



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Identificación de zonas vulnerables mediante el Modelamiento
Hidráulico en el cauce de la Quebrada Del Diablo, Provincia De
Tacna.**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

AUTOR:

Juculaca Incacutipa, Luis Carlos (ORCID:0000-0002-3916-6249)

ASESOR:

Dr. Cancho Zúñiga, Gerardo Enrique (ORCID: 0000-0002-0684-5114)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño De Obras Hidráulicas Y Saneamiento

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico a mi hija,
a mis padres que siempre estuvieron apoyándome
y a todos los que estuvieron junto a mi
dándome palabras de apoyo y optimismo
en toda mi vida universitaria y profesional.

Agradecimiento:

Doy gracias a Dios por darme la fuerza y voluntad
en los momentos difíciles que pase en mi vida,
a mis amigos que me empujaron a la decisión de titularme,
a mi novia que me entendió y apoyo en todo momento,
a mi hermana por darme consejos y recomendaciones,
a mi madre que siempre estuvo preocupada por mi
en estos tiempos difíciles de pandemia,
a mi padre por haberme apoyado en hallar un trabajo,
Y un agradecimiento especial a mi asesor
quien guio mis pasos en un mundo que no era conocido para mí.
Simplemente gracias a todos.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vii
Resumen.....	vi
Abstract.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	16
2.1. <i>Modelamiento Hidráulico</i>	21
2.1.1. Breve reseña histórica	21
2.1.2. <i>Definiciones</i>	22
2.1.3. <i>Importancia</i>	23
2.1.3.1. <i>Características</i>	23
2.1.3.2. <i>Aplicación</i>	24
2.1.4. <i>Estudios Topográficos</i>	25
2.1.5. <i>Estudios de Suelos</i>	26
2.1.6. <i>Estudios Hidrológicos</i>	30
2.2. <i>Zonas vulnerables</i>	31
2.2.1. <i>Construcciones en el cauce de la Quebrada</i>	31
2.2.2. <i>Análisis de Vulnerabilidad</i>	33
III. METODOLOGÍA	35
3.1. <i>Tipo y diseño de investigación</i>	35
3.2. <i>Variable y Operacionalización</i>	37
3.3. <i>Población y muestra, muestreo</i>	38
3.4. <i>Técnicas e Instrumentos de recolección de datos</i>	40
3.4.1. <i>Técnica Seleccionada, observación en la zona de estudio directo</i>	42
3.5. <i>Procedimientos</i>	43
3.6. <i>Método de análisis de datos</i>	45
3.7. <i>Aspectos Éticos:</i>	45
3.8. <i>Respeto:</i>	46
3.9. <i>Honestidad:</i>	46
IV. RESULTADOS.....	46

4.1.	<i>Ámbito de aplicación</i>	46
4.1.1.	Ubicación política	46
4.1.2.	Ubicación Hidrográfica	47
4.1.3.	Ubicación Administrativa	47
4.1.4.	Accesibilidad.....	47
4.2.	<i>Estudios topográficos</i>	50
4.2.1.	Recopilación de información.....	50
4.2.2.	Trabajos de campo.....	50
4.2.3.	Redes de control horizontal y vertical:.....	51
4.2.4.	Trabajos de gabinete	52
4.2.5.	Resultados.....	53
4.3.	<i>Estudio de suelos</i>	53
4.3.1.	Normatividad	53
4.3.2.	Investigaciones geotécnicas.....	53
4.4.	<i>Estudio hidrológico</i>	59
4.4.1.	Información cartográfica	59
4.4.2.	Información meteorológica	62
4.4.3.	Evaluación hidrológica.....	63
4.4.4.	Fisiografía y geología del área de estudio	64
4.4.5.	Análisis y tratamiento de la información meteorológica e hidrométrica . 74	
4.4.6.	Cálculos hidrológicos e hidráulicos.....	76
4.5.	<i>Modelamiento hidráulico</i>	94
4.5.1.	Estudios hidrológicos.....	94
4.5.2.	Cálculo de coeficientes de rugosidad	94
4.5.3.	Modelamiento hidráulico – aplicación del Modelo HEC-RAS	96
4.5.4.	Criterio de diseño	97
4.6.	<i>Análisis de zonas vulnerables</i>	105
V.	DISCUSIÓN	108
VI.	CONCLUSIONES	111
VII.	RECOMENDACIONES	114

BIBLIOGRAFÍA	116
ANEXOS	121

Índice de Tablas

Tabla 1. Operacionalización de Variables	40
Tabla 2. Accesibilidad	50
Tabla 3. Clasificación de suelos y límites de consistencia	57
Tabla 4. Resumen de la humedad natural	58
Tabla 5. Resumen de información cartográfica	61
Tabla 6. Información de Estaciones con Datos de Precipitación Diaria	65
Tabla 7. Cartas Nacionales para la Zona de Estudio	65
Tabla 8. Clasificación de las quebradas por su área	67
Tabla 9. Coeficiente de compacidad o índice de Graveliu	69
Tabla 10. Determinación de clase de pendiente de la cuenca	72
Tabla 11. Cotas consideradas	74
Tabla 12. Parámetros Morfométricos – Quebrada del diablo	77
Tabla 13. Parámetros Morfométricos – Quebrada del diablo	78
Tabla 14. Relación de estaciones seleccionadas para el análisis de la precipitación	80
Tabla 15. Resumen de la Precipitación Máxima – Estación Jorge Basadre	83
Tabla 16. Prueba de Ajuste de Kolgomorov Smirnov	88
Tabla 17. Precipitaciones Máximas 24 horas para diferentes Periodos de Retorno de la Estación Jorge Basadre	89
Tabla 18. Valores para Período de Retorno T (años)	91
Tabla 19. Valores Máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje	91
Tabla 20. Riesgo y vida útil de las Estructuras Hidráulicas del Proyecto	92
Tabla .21 Precipitaciones Máximas (mm) – Estación Jorge Basadre	95
Tabla 22. Intensidades Máximas (mm/hr) – Estación Jorge Basadre	95
Tabla 23. Resumen de aplicación de Regresión Potencial para cada Período de Retorno	96
Tabla 24. Regresión Potencial promedio	96

Tabla 25. Parámetros Curva IDF	97
Tabla 26. Curva IDF – Estación Jorge Basadre	97
Tabla 27. Parámetros de Pérdidas en las Sub cuencas	101
Tabla 28. Parámetros del Hidrograma de la SCS	101
Tabla 29. Caudales Máximos – Método HEC-HMS	103
Tabla 30. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning por el método de Cowan	105
Tabla 31. Coeficientes de Manning según Ven Te Chow	106
Tabla 32. Caudales para distintos periodos	109
Tabla 33. Número de Manning – Quebrada del Diablo	109
Tabla 34. Área y grado de vulnerabilidad	116
Tabla 35. Áreas de vulnerabilidad de nivel muy alto	116
Tabla 36. Áreas de vulnerabilidad de nivel alto	117
Tabla 37. Áreas de vulnerabilidad de nivel alto	117
Tabla 38. Áreas de vulnerabilidad de nivel alto	118

Índice de Figuras

Figura 1. Sección transversal del cauce de un río	28
Figura 2. Quebrada del Diablo, parte alta del Distrito Alto de la Alianza	35
Figura 3. Quebrada del Diablo	41
Figura 4. Área de intervención de la Quebrada del Diablo	42
Figura 5. Mapa de Ubicación del Área de Estudio	49
Figura 6. Mapa de Acceso al área de Estudio	51
Figura 7. Ubicación Cartas Nacionales	63
Figura 8. Flujograma para la Delimitación de Cuencas en Model Builder	64
Figura 9. Jurisdicción Autoridad Nacional del Agua	66
Figura 10. Orden de corrientes	70
Figura 11. Curva Hipsométrica	73
Figura 12. Curva Hipsométrica – Quebrada del Diablo	79
Figura 13. Estaciones pluviométricas en el ámbito de la Región Tacna	81
Figura 14. Registro de Precipitación Diaria (mm) – Estación Jorge Basadre	83
Figura 15. Precipitación Máxima 24 Horas (mm) – Estación Jorge Basadre	84
Figura 16. Estación Jorge Basadre – Distribución GPA	88
Figura 17. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil	90
Figura 18. Curva IDF – Estación Jorge Basadre	98
Figura 19. Esquema Topológico del Estudio	100
Figura 20. Perfil de la Tormenta máxima en 24 horas de la SCS Tipo I	102
Figura 21. Balance de energía	107
Figura 22. Modelado en Hec ras – Perfil del Tramo de Estudio	109
Figura 23. Modelado en Hec ras – Diagrama de velocidades	110
Figura 24. Modelado en Hec ras – Visualización 3D	111
Figura 25. Mapa de inundación 50 años	112

Figura 26. Mapa de inundación 100 años	113
Figura 29. Mapa de inundación 200 años	114
Figura 30. Mapa de inundación 500 años	115

RESUMEN

La presente tesis está basada principalmente en la identificación de las zonas vulnerables ante posibles movimientos de masa y máximas avenidas en la Quebrada del Diablo, se analizó las áreas y tipo de vulnerabilidad para diversos periodos de retorno y según recomendaciones del Manual de Hidrología e Hidráulica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La distancia de la cuenca es de 27.77 km y un área de 56.56 m², sus laderas tienen una pendiente promedio de 25°, desde el punto de la salida de cuenca aguas abajo. Se realizó trabajos de levantamiento topográfico, estudio de suelos y estudios hidrológicos en toda el área de estudio, y para fines del modelamiento hidráulico se tomó un tramo de 2.24km, siendo la zona de entrada a la ciudad la cual sufrió cuantiosos daños personales, materiales y económicos con la Activación de la Quebrada el pasado 21 de febrero del 2020. El objeto del presente estudio fue establecer el nivel de vulnerabilidad de las áreas afectadas ante una inundación, se clasificó con las categorías de Muy Alto, Alto, Medio y Bajo según la recurrencia y grado de exposición, las cuales deben ser superadas mediante la construcción de defensas ribereñas, encausamiento de flujos, estabilidad de taludes y la implementación de obras hidráulicas para disipar la energía de los flujos que se generan en épocas de lluvia, todo ello con el propósito de salvaguardar la integridad de los pobladores que habitan alrededores y/o dentro del cauce de la Quebrada del Diablo. La simulación hidráulica se determinó para periodos de retorno de, 50, 100, 200 y 500 años, se utilizó los programas de ArcGis, Hec HMS, Hec Geo Ras, Hec ras, Civil 3D, Excel y Word.

