. (2019). Dissipadores de energía-parte III: estanque amortiguador con pendiente y dissipador de impacto. <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v40n1/1680-0338-riha-40-01-73.pdf>
- López, R. (2007) Método racional en zona urbana. Bases conceptuales y aplicación en medio urbano. *FLUMEN - Dinàmica Fluvial i Enginyeria Hidrològica*. <https://www.hidrojing.com/wp-content/uploads/2014/04/Seminario-de-hidrolog%C3%ADa-urbana.pdf>
- Mamani-Condori, M. (2018). *Diseño de estructuras de disipación*. [Tesis de licenciatura, Universidad José Carlos Mariátegui]. http://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/510/Miriam_trabajo_suficiencia_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Michel, F. V. (2020). Resalto hidráulico. <https://www.udocz.com/apuntes/41525/resalto-hidraulico-en-canales>
- Pérez, R. M. (2005). Manual de prácticas de laboratorio de hidráulica. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/21725/3353962.2005.Parte%2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ponce, V. (2021). *Nueva perspectiva sobre la ecuación de convección-difusión-dispersión*. http://uon.sdsu.edu/nueva_perspectiva_dispersion.html
- Ponce, V. (2017). Drenaje de carreteras. http://ponce.sdsu.edu/drenaje_de_carreteras_b.html#:~:text=Ponce&text=Las%20alcantarillas%20son%20conductos%20de,de%20ferrocarril%2C%20etc.
- Rodríguez, C. B. (2016). Propuesta de tanque amortiguador y pruebas de laboratorio en modelo a escala del vertedor de servicio de la C.H. MALPASO. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/11337/1/tesis.pdf>.pdf
- Terrones, L. V. (2019). Evaluación hidráulica de la disipación de energía en cuatro tipos de cuencos amortiguadores, bajo condiciones de flujo variable. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/707/70760276005/html/index.html#:~:text=Chow%20%5B18%5D%20define%20la%20importancia,un%20punto%20donde%20el%20flujo>
- Villamarín, S. (2013). *Manual básico de diseño de estructuras de disipación de energía hidráulica*. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/6182/1/AC-CIVIL-ESPE-040211.pdf>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Precipitación promedio en 24 horas (Estación 74053)

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1995	0.0	0.0	14.1	44.2	45.5	36.5	71.1	67.0	124.1	93.9	39.6	3.1
1996	0.3	0.1	2.0	11.4	64.9	45.7	79.1	53.1	48.9	165.4	95.9	1.7
1997	0.8	0.0	3.5	21.7	23.9	103.3	50.1	0.0	0.0	68.6	60.7	1.0
1998	0.1	0.1	1.6	3.2	29.8	17.0	33.6	56.0	43.4	75.3	58.2	32.4
1999	2.1	18.5	0.0	49.0	45.3	72.7	17.9	67.4	86.1	98.1	32.6	18.0
2000	0.0	0.3	0.0	0.3	51.4	20.6	36.3	56.0	88.1	40.7	66.8	1.0
2001	0.0	1.0	0.6	4.9	62.1	22.2	20.2	28.0	12.6	196.6	121.5	17.2
2002	0.2	0.5	0.0	0.5	46.2	62.2	50.5	51.4	56.9	26.2	23.7	0.0
2003	0.0	1.9	15.6	16.6	31.2	46.4	38.5	35.9	81.1	55.2	62.9	6.4
2004	0.3	0.4	7.9	3.8	73.8	46.3	48.7	35.3	36.3	55.0	38.2	3.4
2005	1.2	0.0	11.1	17.0	69.7	68.1	38.0	35.3	101.7	78.3	12.7	0.0
2006	1.6	4.9	0.4	1.8	113.7	36.0	34.7	75.9	38.6	52.6	8.3	4.7
2007	0.8	0.1	0.2	29.8	51.7	103.0	28.8	45.0	46.4	103.9	35.5	2.9
2008	0.1	7.1	27.9	3.6	87.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2009	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	41.7	53.4	36.7	6.8
2010	0.1	0.0	0.1	66.5	101.1	49.7	40.6	38.2	75.9	36.6	53.7	5.6
2011	0.0	0.1	1.8	44.2	41.6	39.2	37.6	77.2	52.7	93.7	30.4	1.8
2012	0.1	0.1	0.0	69.3	25.8	0.0	0.0	32.8	80.0	124.7	15.8	0.2
2013	12.3	0.0	5.6	48.7	57.4	32.1	44.8	26.6	28.5	60.7	49.1	0.2
2014	13.2	12.6	0.5	5.9	37.2	39.4	9.6	50.9	59.8	89.1	44.8	0.2
2015	0.0	0.0	0.0	41.4	8.5	54.8	0.0	35.0	66.9	52.5	61.2	0.1
2016	0.0	1.1	0.0	16.6	65.5	44.0	39.1	35.6	56.3	62.8	47.6	77.8
2017	1.9	0.0	0.0	6.0	60.4	57.3	34.4	38.7	59.0	236.7	37.0	0.2
2018	7.8	0.1	0.3	43.9	43.9	34.7	40.7	58.2	69.1	133.4	34.2	1.7
2019	0.0	0.0	0.0	9.9	40.6	41.7	47.3	21.6	87.5	93.7	4.6	11.7
2020	1.7	0.8	0.0	29.0	59.6	30.8	42.4	103.6	37.0	75.0	128.8	6.8
2021	2.4	0.0	0.0	36.4	25.8	49.2	14.8	40.8	67.2	37.8	11.0	1.0
2022	0.0	0.0	3.6	77.0	53.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Anexo 2. Respuestas del cuestionario