Palabras claves: *Modelamiento, hidráulico, prevención, cuenca, inundaciones*

ABSTRACT

This thesis is based mainly on the determination of the vulnerable areas to possible mass movements and maximum floods in the activation of the Diablo gorge, the possible flood zones for different return periods will be analyzed. The approximate distance of the basin is 25 km and an area of 52,104.88 m², its slopes have an average slope of 30 °, from the point of the basin outlet downstream. Topographic survey work, soil study and hydrological studies were carried out throughout the study area, and for the purposes of hydraulic modeling a 3km stretch was taken, being the entrance area to the city which suffered considerable personal, material and economic with the Activation of the Quebrada on February 21, 2020. The section object of the present study allowed to establish the most vulnerable areas of the City of Tacna before the activation of the Quebrada del Diablo, which must be overcome by means of the construction of river defenses, channeling of flows, stability of slopes and the implementation of works hydraulic systems to dissipate the energy of the flows that are generated in rainy seasons, all with the purpose of safeguarding the integrity of the inhabitants that live around and / or within the riverbed of the Quebrada del Diablo. The hydraulic simulation was determined for return periods of 5,10,20,50,100 and 200 years, the ArcGis, Hec HMS, Hec Geo Ras, Hec ras, Civil 3D, Excel and Word programs were used.

Keywords: *Modeling, hydraulic, prevention, basin, floods.*

I. INTRODUCCIÓN

El pasado 21 de febrero del año 2020, la ciudad de Tacna sufrió uno de los siniestros naturales más perjudiciales que se haya registrado a la fecha, puesto que la quebrada Diablo se desbordó debido a las precipitadas lluvias que se produjeron en el sur del Perú. Este siniestro natural cobró la vida de pobladores que fueron arrastrados por el huaico. La quebrada El Diablo se activó tras intensas lluvias, cuyo desborde dejó cientos de afectados en los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza, y las zonas conocidas como La Florida, Los Milagros, San Pedro, Ramón Copaja, entre otros (Diario La Industria, 2020).

La Quebrada del Diablo se ubica en las coordenadas geográficas de la provincia de Tacna, latitud: 17 ° 59'51.51 "S y longitud: 70 ° 15'56.51" W. Hay varias corrientes en la parte superior de la cuenca, la principal y la más ancha, el ancho promedio en el punto más alto es de 318 m, el ancho promedio en el punto más bajo es de 17 m y la altura es de 84 m.

De acuerdo al Estudio de Riesgos Geológicos del Perú Franja N° 1, Boletín N°23 (2000), y el Informe de Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tacna desarrollado por Luque (2016), señalaron que los sectores afectados por el flujo de lodo por desastres geológicos fueron evaluados como sectores "críticos". Además, se concluyó que debido a las condiciones geodinámicas que existen en la zona de La Florida, tales como pendientes pronunciadas irregulares y posibles caudales en condiciones anormales de lluvia, el área es considerada de PELIGRO ALTO, cuya principal causa es la quebrada del Diablo.

Considerando esta situación y la posibilidad de fenómenos fluviales en la región de Tacna (tendencia ascendente), actualmente es necesario desarrollar un plan de manejo del agua, que debe incluir componentes tales como: intensidad de lluvia, escorrentía, carga de sedimentos, nivel freático y precipitación; con el fin de controlar posibles inundaciones y daños a los ciudadanos de alguna forma. Con esta información, es posible realizar análisis de vulnerabilidad y considerar la ruta máxima y el rango marginal de diferentes períodos de recuperación.

Ante este hecho, se pretende contribuir a través del análisis de problemas existentes el posible comportamiento hidráulico de la quebrada del Diablo. Este proceso se llama modelado y es la base para proyectos futuros, como tuberías para protección contra desbordes. Debido al avance y desarrollo científico de los equipos informáticos y las herramientas digitales, se ha mejorado el modelo numérico de flujo hidráulico, desde el modelado unidimensional al modelado bidimensional, que proporciona información más cercana a la realidad.

Con la realidad problemática planteada, los antecedentes y la teoría llevaron a formular la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo se puede determinar las zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el Cauce de la quebrada del Diablo de la Provincia de Tacna? Y junto a ello surgieron las siguientes interrogantes: ¿Cuáles son los caudales máximos que presenta la cuenca hidrográfica de la quebrada del Diablo en la Provincia de Tacna?, ¿Cuál es el tipo de suelo que existe en el cauce de la quebrada del Diablo de la provincia de Tacna?, y ¿Cuál es la topografía que presenta el cauce de la quebrada del Diablo de la provincia de Tacna?

La pregunta de investigación es técnicamente razonable porque puede comparar teorías sobre variables en una de las cualidades prácticas de la aplicación de la pregunta. Por tanto, ¿qué tan conveniente es la investigación para responder técnicamente a esta pregunta? Desde el punto de vista metodológico, es muy conveniente ya que permitió a los usuarios analizar variables mediante simulaciones hidráulicas para diferentes períodos de recuperación, lo que ahorra en gran medida la construcción de modelos y laboratorios, de manera que se puede realizar el diseño estructural y retrabajo a costos más bajos. Por otro lado, el uso de modelos de simulación reduce enormemente el tiempo de análisis futuro y hace que las variables sean más detalladas y precisas, ganando así una mayor competitividad académica entre los profesionales porque permiten la aplicación de la teoría hidráulica. Se justificó socialmente, porque puede mejorar los escenarios de vida de los vecindarios de la zona, porque puede evitar la presión que genera el fenómeno del río, porque sus bienes y su vida están a salvo. Económicamente se justificó ya que permitió reducir el costo económico de reemplazar artículos perdidos, reparar casas, talleres y otros artículos. Finalmente, ambientalmente permitió reducir la erosión de áreas planas y la pérdida de suelo habitable, evitando así la contaminación

del suministro de agua potable y el bloqueo de alcantarillado por la entrada de productos acuáticos desbordados.

La investigación presente tuvo como objetivo general determinar las zonas vulnerables mediante el modelamiento hidráulico en el cauce de la quebrada del diablo de la provincia de Tacna, y para lograr dicho objetivo se requirió adoptar de los siguientes objetivos específicos: definir el caudal máximo que presenta la cuenca hidrográfica de la quebrada del diablo, establecer el tipo de suelo que existe en el cauce de la quebrada del diablo y establecer la topografía del cauce de la quebrada del diablo, provincia de Tacna.

Finalmente, la hipótesis general del presente trabajo de fue la siguiente: la identificación de las zonas vulnerables se establece mediante el modelamiento hidráulico en el cauce de la quebrada del diablo de la Provincia De Tacna. Asimismo, las hipótesis específicas fueron: El cálculo del caudal máximo permite el correcto Modelado Hidráulico para la identificación de las zonas vulnerables en el cauce de la quebrada del diablo, Provincia de Tacna; la identificación del tipo de suelo permite el correcto Modelado Hidráulico para la identificación de las zonas vulnerables en el cauce de la quebrada del diablo, Provincia de Tacna; y por último, la definición de la topografía existente permite el correcto Modelado Hidráulico para la identificación de las zonas vulnerables en el cauce de la quebrada del diablo, Provincia de Tacna.

II. MARCO TEÓRICO

Se adquirieron una diversidad de trabajos de investigación y artículos científicos, de las cuales se seleccionaron aquellas con más proximidad a las variables de la presente tesis. Entre ellos, se citan los siguientes:

A nivel internacional, los autores Moya y Álvarez (2018) realizaron una tesis para optar el título de Ingeniero Civil, de la Universidad Católica de Colombia. **Objetivo.** Realizar una Modelación hidráulica sobre el canal urbano con el fin de establecer los niveles y caudales máximos que generan desbordamiento en su estructura para la evaluación del riesgo de inundación en su zona de influencia. **Metodología.** Fue experimental aplicada. Se realizaron búsquedas de información conjuntamente con el reconocimiento del lugar, además se realizó el levantamiento topográfico, planos en planta y terreno, exportar el modelo al software HEC-RAS, y modelación hidráulica. **Resultados.** El canal presentó desbordes considerables entre los km 1+127 al km 1+247 , donde los caudales fueron inferiores a 8 m³/s, generando desbordamientos y daños a la zona y residentes del sector. **Conclusiones.** El modelo basado en el software HEC-RAS fue eficiente, aplicable para futuros estudios.