En este punto, se muestran las respuestas del cuestionario realizado a los distintos profesores los cuales tienen conocimiento en el tema: Al ingeniero Allan Umaña Ortiz y al ingeniero José María Ulate Zárate.

Cuestionario Tesis María Adelaida Escobar García

Nombre: Allan Umaña Ortiz

- ¿Qué conoce usted como disipador de energía?

R/ Elemento hidráulico que permite reducir el gradiente energético o línea de energía en un fluido o canal abierto, permitiendo así reducir velocidad, fuerza tractiva en el flujo y riesgos asociados a la erosión en la descarga de flujos.

- ¿Cree que los diseños de elementos de disipación de energía son importantes? ¿Por qué?

R/ Sí, son vitales para la protección de taludes, quebradas y ambientes en vulnerables a procesos erosivos.

- ¿Cuál cree usted conveniente para una obra de un elemento de disipación de energía? “Lisas-escalonadas-combinadas”

R/ Escalonadas o mixtas, dependerá del caudal y velocidad del flujo.

- ¿Cuánto cree que ayude el diseño de un elemento de disipación de energía en carreteras?

R/ Son obras importantes pues alargan la vida útil de la calzada y obras conexas, además de que favorecen la seguridad vial para el conductor, Esto pues controlan y disipan la energía hidráulica que generan los procesos de escorrentía que fluyen sobre la carretera.

Cuestionario Tesis María Adelaida Escobar García

Nombre: José María Ulate Zárate

- ¿Qué conoce usted cómo disipador de energía?

R/ Depende del contexto. Pero en general son mecanismos que permiten disminuir presión o velocidades a valores seguros para garantizar el buen funcionamiento.

- ¿Cree que los diseños de elementos de disipación de energía son importantes? ¿Por qué?

R/ Sí. Para garantizar la seguridad y el buen funcionamiento.

- ¿Cuál cree usted conveniente para una obra de un elemento de disipación de energía? “Lisas-escalonadas-combinadas”

R/ Depende, cada caso es particular y debe analizarse.

- ¿Cuánto cree que ayude el diseño de un elemento de disipación de energía en carreteras?

R/ Mucho, porque de eso depende el buen estado de la capa de rodamiento y la buena circulación de vehículos en épocas lluviosas.

Anexo 3. Cuestionario formulado para Josué Quesada.

Se le realizó la misma entrevista que se le hizo a los docentes en el anexo 1, a Josué Quesada que es un referente importante en este tema de investigación por su gran experiencia en la ingeniería civil

- ¿Qué conoce usted cómo disipador de energía?

R/ Estructura diseñada a mitigar los efectos de la erosión que genera el agua de escorrentía.

- ¿Cree que los diseños de elementos de disipación de energía son importantes? ¿Por qué?

R/ Si, son importantes porque permiten un control de la velocidad de flujo y del caudal. Esto finalmente favorece la extensión de la vida útil de las demás estructuras de manejo de aguas y evita los daños por crecientes.

- ¿Cuál cree usted conveniente para una obra de un elemento de disipación de energía? “Lisas-escalonadas-combinadas”

R/ Las más efectivas son las escalonadas y las que introducen elementos de colisión al caudal.

- ¿Cuánto cree que ayude el diseño de un elemento de disipación de energía en carreteras?

R/ Desde una perspectiva de durabilidad de las estructuras de manejo de aguas genera una gran ayuda, indirectamente a los pavimentos les evita los efectos adversos del impacto de crecientes a alta velocidad.

Anexo 4. Datos del modelo disipador de la estación 5

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 5 Profile: 25					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	145.56				
Vel Head (m)	0.70	0.020			
W.S. Elev (m)	144.86			1.50	1.50
Crit W.S. (m)	144.86				
E.G. Slope (m/m)	0.006578			5.25	5.25
Q Total (m3/s)	19.40			19.40	19.40
Top Width (m)	3.81			3.81	3.81
Vel Total (m/s)	3.69			3.69	3.69
Max Chl Dpth (m)	1.81			1.38	1.38
Conv. Total (m3/s)	239.2			239.2	239.2
Length Wtd. (m)	1.50			6.04	6.04
Min Ch El (m)	143.06			56.06	56.06
Alpha	1.00			207.03	207.03
Frctn Loss (m)	0.01			0.02	0.02
C & E Loss (m)	0.00			0.02	0.02

Errors, Warnings and Notes	
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program used critical depth for the water surface and continued on with the calculations.
Warning:	The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m). between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.

Anexo 5. Datos del modelo disipador de la estación 10

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 10 Profile: 25					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	141.93				
Vel Head (m)	0.70	0.020			
W.S. Elev (m)	141.23			0.01	0.01
Crit W.S. (m)	141.23				
E.G. Slope (m/m)	0.006580			5.25	5.25
Q Total (m3/s)	19.40			19.40	19.40
Top Width (m)	3.81			3.81	3.81
Vel Total (m/s)	3.69			3.69	3.69
Max Chl Dpth (m)	1.81			1.38	1.38
Conv. Total (m3/s)	239.2			239.2	239.2
Length Wtd. (m)	0.01			6.04	6.04
Min Ch El (m)	139.43			56.07	56.07
Alpha	1.00			207.10	207.10
Frctn Loss (m)	0.00			0.04	0.04
C & E Loss (m)	0.00			0.03	0.03

Errors, Warnings and Notes	
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program used critical depth for the water surface and continued on with the calculations.

Anexo 6. Datos del modelo disipador de la estación 15

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 15 Profile: 25					
E.G. Elev (m)	139.48	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.70	Wt. n-Val.		0.020	
W.S. Elev (m)	138.79	Reach Len. (m)	1.50	1.50	1.50
Crit W.S. (m)	138.79	Flow Area (m2)		5.25	
E.G. Slope (m/m)	0.006580	Area (m2)		5.25	
Q Total (m3/s)	19.40	Flow (m3/s)		19.40	
Top Width (m)	3.81	Top Width (m)		3.81	
Vel Total (m/s)	3.69	Avg. Vel. (m/s)		3.69	
Max Chl Dpth (m)	1.81	Hydr. Depth (m)		1.38	
Conv. Total (m3/s)	239.2	Conv. (m3/s)		239.2	
Length Wtd. (m)	1.50	Wetted Per. (m)		6.04	
Min Ch El (m)	136.98	Shear (N/m2)		56.07	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		207.10	
Frctn Loss (m)	0.01	Cum Volume (1000 m3)		0.06	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.05	

Errors, Warnings and Notes	
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program used critical depth for the water surface and continued on with the calculations.
Warning:	The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m). between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.

Anexo 7. Datos del modelo disipador de la estación 24

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 24 Profile: 25					
E.G. Elev (m)	133.42	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.70	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	132.73	Reach Len. (m)	0.01	0.01	0.01
Crit W.S. (m)	132.73	Flow Area (m2)		5.25	
E.G. Slope (m/m)	0.033416	Area (m2)		5.25	
Q Total (m3/s)	19.40	Flow (m3/s)		19.40	
Top Width (m)	3.81	Top Width (m)		3.81	
Vel Total (m/s)	3.70	Avg. Vel. (m/s)		3.70	
Max Chl Dpth (m)	1.81	Hydr. Depth (m)		1.38	
Conv. Total (m3/s)	106.1	Conv. (m3/s)		106.1	
Length Wtd. (m)	0.01	Wetted Per. (m)		6.04	
Min Ch El (m)	130.92	Shear (N/m2)		284.61	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		1052.48	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		0.10	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.07	