Por otro lado, Guzmán, Watson, Villagra y Casasola (2017), desarrollaron una investigación para optar el grado de Ingeniero Civil de la Universidad Tecnológica de Costa Rica. **Objetivo.** Entender el comportamiento presente del Río La Estrella, por medio del modelado hidrodinámico y de transporte de sedimentos. **Metodología.** Experimental mediante la observación de campo. **Resultados.** Se realizó la modelación hidráulica del Río La Estrella en un trayecto de aproximadamente 31 km. El modelo desarrollado estuvo basado en la información topográfica y los coeficientes de rugosidad. **Conclusiones.** El estudio permitió desarrollar diferentes cálculos para caudales en varios periodos de retorno en proyectos futuros.

Asimismo, Cadena y Villegas (2016) elaboraron una tesis para optar el Grado de Ingeniero Civil de la Universidad de la Salle, en Boyacá, Colombia. **Objetivo.** Determinar el riesgo por inundación del área urbana del municipio de Sogamoso-Boyacá, relacionado con el desbordamiento del río Chiquito. **Metodología.** Experimental y aplicada. **Resultados.** Se realizó el Modelamiento

hidráulico con el Programa Hec ras y Arc Gis, de esa manera se pudieron calcular los caudales para analizarlos, se obtuvieron mediante información histórica de 03 estaciones hidrológicas operadas por el IDEAM. **Conclusiones.** Se pudo identificar los riegos por inundación del Rio Chiquito para la zona urbana del Municipio de Sogamoso Boyacá. De la misma forma se logró determinar que toda el área de estudio presenta un riesgo medio y alto, todo ello porque los pobladores del lugar no cuentan con la información y herramientas necesarias para actuar ante una amenaza o emergencia. Además, se puede concluir que la vulnerabilidad se incrementa con el pasar de los años.

Peruzzo, Riccardi y Basile (2016) realizaron una tesis en Argentina. **Objetivo.** La simulación de escurrimiento superficial cuasi-bidimensional en un tramo del río Paraná Inferior, comprendido entre el km 410 y el km 452 de la ruta de navegación Santa Fe – Océano, con el fin de describir variables de flujo como velocidad y niveles para diferentes estados en todo el dominio espacial con un modelo de complejidad reducida. **Resultados.** El modelo estuvo conformado por 228531 celdas y 454134 vinculaciones. Como parámetro de calibración, se consideró el coeficiente de rugosidad de Manning de las celdas. **Conclusiones.** El modelo desarrollado CTSS8RIO, es un modelo de baja complejidad, que fue implementado para reproducirla hidrodinámica del río Paraná.

Finalmente, Ortiz (2015) desarrolló una investigación para optar el título de Ingeniero Civil de la Universidad Católica de Colombia. **Objetivo.** Determinar el caudal pico y las cotas de inundación en la Cauce seco de la Urbanización Ciudad Blanca del municipio de San Gil del departamento de Santander aplicando las herramientas HEC – GEOHMS y HEC-GEORAS, con base a varias de sus características morfológicas y topográficas. **Metodología.** Experimental y de campo. **Resultados.** Se propuso recabar datos de precipitación ubicadas en la zona donde se realizó el estudio. Asimismo, se realizó un análisis de confiabilidad obteniendo respuestas para un control del caudal sin que afecte a los pobladores. Se utilizó el HEC-GEOHMS y HEC-GEORAS, utilizando el método de Burkli Ziegler y el método Mc Math. **Conclusión.** No es necesario una canalización adicional y/o alguna medida de protección, ya que el historial del cauce no mostró ninguna inundación anterior. No obstante, se otorgó una propuesta de solución para este caso.

A nivel nacional, Ballena (2019) realizó una tesis para la Universidad Nacional de Trujillo. **Objetivo.** Evaluar el Rio Grande con fines de proponer una alternativa de Delimitación de Faja Marginal en un tramo de la zona urbana de Huamachuco, en la Provincia de Sánchez Carrión, Región la Libertad. **Metodología.** Experimental y bibliográfica. **Resultados.** Se realizaron la propuesta de delimitación de las fajas Marginales del Rio Grande de Huamachuco, se tomaron en consideración todas las normativas y leyes vigentes relacionadas a los Recursos Hídricos. **Conclusión.** Se presentó la propuesta de Delimitación de la faja Marginal para el Rio Grande, el tramo de estudio fue de 3.00km el cual atraviesa la zona urbana de la Provincia de Huamachuco, todo ello debido a que el área es potencialmente vulnerable ante posibles desbordamientos del Rio Grande.

Por otro lado, Bejarano (2018) desarrolló una tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, de la Universidad Privada del Norte, en Trujillo. **Objetivo.** El Modelamiento hidráulico del río Jequetepeque desde el Km 0 + 00 hasta el Km 10 + 00. **Metodología.** Experimental y de campo. **Resultados.** Se realizaron estudios topográficos en el tramo de estudio identificando los puntos críticos, y se utilizó una pendiente ponderada de 4.0%. Del análisis hidrológico se determinaron los caudales para períodos de retorno de 10, 25, 50, 100, 150 años, para esta investigación se optó por un caudal de diseño de 1266.68 m³/s para un período de retorno de 150años, con un riesgo de ocurrencia del 25% y vida útil de 40 años. **Conclusión.** El río Jequetepeque presenta un régimen irregular con incremento de caudales entre los meses de enero a mayo.

Espinoza y Neyra (2019), realizaron una investigación para optar por el título de Ingeniero Civil de la Universidad Nacional de Jaen. **Objetivo.** Modelar el comportamiento hidráulico a partir de regímenes hidrológicos de la Quebrada Bomboca, del C.P – Chunchuquillo. **Metodología.** Aplicada, experimental. **Resultados.** El modelamiento hidráulico se realizó empleando el programa HEC-RAS, con un régimen sub crítico para un flujo permanente, se estabilizó el modelo para una SAgua arriba=3.596% y SAgua abajo=3.893%. Con este modelamiento se logró imitar el comportamiento de la Quebrada ante un movimiento de flujos, estableciendo los niveles alcanzados por el rio en cada sección analizada en el tramo de estudio. Se concluye que los tirantes máximos de agua alcanzados llegan a los 3.50m, inundando las áreas de la institución

educativa y aledaño a la estructura del puente existente. Así mismo, agrega que las áreas altamente vulnerables a inundaciones son aquellas que se encuentran en la margen derecha de la quebrada, zona poblada, habiendo presencia de viviendas construidas de forma precaria, en el que el tirante de inundación alcanza hasta 3.50 m, lo que provoca el colapso de estas.

Trigoso (2018) elaboró la investigación para optar el título de Ingeniero Hidráulico, de la Universidad Nacional de Cajamarca. **Objetivo.** General identificar las zonas inundables por una máxima avenida en la quebrada Calispuquio – tramo ciudad de Cajamarca – Ciudad Universitaria UNC mediante el uso de diversas herramientas relacionadas para el Modelamiento hidráulico, a través de los programas como (AutoCAD, Arc Gis, Global Mapper e Iber). **Metodología.** Estadístico y descriptivo, identificando las áreas de vulnerabilidad y proponiendo posibles alternativas de solución. **Resultados.** La longitud de estudio fue de 3.2 Km. y un área urbana total de 0.78 Km². **Conclusión.** El estudio permitió recopilar información topográfica aplicable en futuras investigaciones, con apoyo del dron Phantom 4 pro teniendo en cuenta 03 puntos resaltantes para la quebrada Calispuquio: las características, la precisión, el tiempo y finalmente el costo en su ejecución.

Finalmente, Hurtado (2017), desarrolló una tesis para optar por el título de Ingeniero Agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina. **Objetivo.** Determinar el Modelamiento hidráulico bidimensional del río Rímac en el sector Huachipa, tramo km. 27+ 450 al km. 28+ 525. **Metodología.** Experimental y de campo. **Consistió** en determinar y valorar un caudal de 271.2 m³/s, calculado para un tiempo de retorno de 140 años y para un tiempo de simulación de 12:25 horas. **Resultados.** Se logró originar la inundación del río Rímac hacia su borde izquierdo en el sector de Huachipa. Se compararon las áreas afectadas dentro del tramo estudiado con dos programas IBER Y HEC RAS, encontrando una discrepancia mayor del 10% sobre las superficies anegadas entre uno y otro modelo. **Conclusión.** Se determinó el área crítica de los desbordes que abarca desde la progresiva 0+637.34 hasta la 0+957.13, zona donde confluyen valores elevados de velocidad y tirantes.

A nivel local, Mayta y Mamani (2018), desarrollaron una investigación para optar por el título de Ingeniero Civil, de la Universidad Privada de Tacna. **Objetivo.** Evaluar la vulnerabilidad de la defensa de Calana mediante

modelación hidráulica. **Metodología.** De campo, cuya muestra o área de intervención fue la defensa ribereña de Calana. Se aplicó el modelo HEC-RAS versión 5.0.3 para simular el flujo en el cauce de la defensa de Calana para determinar el nivel de agua y zonas propensas a inundaciones. **Resultados.** La simulación realizada permitió reconocer que las velocidades de flujo que circulan son altamente erosivas para la estructura existente, no mayores de 8.03 m/s. **Conclusión.** Se demostró que mediante la aplicación del programa HEC ras se pudo determinar la vulnerabilidad de las estructuras de las defensas en Calana.