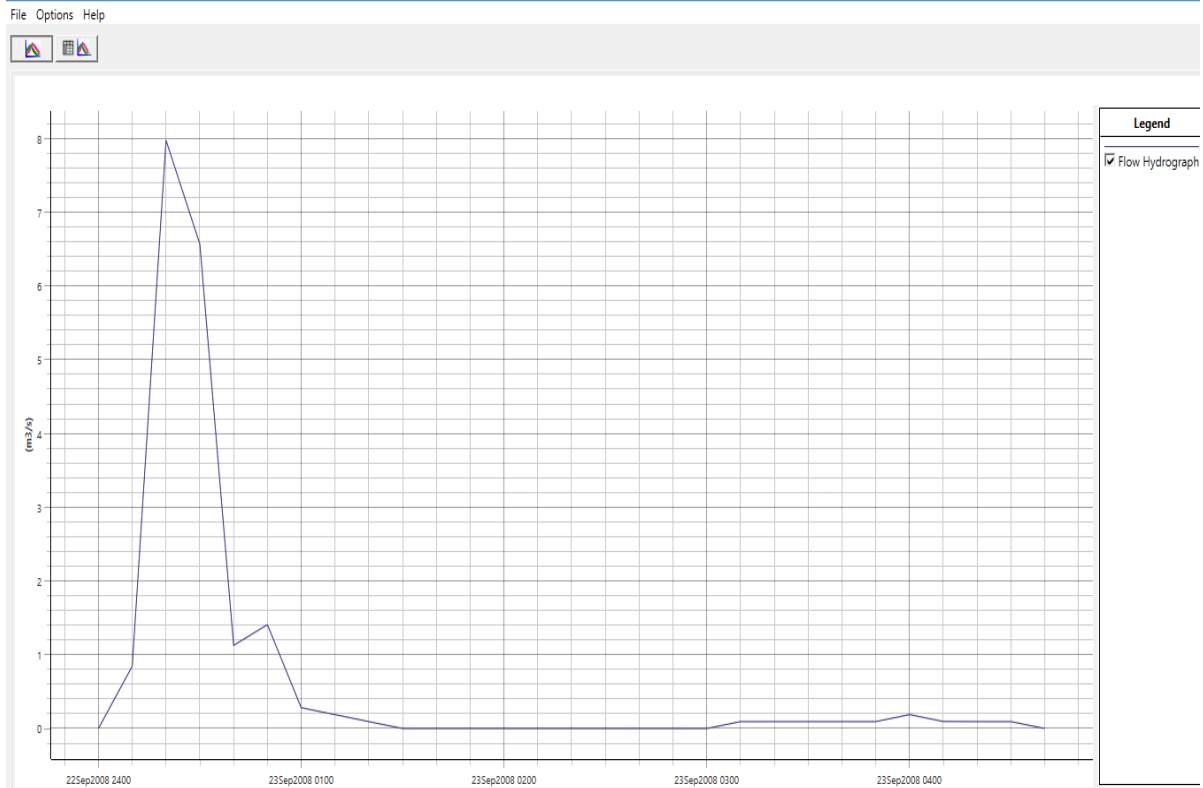
Errors, Warnings and Notes	
Warning:	Slope too shallow for slope area to converge during supercritical flow calculations (normal depth is above critical depth). Water surface set to critical depth.

Anexo 8. Tabla de salida de perfil (25 años)

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: CANAL Reach: TRAMO Profile: 25													Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
TRAMO	24	25	19.40	130.92	132.73	132.73	133.42	0.033416	3.70	5.25	3.81	1.01	
TRAMO	23	25	19.40	132.12	133.93	133.93	134.62	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	22	25	19.40	132.14	133.94	133.94	134.64	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	21	25	19.40	133.34	135.14	135.14	135.84	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	20	25	19.40	133.35	135.16	135.16	135.85	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	19	25	19.40	134.55	136.36	136.36	137.05	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	18	25	19.40	134.56	136.37	136.37	137.07	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	17	25	19.40	135.76	137.57	137.57	138.27	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	16	25	19.40	135.78	137.59	137.59	138.28	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	15	25	19.40	136.98	138.79	138.79	139.48	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	14	25	19.40	137.00	138.80	138.80	139.50	0.006579	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	13	25	19.40	138.20	140.00	140.00	140.70	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	12	25	19.40	138.21	140.02	140.02	140.71	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	11	25	19.40	139.41	141.22	141.22	141.91	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	10	25	19.40	139.43	141.23	141.23	141.93	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	9	25	19.40	140.63	142.43	142.43	143.13	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	8	25	19.40	140.64	142.45	142.45	143.14	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	7	25	19.40	141.84	143.65	143.65	144.34	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	6	25	19.40	141.86	143.66	143.66	144.36	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	5	25	19.40	143.06	144.86	144.86	145.56	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	4	25	19.40	143.07	144.88	144.88	145.57	0.006579	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	3	25	19.40	144.27	146.08	146.08	146.77	0.006578	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	2	25	19.40	144.29	146.09	146.09	146.79	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	1	25	19.40	145.49	147.29	147.29	147.99	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	
TRAMO	0	25	19.40	145.50	147.31	147.31	148.00	0.006580	3.69	5.25	3.81	1.00	