Por otro lado, Vilcanqui (2016) elaboró una tesis para la obtención del título de Maestro en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. **Objetivo.** Determinar la Modelación Hidrológica con fines de Gestión de Riberas en la Cuenca del Río Caplina - Tacna. **Metodología.** Experimental aplicada. **Resultados.** Se realizaron análisis estadísticos de los cuales se obtuvo resultados favorables. En cuanto a la consistencia en la medida y variación de los registros, se lograron ajustes de distribuciones LOGNORMAL y LOGPEARSON TIPO III. Asimismo, se logró analizar y comparar los caudales promedios mensuales de las riberas de la Bocatoma Calientes de río Caplina mediante la modelación hidrológica y las observaciones en estación hidrométrica Bocatoma Calientes. **Conclusión.** Según la forma y caracterización geomorfológica superficial de la cuenca de Caplina se menciona que está ligada estrechamente a incrementos de caudal súbitos.

Asimismo, el autor peruano Frisancho (2015) ejecutó una tesis para la obtención Maestro en Ciencias con Mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. **Objetivo.** Determinar la Vulnerabilidad mediante Modelamiento Hidrodinámico del Cauce del Río Seco del Cono sur de la Ciudad de Tacna. **Metodología.** Experimental y de campo. **Resultados.** Se logró realizar un análisis completo de vulnerabilidad ante posibles inundaciones o desbordamientos mediante el Modelamiento Hidrodinámico del Río Seco, los caudales fueron calculados para distintos periodos de retorno, el tramo de estudio fue desde el Cuartel Tarapacá hasta el Puente Ubicado en el Sector Arunta. La Simulación desarrollada permitió que se pueda identificar todas las zonas urbanas vulnerables ante una inundación o

desborde, de la misma manera se pudo definir los límites que puede alcanzar la faja marginal del Rio Seco. **Conclusión.** El caudal Máximo fue de 117m³/s para un periodo de retorno de 100 años.

Finalmente, Tisnado (2013), realizó un estudio para optar por el grado de Ingeniero Geólogo, de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann. **Objetivo.** Determinar la vulnerabilidad de la zona de estudio, considerando el comportamiento del río bajo condiciones extremas de descargas. **Metodología.** Experimental y de campo. Para ello, se utilizó como herramienta básica el software HEC RAS. **Resultados.** Mediante la Simulación hidrológica se pudo identificar las causas que ocasionaron el colapso de los muros de contención, además se logró obtener información complementaria relacionado a características físicas e hidrológicas en la zona de estudio. **Conclusión.** Se desarrolló el manejo de modelamiento hidrodinámico de una manera simple utilizando software libre.

2.1. Modelamiento Hidráulico

2.1.1. Breve reseña histórica

Evidentemente, en el siglo XVII aparecieron los primeros planteamientos teóricos y experimentales de la mecánica de fluidos. Desde principios de este período, se puede enfatizar el aporte de Bernoulli (1738), fundamentado en la base física de Newton, proporcionó los principios primordiales del ahorro energético y se convirtió en la base de equipos como el venturi. En 1752, Leonard Euler propuso la ecuación energética en la forma conocida hoy en día basada en la fórmula teórica de Bernoulli, el cual sigue siendo la base del modelo hidráulico actual.

En 1936, Hardy Cross, un ingeniero estructural de la Universidad de Illinois, formuló un método matemático para dar resolución al análisis de distribución de tiempos en la estructura de contribución. Luego, Cross se enteró de que el método desarrollado también se puede utilizar para resolver el flujo y

la presión en la red de distribución de agua de malla, y publicó un artículo técnico sobre el método pionero para el desarrollo futuro.

En 1957, los investigadores Hoag y Weinberg modificaron el método Hardy Cross para resolver los problemas de red de computadoras digitales y aplicaron el método al sistema de distribución de energía en Palo Alto, California. En la introducción a su implementación, se discuten la velocidad, precisión y viabilidad económica de aplicar este método a varias simulaciones de redes.

Finalmente, en los últimos 10 años (después de 2002), el progreso y avance de programas de software comercial ha hecho que muchos software tengan la misma base de algoritmo de cálculo (gradiente hidráulico), pero aún existen diferencias significativas entre diferentes software, principalmente en Software de interoperabilidad conceptual, facilidad de uso, instrumentos de productividad, proceso de consulta multicriterio, procedimientos de análisis espacial, posibilidades gráficas, composición con sistemas de información geográfica (SIG), etc. (Gutiérrez, 2021).

2.1.2. Definiciones

Según PROAPAC (2008), el modelamiento hidráulico es la estructura digital (virtual) de la red de suministro de agua que puede reproducir y predecir su comportamiento, permitiendo probar y definir soluciones.

Por otro lado, Vergara (1995), indica que el modelamiento hidráulico se utiliza para resolver inconvenientes referidos a estructuras hidráulicas, fenómenos de exudación o extensiones de ríos, así como problemas recientes relacionados con el transporte de sedimentos.

Asimismo, en un concepto más actual CERSA (2020) señala que el modelamiento hidráulico describe matemáticamente el flujo de canales abiertos, ríos, humedales, lagos, estuarios y áreas costeras. Estos se utilizan para describir el flujo de estructuras hidráulicas como áreas inundadas o presas, compuertas, alcantarillas, puentes, embalses y diques.

Para efectos de la presente tesis, se tomó como referencia esta última definición, puesto que es la más específica y es acorde al modelamiento que más adelante se aplicó.

2.1.3. Importancia

Los modelamientos se utilizan para resolver problemas relacionados con varias estructuras hidráulicas o algunas partes, como establecer la capacidad hidráulica, disminuir la pérdida de carga en la entrada o sección de transición de pasajes o tuberías; desarrollo efectivo en ríos, pies de presas de desbordamiento o salidas de alcantarillas, disipación de energía, métodos para reducir la erosión del lecho del río; determinación del coeficiente de flujo de las presas de desbordamiento; desarrollo del mejor diseño de aliviaderos, pozos de presas y sifones, y estructuras de salida de embalses; diseño de puertos, conteniendo establecer la sección transversal más idónea, ubicación y altura, así como el punto de entrada; diseñar la esclusa, añadiendo el impacto de la operación de la esclusa en el barco debido a la corriente establecida.

Es importante señalar que la fidelidad y los detalles del modelo hidráulico al representar el caudal del río (tridimensional) o a través de la estructura o suelo, son mayores que simples cálculos teóricos, mejorando así la confiabilidad de la estructura proyectada. Esto significa que el diseño está más en línea con las tensiones reales del flujo, lo que tiene un impacto significativo en la economía. Por un lado, reduce el peligro de diseñar obras menos duraderas, que pueden colapsar fácilmente, provocando pérdidas económicas, e incluso peor en la vida de las personas. Por otro lado, también reduce la necesidad de inversiones innecesarias en diseño. En otras palabras, el modelamiento hidráulico es una herramienta de optimización importante para el diseño de ingeniería hidráulica.

2.1.3.1. Características

De acuerdo a PROAPAC (2008), las modelaciones hidráulicas (las cuales son realizadas a través de softwares especializados) cumplen con las siguientes características principales:

- Consideran las pérdidas de carga.
- Contemplan pérdidas mínimas en codos, agregados, etc.
- Admiten bombas de velocidad variable o fija.
- Permiten tomar en consideración varios tipos de válvulas, como válvulas de corte, de retención, y reductoras/ reguladoras de presión o caudal.
- Admiten depósitos de geometría variable (cuadráticos, tanques circulares, entre otros).
- Consideran diferentes tipos de demanda en los nudos.
- Permiten modelar tomas de agua cuyo caudal tiene dependencia de la presión (p.ej. rociadores).
- Admiten leyes de control simples, fundamentadas en el valor del grado en los depósitos o en la hora fijada por un temporizador.

2.1.3.2. Aplicación

Según CERSA (2020), presentan las siguientes aplicaciones:

- Diseño de estructuras de control y análisis de inundaciones.
- Evaluación del caudal mínimo y sequía.
- Optimización del funcionamiento de estructuras hidráulicas (como embalses, compuertas, bombas de agua).
- Análisis de la rotura de la presa.
- Transporte de sedimentos en ríos, canales, humedales, estuarios, zonas costeras, puertos y otras aguas (combinado con modelos de transporte de sedimentos).
- Investigación morfológica (combinada con modelo de transporte de sedimentos).
- Investigación de intrusión de agua salada (combinada con modelo de calidad del agua).
- Investigación sobre calidad y ecología del agua (combinada con el modelo de calidad del agua).
- Evaluación del efecto de la descarga sobre la corriente superficial.

- Diseño de sistema de alerta temprana ante incidentes de inundaciones y contaminación.
- Control en tiempo real del sistema de suministro de agua.
- Análisis del plan de gestión de los recursos hídricos.

2.1.4. Estudios Topográficos

Según AJ Topógrafos (2021), un estudio topográfico se puede definir como un conjunto de acciones que utilizan suficientes herramientas en el terreno para obtener una representación gráfica o en planta.

Una vez obtenido el plano, este es de gran utilidad para cualquier trabajo que se vaya a realizar en el terreno. De esta forma, podemos conocer la ubicación del punto de interés y su ubicación exacta por latitud, longitud, elevación o elevación.

Para realizar una investigación topográfica, se debe utilizar una variedad de instrumentos, como un nivel y una estación total. El punto de partida del edificio comienza con un levantamiento topográfico. Este es el inicio de una serie de etapas básicas desde la identificación y el marcado de la tierra hasta las fronteras y el marcado.

a) Curvas de Nivel (msnm)

Gourou y Papy (1980), indican que se refiere a una línea que conecta todos los puntos con las mismas condiciones (generalmente altitud o profundidad arriba) en el mapa.

Las curvas de nivel generalmente se imprimen en mapas de colores para indicar el terreno y en azul para indicar glaciares y mares profundos. La impresión de un relieve suele acentuarse mediante sombras, que simulan las sombras que produciría el relieve bajo la iluminación norte o noroeste.

b) Secciones Transversales (m2)

Son cortes bidimensionales en gráficos tridimensionales. Otra forma de interpretar esto es encontrar la intersección de un plano bidimensional y una gráfica tridimensional.

Para cualquier figura tridimensional dada, la sección transversal depende de la dirección del plano o "corte". Por ejemplo, se puede considerar un cilindro. Varias secciones transversales pueden dar como resultado un círculo o un rectángulo como se muestra a continuación, o cualquiera de varias otras formas (Varsity Tutors, 2021).

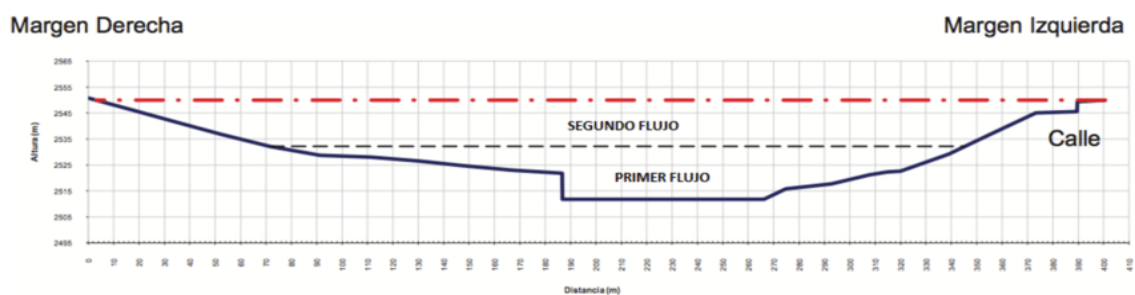


Figura 1. Sección transversal del cauce de un río

Fuente: Vasconez (2009)

c) Perfil Longitudinal (m)

El perfil longitudinal es un plano que refleja el trazo o la diferencia de altura entre dos puntos específicos, en los cuales se reflejan diferentes pendientes y distancias parciales y se muestra el punto de inicio (recorrido) de la trayectoria.

Estos datos reflejarán el comportamiento del suelo en construcción (proyectos de vivienda, terrazas) e ingeniería (vías públicas, proyectos de canalización, etc.) (ESTOP, 2015).

2.1.5. Estudios de Suelos

Según el análisis realizado por Pacheco (2016), un estudio de suelo, también conocido como Estudio Geotécnico, es un conjunto de actividades que nos permite obtener información sobre un terreno específico. Es una de las

informaciones más importantes para planificar, diseñar y ejecutar proyectos de construcción.

Por tanto, este tipo de investigación se realiza antes del proyecto de edificación, y su finalidad es determinar la naturaleza y características del terreno, lo cual es fundamental para determinar el tipo y estado de la cimentación.

De acuerdo a Pacheco (2016), los Estudios de Suelos tiene una función muy importante, puesto que permiten conocer:

- Propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo sobre el que se construirá la casa.
- Su composición estratigráfica, es decir, las capas o estratos de diferentes características que componen su profundidad.
- La ubicación del cuerpo de agua (nivel del agua) (si lo hubiera).
- La profundidad de la base a colocarse (nivel básico)
- Planificar el diseño, cálculo y uso de los cimientos de la casa.

A modo genérico, se puede señalar que existen 02 grupos de Suelos distinguidos:

- **Los Suelos Granulares (Suelos Buenos):** Son suelos compuestos por grava y arena. Este material puede estar compuesto por partículas de piedra muy pequeñas (pero se pueden ver a simple vista), y también se pueden encontrar piedras y huesos más grandes. Este tipo de suelo es duro y no aumenta las ondas sísmicas. También son suelos muy resistentes que pueden soportar las cargas que se deben transportar.
- **Los Suelos Finos (Suelos Malos):** Este tipo de suelo está compuesto por arcilla y limo, que son partículas muy pequeñas (tipo polvo), aunque tienen buena cohesión, cambian mucho al entrar en contacto con el agua. Por tanto, su resistencia eléctrica depende de la humedad a la que estén expuestos. Por eso no son el mejor suelo para la construcción de cimientos.

a) Granulometría (%)

Es el estudio de la distribución estadística del tamaño de la colección de elementos de materiales sólidos fraccionados o líquidos multifásicos. El análisis de tamaño de partículas es un conjunto de operaciones cuyo propósito es determinar la distribución de tamaño de los elementos de la muestra.

La distribución del tamaño de partículas se expresa en forma de tablas, números o gráficos para mostrar los resultados obtenidos a través de experimentos. El análisis de la distribución estadística de la forma del grano se asocia en ocasiones al análisis del tamaño de partícula mediante un sistema de correlación basado en el tamaño de partícula de la muestra (Torsten, 2007).

b) Humedad Natural

La humedad natural es la relación de peso, definida como la relación entre el peso del agua y el peso de los sólidos en un volumen dado de suelo. En la mayoría de los casos, la humedad natural se expresa como porcentaje.

La humedad natural es una propiedad física del suelo, es muy útil en la construcción civil y se puede obtener de forma sencilla puesto que el comportamiento y la resistencia del suelo de construcción está controlado por su contenido de humedad (Blaur, 2008).

c) Perfil estratigráfico SUCS

De acuerdo a Evett y Cheng (2007), el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) es un sistema de clasificación de suelos utilizado en ingeniería y geología para describir la textura y el tamaño de las partículas del suelo. Este sistema de clasificación se puede aplicar a la mayoría de los materiales no consolidados y está representado por un símbolo de dos letras. Cada letra se describe en la parte de abajo (excepto Pt). Para clasificar el suelo, es necesario analizar el tamaño de partícula del suelo de antemano mediante tamizado u otros métodos. También se denomina clasificación de Casagrande modificada.

Si la finura del suelo está entre el 5% y el 12% (pasando un tamiz # 200), ambas distribuciones de partículas tendrán un impacto significativo en el desempeño de ingeniería del material. Por ejemplo, hablaremos de grava que está estrictamente clasificada, pero con limo. En estos casos, se deben utilizar símbolos dobles, por ejemplo: GW-GM corresponde a "grava de buen grado" y "grava con limo o grava limosa".

Si el peso del suelo excede el 15% del peso retenido por el tamiz # 4 ($R_{\# 4} > 15\%$), hay una gran cantidad de grava, y el sufijo "con grava" se puede agregar al nombre del grupo, pero el símbolo del grupo permanece sin cambios. Por ejemplo, SP-SM con grava significa "arena con limo y grava con diferentes pendientes". Cuando el suelo tiene un sistema de dos símbolos (como en el caso anterior), la primera letra siempre se repetirá. Por ejemplo: SP-SC, "S" "(arena) se repite.

d) Corte Directo

La prueba de corte directo implica aumentar la fuerza de corte horizontal para hacer que una parte del suelo se deslice a lo largo de un plano de falla predeterminado en relación con la otra parte mientras se aplica una carga perpendicular al plano de movimiento.

Los aspectos de corte que nos interesan se pueden dividir en 04 categorías:

- La resistencia al cizallamiento de suelos no cohesivos (arena y grava) es prácticamente independiente del tiempo.
- Resistente a la fuerza cortante de drenaje de suelos cohesivos, en los que el desplazamiento debe ser muy lento para permitir el drenaje durante el ensayo.
- Para suelos (como arcilla) donde el desplazamiento es muy lento y la deformación es muy grande, puede resistir cortes residuales de drenaje.
- En condiciones sin drenaje, la resistencia al cizallamiento del suelo es muy rápida al cizallar (UNITEC, 2020).

2.1.6. Estudios Hidrológicos

Según SUEZ (2018), un estudio hidrológico o hidráulico se trata de un documento muy complejo que recopila todas las posibles condiciones e impactos hidráulicos que pueden sufrir edificios o terrenos o incluso beneficiarse de los efectos de las masas de agua.

La investigación hidráulica es fundamental, principalmente en áreas urbanas o rurales, cuando es necesario iniciar la construcción o renovación de cualquier tipo de infraestructura. En muchos campos, son esenciales. Los más comunes son la construcción de carreteras, estructuras ferroviarias, pistas de aeropuertos u otras instalaciones, y el proceso de urbanización residencial o industrial.