Total flow in cross section.

Anexo 9. Hidrograma de Hec Ras (25 años)



Anexo 10. Datos del modelo disipador estación 5 (50 años)

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 5 Profile: 50					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	145.72				
Vel Head (m)	0.73				
W.S. Elev (m)	144.99				
Crit W.S. (m)	144.99				
E.G. Slope (m/m)	0.006554				
Q Total (m3/s)	21.80				
Top Width (m)	3.94				
Vel Total (m/s)	3.79				
Max Chl Dpth (m)	1.94				
Conv. Total (m3/s)	269.3				
Length Wtd. (m)	1.50				
Min Ch El (m)	143.06				
Alpha	1.00				
Frctn Loss (m)	0.01				
C & E Loss (m)	0.00				
Element					
Wt. n-Val.		0.020			
Reach Len. (m)	1.50	1.50	1.50		
Flow Area (m2)		5.74			
Area (m2)		5.74			
Flow (m3/s)		21.80			
Top Width (m)		3.94			
Avg. Vel. (m/s)		3.79			
Hydr. Depth (m)		1.46			
Conv. (m3/s)		269.3			
Wetted Per. (m)		6.33			
Shear (N/m2)		58.34			
Stream Power (N/m s)		221.41			
Cum Volume (1000 m3)		0.03			
Cum SA (1000 m2)		0.02			

Errors, Warnings and Notes	
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program used critical depth for the water surface and continued on with the calculations.
Warning:	The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m). between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.

Anexo 11. Datos del modelo disipador estación 15 (50 años)

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 15 Profile: 50					
Element	Left OB	Channel	Right OB		
E.G. Elev (m)	139.65				
Vel Head (m)	0.73				
W.S. Elev (m)	138.92				
Crit W.S. (m)	138.92				
E.G. Slope (m/m)	0.006554				
Q Total (m3/s)	21.80				
Top Width (m)	3.94				
Vel Total (m/s)	3.80				
Max Chl Dpth (m)	1.94				
Conv. Total (m3/s)	269.3				
Length Wtd. (m)	1.50				
Min Ch El (m)	136.98				
Alpha	1.00				
Frctn Loss (m)	0.01				
C & E Loss (m)	0.00				
Element					
Wt. n-Val.		0.020			
Reach Len. (m)	1.50	1.50	1.50		
Flow Area (m2)		5.74			
Area (m2)		5.74			
Flow (m3/s)		21.80			
Top Width (m)		3.94			
Avg. Vel. (m/s)		3.80			
Hydr. Depth (m)		1.46			
Conv. (m3/s)		269.3			
Wetted Per. (m)		6.33			
Shear (N/m2)		58.35			
Stream Power (N/m s)		221.43			
Cum Volume (1000 m3)		0.07			
Cum SA (1000 m2)		0.05			

Errors, Warnings and Notes	
Warning:	The energy equation could not be balanced within the specified number of iterations. The program used critical depth for the water surface and continued on with the calculations.
Warning:	The energy loss was greater than 1.0 ft (0.3 m). between the current and previous cross section. This may indicate the need for additional cross sections.