También son importantes en otras situaciones, pero afortunadamente esta situación no es tan común como en las investigaciones policiales que se realizan cerca de los canales hidrológicos.

a) Caudales Máximos (m³/s)

El caudal máximo es un caudal enorme no convencional, que se manifiesta en un largo período de retorno. La estimación de estos caudales es fundamental para determinar el tamaño del sistema de drenaje y proteger la iluminación de zanjas de drenaje urbano, alcantarillado, vertederos de basura, puentes y presas (Bateman, 2007).

b) Periodos de Retorno (años)

El período de retorno, también conocido como período de repetición, es un concepto estadístico que intenta dar una idea de hasta qué punto un evento puede considerarse raro. Por lo general, se calcula ajustando una distribución de probabilidad a la variable analizada en función de una serie de valores extremos registrados durante períodos iguales y continuos.

Por ejemplo, en hidrología, la investigación se realiza a través de tablas, y la precipitación máxima se registra cada 24 horas durante 24 años consecutivos. La distribución de Gumbel, Log-Pearson, raíz cuadrada de tipo exponencial (sqrt-ETmax) se usa generalmente para el ajuste de datos y la predicción de valores extremos (Takeharu, y otros, 1987).

2.2. Zonas vulnerables

Son todas las áreas expuestas a eventos naturales o provocados por el hombre, las cuales pueden afectar los diversos usos del sitio. Si se encuentra en la posición de movimiento de la placa tectónica, también puede ser un área vulnerable.

2.2.1. Construcciones en el cauce de la Quebrada

De acuerdo al estudio realizado por INGEMMET (2020), la quebrada del Diablo posee una cuenca amplia de recepción amplia, presenta laderas con pendientes que varían entre 40° a 50°. La quebrada Del Diablo cruza los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, en su cuenca media y baja, en donde no tiene un cauce definido, por la ocupación antrópica de las viviendas.

El pasado 21 de febrero a consecuencia de la lluvia extraordinaria en la parte baja y media de la cuenca, se generó un flujo de lodo, el cual movilizó material arenoso, que se desplazó y depositó a lo largo de su recorrido. El agua al discurrir por el cauce de la quebrada, adquirió gran velocidad, poder erosivo y capacidad de transporte de materiales. Al descender por él cauce, removió toda estructura localizada en su cauce, además incorporo a su volumen material de los antiguos movimientos en masa, generando de esta manera mayor volumen del flujo de lodo, el cual movilizó material arenoso con bloques erráticos englobados en una matriz fina. Estos bloques van desde 10 cm hasta 30 cm, son de composición riódacíticas de color beige rosáceo, son fragmentos arrancados del flujo piroclástico que aflora en las laderas de las quebradas. Estos bloques representan volumen menor al 5 % del flujo.

a) Áreas Vulnerables (m2)

Según INGEMMET (2020), la quebrada del Diablo produjo un flujo que en su trayectoria afectó viviendas de los sectores A.H.M El Mirador, La Florida y San Pedro, principalmente la calle San Antonio, el mercado La Rotonda, el terminal terrestre Tacna, así como, calles en las partes bajas por donde se encauso el flujo de lodo. Av. Zarumilla, Av. Jorge Basadre, calle Arias Araguez hasta la altura del estudio Jorge Basadre.

La mayor parte del material removido proviene de la erosión de rocas volcánicas, que alimentan con arena y bloques de ambas márgenes de la quebrada. Por efecto del paso del flujo de lodo el cauce fue socavado en varios sectores alcanzando profundidades de hasta 2 m.

El flujo al encausarse por la intersección de las calles Túpac Amaru y Las Rosas, tomo la calle San Antonio como su principal cauce, donde encontró obstáculos, como son viviendas sobresalidas, estas sufrieron mayores daños, por el impacto directo del flujo. El flujo de lodo también discurrió por las calles Los Lirios, Los Jazmines, Los Claveles, Los Rosales

La disponibilidad de material de suelos arenosos adosados en las laderas de la quebrada en la cuenca media, la actividad antropogénica en cuenca baja, además de la carencia de un canal que drene las aguas provenientes desde la parte alta de la quebrada Del Diablo, la califica como zona de Peligro Alto, frente a ocurrencias de flujos de lodo.



Figura 2. Quebrada del Diablo, parte alta del Distrito Alto de la Alianza

Fuente: INGEMMET (2020)

Asimismo, en las laderas de la quebrada Del Diablo se identificó peligros por erosión de laderas del tipo (cárcavas), se desarrollan en suelos sueltos poco resistentes. La erosión en cárcavas es un fenómeno que se da bajo diversas condiciones climáticas, aunque es más común en climas semiáridos y suelos estériles con vegetación abierta. Los cortes que componen el barranco se ven reforzados por los pasos violentos y discontinuos propios del clima mediterráneo, con lluvias fuertes o continuas sobre el terreno desnudo. Los materiales acarreados por las cárcavas aportan material al fondo de las quebradas. Todos estos materiales fueron acarreados y depositados en el abanico de deyección de la quebrada Del Diablo.

2.2.2. Análisis de Vulnerabilidad

Para INDECI (2006), la vulnerabilidad se refiere a la resistencia y exposición física social de uno o más elementos (vida humana, patrimonio,

servicios importantes, infraestructura, áreas agrícolas, etc.). Es causada por desastres naturales. La probabilidad se expresa como un porcentaje de 0 a 100. Es el grado en el que estos elementos se dañan fácilmente debido a la exposición a peligros.

La vulnerabilidad de una comunidad refleja el estado individual y colectivo de sus condiciones naturales, sociales, culturales, económicas, institucionales, ambientales y otras. Estas condiciones cambian constantemente de acuerdo con su nivel de preparación, actitudes, comportamientos, normas y condiciones socioeconómicas y políticas de las comunidades, instituciones y países.

La vulnerabilidad puede cambiar debido a una serie de condiciones y procesos causados por la naturaleza, la economía, la sociedad, la ciencia, la tecnología, la política, la cultura, la educación, la ecología, la ideología y el orden institucional. Estos factores cambiarán con el tiempo. Por lo tanto, dado un cierto grado de peligro, se deben monitorear los cambios causados por los componentes expuestos.

a) Nivel de Vulnerabilidad

De acuerdo a INDECI (2006), la vulnerabilidad se pueden dividir en 04 niveles: baja, media, alta y muy alta. A continuación, se detallan sus características y sus correspondientes valores:

- Vulnerabilidad Baja (VB): Viviendas en tierras seguras, con materiales nobles o fuerte resistencia sísmica, buenas condiciones, personas de ingresos medios y altos, con cultura de investigación y prevención, cobertura de servicios básicos, alto nivel de organización y de participación, vinculación entre instituciones existentes. Valor: 1; < de 25%
- Vulnerabilidad Media (VM): Viviendas que están asentadas sobre suelo de calidad media con aceleración sísmica moderada. Las inundaciones son muy esporádicas, con poca tensión y velocidad. Material noble que se mantiene regularmente en buenas condiciones, población de ingresos medios, cultura de prevención en desarrollo, cobertura parcial de los

servicios básicos y provisión de primeros auxilios. Con la participación de la mayoría de las instituciones, la población organizada está moderadamente relacionada y parcialmente integrada entre las instituciones existentes. Valor: 2; De 26% a 50%

- Vulnerabilidad Alta (VA): Por sus características geotécnicas, materiales inestables, condiciones de construcción deficientes y regulares, procesos de hacinamiento y colapso, viviendas ubicadas en áreas con alta aceleración sísmica esperada. Escasos recursos económicos, falta de conocimiento y cultura de prevención, cobertura parcial de servicios básicos, población con servicios de primeros auxilios limitados; pocas organizaciones, baja participación, relaciones débiles y baja integración entre instituciones y organizaciones existentes. Valor: 3; De 51% a 75%
- Vulnerabilidad Muy Alta (VMA): Posibilidad que las viviendas se asienten en áreas de suelo. Estos suelos suelen ser colapsables. Estos suelos están hechos de materiales inestables, mal contruidos y aceleran el proceso de apiñamiento y colapso. Población con recursos económicos limitados, sin cultura de prevención, falta de servicios básicos, servicios de emergencia limitados y organizaciones ineficaces, participación y relaciones entre instituciones y organizaciones existentes. Valor: 4; De 76% a 100% (Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, 2006).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Enfoque de la investigación: Según Hernández, Fernández y Baptista (2010), la investigación cuantitativa es una indagación que recopila y analiza datos cuantitativos sobre variables y estudia características y fenómenos cuantitativos. Las técnicas de análisis incluyen: análisis descriptivo, análisis exploratorio, inferencia univariante, inferencia multivariante, modelado y comparación.

La presente investigación corresponde a esta clasificación, ya que se tomaron en consideración indicadores números tales como la zona de extensión del cauce de la Quebrada del Diablo, el perímetro y volumen del cauce, entre otros.

Diseño de Investigación: De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2010), hay 02 modelos de investigación. La investigación experimental, la cual se divide en pre-experimento, experimento "puro" (real) y cuasi-experimento. Por otro lado, la investigación no experimental se realiza sin manipulación deliberada de variables. Esto se puede dividir en 02 tipos: transversal, que se divide en descriptivas y relaciones de correlación / causales; y vertical, que se divide en tendencias, grupos o colas, y evolución del panel.

Expuesto lo anterior, el estudio de investigación correspondió a un Diseño Experimental, debido a que se manipuló la variable independiente para ver las causas que se generan en la variable dependiente; y de esa manera verificar los resultados y contrastarlos con las hipótesis planteadas.

Finalidad de la investigación: De acuerdo al Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI) (2018), la investigación aplicada tiene como objetivo la resolución de un establecido problema o método concreto, centrándose en la exploración y afianzamiento de conocimientos y enriqueciendo así el desarrollo cultural y científico. Se enfoca en la resolución de dificultades en situaciones específicas, es decir, busca la aplicabilidad o uso de conocimientos de uno o más campos profesionales con el fin de implementar *know how* de manera empírica para satisfacer demandas específicas, brindando así soluciones para la resolución de problemas, ya sea en el sector social o productivo.

Por lo descrito, la presente investigación correspondió al Tipo Aplicada, debido mediante el cual con la elaboración de un Modelamiento Hidráulico con el Software HEC-RAS se identificaron las zonas más vulnerables existentes dentro o alrededor del Cauce de la Quebrada del Diablo. Además, se buscó dar una solución al problema que se muestra ante huaycos e inundaciones mediante la construcción de obras hidráulicas.

Alcance de la investigación: Citando los estudios realizados por Hernández, Fernández y Baptista (2010), las investigaciones descriptivas son investigaciones que generalmente describen situaciones y eventos; es decir,

cómo son y el comportamiento de ciertos fenómenos. La investigación descriptiva intenta determinar los atributos sustanciales de personas, grupos, comunidades u otro fenómeno que necesite ser analizado.

Teniendo en consideración lo señalado, el estudio de investigación presente fue de Nivel Descriptivo, ya que se buscó identificar cuáles eran las zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el cauce de la Quebrada Del Diablo.

3.2. Variable y Operacionalización

- **Variable Independiente**

Es una variable independiente, ya que permitirá identificar las zonas vulnerables en el cauce de la Quebrada del Diablo.

X: Modelamiento Hidráulico

- **Variable Dependiente**

Representa una variable dependiente porque está sujeta a la influencia que ejercerá la variable independiente.

Y: Zonas Vulnerables

- **Definición Conceptual (X):**

El modelamiento hidráulico es un modelo que se utiliza para resolver problemas afines a estructuras hidráulicas, fenómenos de filtración o extensión de ríos, así como problemas recientes relacionados con el transporte de sedimentos (Vergara, 1995).

- **Definición Operacional (Y):**

Las áreas vulnerables son todas las áreas expuestas a eventos naturales o provocados por el hombre, las cuales pueden afectar los diversos usos del sitio. Si se encuentra en la posición de movimiento de la placa tectónica, también puede ser área vulnerable (Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI, 2006).

Tabla 1. Operacionalización de Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente: Modelamiento Hidráulico	Estudios Topográficos	Curvas de Nivel (msnm)
		Secciones Transversales (m ²)
		Perfil Longitudinal (m)
	Estudios de Suelos	Granulometría (%)
		Humedad Natural
		Contenido de Sales Solubles
		Perfil estratigráfico SUCS
		Contenido de Cloruros
		Contenido de Sulfatos
	Estudios Hidrológicos	Corte Directo
		Caudales Máximos (m ³ /s)
		Periodos de Retorno (años)
Variable Dependiente: Zonas Vulnerables	Construcciones en el cauce de la Quebrada	Áreas Vulnerables(m ²)
	Análisis de vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad

Fuente: Elaboración propia

3.3. Población y muestra, muestreo

Según Ruiz (2020), la población es el grupo de todos los individuos o elementos posibles, cuyos atributos son objeto de investigación estadística. Puede ser finito o infinito (en estadística, para valores muy grandes o en continuo aumento, se considera de esta manera).

Población: En la presente investigación, se determinó como población a toda la longitud y área del cauce de la Quebrada del Diablo (27.77km y 56.56km² respectivamente), ya que su peligro eminente afecta a todas las zonas vulnerables evidenciadas, de los distritos de Ciudad Nueva y Alto de la Alianza.



Figura 3. Quebrada del Diablo

Fuente: Elaboración propia

Muestra: Ruiz (2020) señala que la muestra es un subconjunto característico de la población de la que se obtienen los datos. Cuando existen obstáculos en toda la población, la muestra se utiliza para investigación estadística. Se suponen los resultados conseguidos en la muestra como representativos para toda la población.

Para el presente estudio, la muestra comprendió aproximadamente 03km de longitud, puesto que representó la zona más crítica del área de estudio, además de considerarse la entrada a la Ciudad de Tacna.

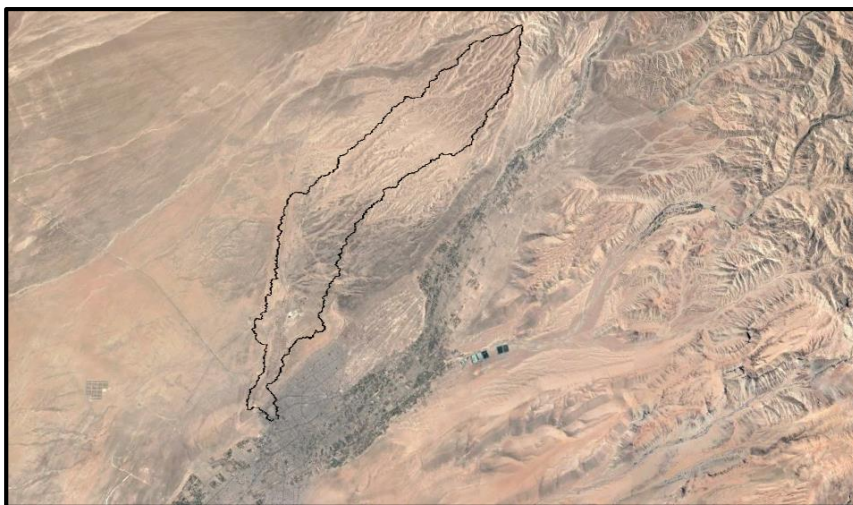


Figura 4. Área de intervención de la Quebrada del Diablo

Fuente: Elaboración propia

Muestreo: Se aplicó el muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual es una técnica en la que solo se seleccionan muestras de la población puesto que se pueden obtener fácilmente. Estas muestras se eligen porque pueden ser fáciles de intervenir (QuestionPro, 2021).

Es por ello que, para la presente investigación el muestreo estuvo conformado por 03 km de extensión del cauce de la Quebrada del Diablo (02 km antes de ingresar a la ciudad y 01 km después de ingresar a la ciudad); teniendo en consideración que el punto de inicio fue desde la Asociación La Florida.

3.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

De acuerdo a Bastis (2020), las técnicas de recolección de datos son los procedimientos y actividades los que permiten a los investigadores obtener la información necesaria para lograr sus objetivos de investigación.

Además, la técnica también puede indicar qué hacer para lograr una meta o presentar hechos. Esto es práctico y procesable. Una herramienta de recopilación de datos es cualquier recurso que los investigadores utilizan para procesar fenómenos y extraer información de ellos con fines de investigación.

Para el presente estudio, la técnica fue observacional.

Se utilizaron distintos equipos y programas de ingeniería, según lo descrito a continuación:

Para Estudios Topográficos:

Trabajos de Campo:

- Estación Total
- Prismas
- Wincha de 100m
- Trípode
- GPS

- Trabajos de Gabinete
- Programa Civil 3D
- Autocad
- MS Excel

Para Estudios de Suelos:

Trabajos de Campo:

- Juego de tamices
- Balanza
- Pocillos
- Horno
- Equipo de Corte Directo
- Brochas

Trabajos de Gabinete

- MS Excel

Para Estudios Hidrológicos:

Trabajos de Gabinete

- Arc Gis
- HEC HMS
- MS Excel
- MS Word

Para el modelamiento hidráulico:

Trabajos de Gabinete

- HEC RAS
- MS Excel
- MS Word

3.4.1. Técnica Seleccionada, observación en la zona de estudio directo

El autor Mejía (2005) manifiesta que el método de percepción de la zona de estudio directo es la técnica más común empleado ya que es la más utilizada. Es muy útil para describir y analizar los datos recolectados en campo.

Para el presente estudio, se llevó a cabo la recopilación de datos en la zona de estudio mediante la técnica de observación, ya que se observó todo alrededor mediante los instrumentos.

Instrumentos: De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2010), la recopilación de datos en la inspección de registro metódico, es válido y confiable para la evaluación del comportamiento de las variables en fases observables a través de grupos de categorías y subcategorías.

Ficha de observación: En la zona de estudio se utilizó la Ficha Técnica empleada para permitir describir la situación actual del área de estudio.

Hoja de Cálculo: El programa MS Excel formó parte esencial, ya que se llevó a cabo la fabricación de hojas de cálculo, gráficos y fórmulas.

Estación Total: Con la estación Total se llevó a cabo el levantamiento topográfico para determinar el eje de la zona de estudio, las pendientes del suelo, coordenadas, ángulos, desniveles, longitudes y representación gráfica. Estos datos se llevaron a gabinete para poder diseñar los planos respectivos.

Civil 3D: Es un software formulado para diseñar y generar documentos para varios proyectos de ingeniería civil. El software es compatible con los flujos de trabajo BIM (Building Information Modeling): carreteras y autopistas de alta capacidad (autopistas / autopistas), ferrocarriles, aeropuertos y muchos más.

HEC HMS: Es un software diseñado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos para simular el proceso hidrológico del sistema dendrítico en la cuenca. Contiene los programas necesarios para simular continuamente el ciclo del agua, incluida la evapotranspiración, el derretimiento de la nieve y la humectación del suelo.