Anexo 12. Datos del modelo disipador estación 24 (50 años)

Plan: Plan 01 CANAL TRAMO RS: 24 Profile: 50					
E.G. Elev (m)	133.59	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.73	Wt. n-Val.		0.045	
W.S. Elev (m)	132.86	Reach Len. (m)	0.01	0.01	0.01
Crit W.S. (m)	132.86	Flow Area (m2)		5.74	
E.G. Slope (m/m)	0.033185	Area (m2)		5.74	
Q Total (m3/s)	21.80	Flow (m3/s)		21.80	
Top Width (m)	3.94	Top Width (m)		3.94	
Vel Total (m/s)	3.80	Avg. Vel. (m/s)		3.80	
Max Chl Dpth (m)	1.94	Hydr. Depth (m)		1.46	
Conv. Total (m3/s)	119.7	Conv. (m3/s)		119.7	
Length Wtd. (m)	0.01	Wetted Per. (m)		6.33	
Min Ch El (m)	130.92	Shear (N/m2)		295.41	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		1121.13	
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)		0.10	
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		0.07	

Errors, Warnings and Notes

Warning: Slope too shallow for slope area to converge during supercritical flow calculations (normal depth is above critical depth). Water surface set to critical depth.

Anexo 13. Tabla de perfil de salida (50 años)

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: CANAL Reach: TRAMO Profile: 50													Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
TRAMO	24	50	21.80	130.92	132.86	132.86	133.59	0.033185	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	23	50	21.80	132.12	134.06	134.06	134.79	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	22	50	21.80	132.14	134.07	134.07	134.80	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	21	50	21.80	133.34	135.27	135.27	136.00	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	20	50	21.80	133.35	135.29	135.29	136.02	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	19	50	21.80	134.55	136.49	136.49	137.22	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	18	50	21.80	134.56	136.50	136.50	137.23	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	17	50	21.80	135.76	137.70	137.70	138.43	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	16	50	21.80	135.78	137.72	137.72	138.45	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	15	50	21.80	136.98	138.92	138.92	139.65	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	14	50	21.80	137.00	138.93	138.93	139.66	0.006555	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	13	50	21.80	138.20	140.13	140.13	140.86	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	12	50	21.80	138.21	140.15	140.15	140.88	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	11	50	21.80	139.41	141.35	141.35	142.08	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	10	50	21.80	139.43	141.36	141.36	142.09	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	9	50	21.80	140.63	142.56	142.56	143.29	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	8	50	21.80	140.64	142.58	142.58	143.31	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	7	50	21.80	141.84	143.78	143.78	144.51	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	6	50	21.80	141.86	143.79	143.79	144.52	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	5	50	21.80	143.06	144.99	144.99	145.72	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	4	50	21.80	143.07	145.01	145.01	145.74	0.006555	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	3	50	21.80	144.27	146.21	146.21	146.94	0.006554	3.79	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	2	50	21.80	144.29	146.22	146.22	146.95	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	1	50	21.80	145.49	147.42	147.42	148.15	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	
TRAMO	0	50	21.80	145.50	147.44	147.44	148.17	0.006554	3.80	5.74	3.94	1.00	

Total flow in cross section.

Anexo 14. Presupuesto estimado para obra

Presupuesto de Obra

It.	DENOMINACIÓN	Un	CANTIDAD	PRECIO UNITARI	TOTAL
1	Tareas Previas				¢52,906.000
1.1	Poliza de responsabilidad civil	gl	1	¢30.000	¢30.000
1.2	Permisos de demolición	gl	1	¢65.000	¢65.000
1.3	Inscripción contrato con la camara costarricense de construcción	gl	1	¢100.000	¢100.000
1.4	Poliza de todo riesgo en la construcción	gl	1	¢55.000	¢55.000
2	Movimientos de tierra				¢52,596.00
2.1	Limpieza y desmonte (corte)	m3	1	¢60.00	¢60.00
3	Presupuesto para diseño de cunetas				¢49,518.00
3.1	Suministro y colocación de cunetas de concreto f'c= 210	m3	6	¢500.000	¢3,000.000
3.2	Base granular	m3	1	¢18.000	¢18.000
3.3	Materiales para encofrados (formaletas)	gl	15	¢3,100.00	¢46,500.00
4	Presupuesto para el diseño de paso del alcantarillado				¢82,388.560
5.1	Suministro y colocación de tubería de concreto 183 cm Ø clase III C-76	m	6	¢600	¢3,600
5.2	Construcción de cabezales de concreto tipo CA-2	m3	16.5	¢350.32	¢5,780.28
5.3	Construcción de delantales de entrada y salida	m3	5	¢180.00	¢900.00
5.4	Conformación de los rellenos de aproximación	m3	500	¢12.00	¢6,000.00
6	Costo total de la obra				¢66,108.28