HEC RAS: Es un programa de modelado hidráulico que puede simular el flujo en un canal natural o un canal artificial para determinar el nivel del agua, por lo que su principal propósito es realizar investigaciones de inundaciones y determinar el área de inundación.

Validez: Según Landeau (2007), la validez es un nivel que facilita el instrumento conforme a las referencias por conseguir para el estudio de investigación que se realiza sea apropiado para examinar la apariencia del estudio que sea de interés. Por ende, el estudio debe gozar de un buen instrumento y las variables en el estudio.

Confiabilidad: Bernal (2006) indica que la confiabilidad es un nivel de firmeza y relación para lograr con la herramienta de medición. Para que el proyecto de investigación posee confiabilidad se requiere objetar el objeto de estudio. Por ello la confiabilidad se refiere a consistencia de los descubrimientos de la investigación.

3.5. Procedimientos

Las etapas comprendidas para la realización del presente estudio, teniendo como zona de intervención el cauce de la Quebrada del Diablo en sus áreas mencionadas anteriormente, implicó las siguientes actividades:

1. VISITA AL LUGAR PARA VER EL PROBLEMA: Primeramente, se hizo una inspección del área de estudio, realizando un recorrido presencial en toda la zona afectada el pasado 21 de febrero del 2020.
2. RECOPIACION DE INFORMACION DE LA QUEBRADA DEL DIABLO: Después, se recopilaron los antecedentes e información referente a la Quebrada del Diablo, principalmente respecto a estudios de desbordamientos anteriores, y consecuencias del último siniestro.
3. LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO: Una vez identificado el problema (objeto del presente trabajo de investigación), se realizó el levantamiento topográfico de toda el área de estudio, comprendida por una extensión de 26km.
4. DEFINICIÓN DE CUENCA HIDROGRAFICA: Con la finalidad de determinar la cuenca hidrográfica, se elaboraron los planos de perfiles y secciones del terreno. Con esta actividad, se pudo determinar las cotas máximas y delimitación específica de la cuenca. Por otro lado, la parte topográfica se procesó en el programa CIVIL 3D.

5. CÁLCULO DE CAUDALES MÁXIMOS PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO: Después de haber definido el área de la cuenca, se procedió a realizar el cálculo de caudales mediante el Programa HEC HMS. Se determinaron diversos caudales para distintos periodos de retorno (5,10, 20, 50, 100 y 200 años).
6. ESTUDIO DE SUELOS (05 CALICATAS): Después de ello y definido el área de estudio aplicando un muestreo no probabilístico por conveniencia (3km de extensión), se realizó nuevamente una visita a campo para extraer muestras del suelo, procesándose en 05 calicatas (C-1, C-2, C-3, C-4, C-5). Dichas muestras se transportaron al laboratorio de suelos.
7. TRABAJOS DE LABORATORIO DE SUELOS: Seguidamente, se realizaron los ensayos de suelos (granulometría, humedad natural, perfil estratigráfico, sales solubles, cloruros, sulfatos y corte directo) todo ello conforme a las normativas de EMS (según RNE).
8. RECOPIACION DE ESTUDIOS PREVIOS AL MODELAMIENTO (TOPOGRAFICOS, HIDROLOGICOS Y SUELOS): Posterior a ello (una vez realizado el estudio topográfico, establecido la cuenca hidrográfica y definido los caudales para distintos periodos de retorno) se determinó el área de estudio (muestra) el cual fue de 3km (02km antes de entrar a la ciudad, y 01 km entrando a la ciudad). Después, se analizó información secundaria correspondiente a modelamiento topográfico, hidrológico y suelos.
9. MODELAMIENTO HIDRAULICO: Finalmente, con la realización de los estudios topográficos, hidrográficos y de suelos, se procedió a ejecutar la simulación hidráulica en el programa HEC RAS. Se introdujeron todos los datos obtenidos en los estudios anteriores y se interpretaron los resultados finales, cuyo análisis se encuentra expresado en el siguiente capítulo del presente trabajo de investigación.
10. INTERPRETACION DE RESULTADOS: Con la aplicación de técnicas estadísticas descriptivas, se procesaron e interpretaron los datos recolectados, permitiendo dar las conclusiones y recomendaciones referentes a la identificación de zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el cauce de la Quebrada Del Diablo, Provincia de Tacna.

3.6. Método de análisis de datos

En concordancia con lo citado por Abanto (2014), este trabajo se llevará a cabo por medio de Tabla de frecuencia, gráficas correspondientes y análisis e interpretación de datos.

El estudio descriptivo este compuesto por un conjunto de procedimientos lógicos y prácticas que facilitan a identificar las particularidades de una población, lugar o proceso social, económico, ambiental, cultural o político. Asimismo, de proponer relaciones complejas a través de las circunstancias o actores identificados (Hernández, y otros, 2010).

El procedimiento del presente trabajo de investigación fue descriptivo, ya que se llevó a cabo en gabinete con todos los datos que se recolectaron en función de las herramientas de recopilación de datos que se emplearon, tales como el levantamiento topográfico para poder conocer la ubicación exacta y formas del terreno. Asimismo, también se efectuaron las calicatas para el estudio de suelo, poder saber la capacidad del terreno para aguantar las caras empleadas sobre él. El valor del caudal del cauce de la Quebrada del Diablo se calculó con el software HEC RAS, realizando con ello el modelamiento Hidráulico respectivo.

3.7. Aspectos Éticos:

El trabajo de investigación se ejecutó en principio a ética profesional. Por ende, hubo un compromiso en responsabilidad a la autenticidad y honestidad, garantizando que todos los datos recolectados, resultados y diseños de cálculos se adquirieron de los trabajos desarrollado en campo, para luego ser llevados a gabinete donde se finalizó el respectivo desarrollo, sin ser alterados para un beneficio propio.

3.8. Respeto:

El respeto es un valor el cual sostiene que el ser humano puede reconocer, admitir, estimar y dar valor a las aptitudes de los demás en la sociedad. Por ello, se reafirma la veracidad y respeto a la autenticidad de las fuentes de investigación que fueron adquiridas durante el proceso de elaboración del presente estudio de investigación, los cuales fueron plasmados en las referencias bibliográficas respectivas.

3.9. Honestidad:

La honestidad es un valor relativo a la claridad. Es mencionar algo de aspecto que sea cierto, de igual apariencia como se determina al previo valor en la concurrencia de una investigación. En el presente estudio de investigación se ratifica la existencia de datos verdaderos, los cuales fueron extraídos de fuentes confiables (información secundaria) y fuentes propias (información primaria - visitas de campo y fotografías).

IV. RESULTADOS

4.1. Ámbito de aplicación

4.1.1. Ubicación política

Departamento	:	Tacna
Provincia	:	Tacna
Distrito	:	Alto de la Alianza
Localidad (asociación)	:	Asociación La Florida

4.1.2. Ubicación Hidrográfica

Unidad Hidrográfica : Región Hidrográfica del Pacífico
Cuenca : Caplina
Sub Cuenca : Quebrada del Diablo

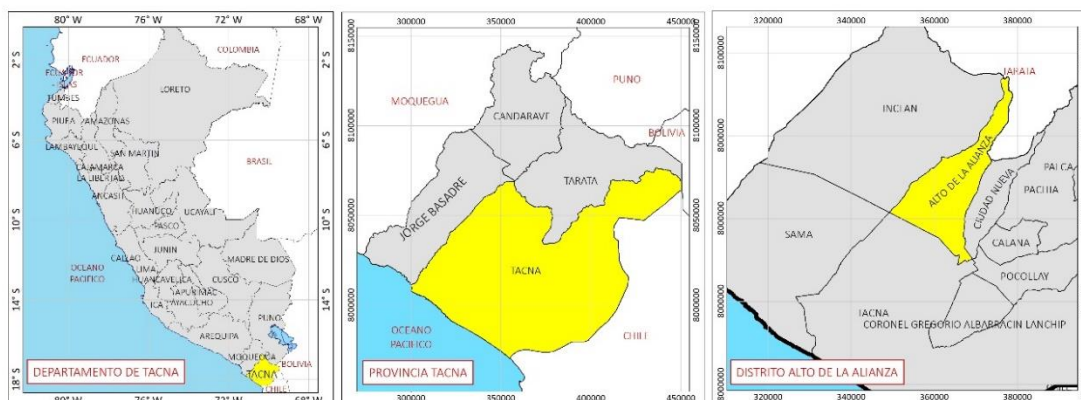


Figura 5. Mapa de Ubicación del Área de Estudio

Fuente: elaboración propia

4.1.3. Ubicación Administrativa

El proyecto se encuentra dentro de la siguiente jurisdicción

Ministerio de Agricultura – MINAG

Autoridad Nacional del Agua – ANA

Autoridad Administrativa del Agua Caplina Ocoña – AAA Caplina Ocoña

Administración Local del Agua Tacna – ALA TACNA

4.1.4. Accesibilidad

Para llegar a la zona del proyecto, vamos a partir del cercado ciudad de Tacna (plaza de armas) hasta la Asociación La Florida, siguiendo las rutas de la tabla a continuación:

Tabla 2. Accesibilidad

Recorrido	Tipo de Carretera	Distancia (Km.)	Tiempo
Plaza de Armas – La Florida	Asfaltada	8.0	07 min minminmin
Recorrido Total		8.0	07 min

Fuente: elaboración propia

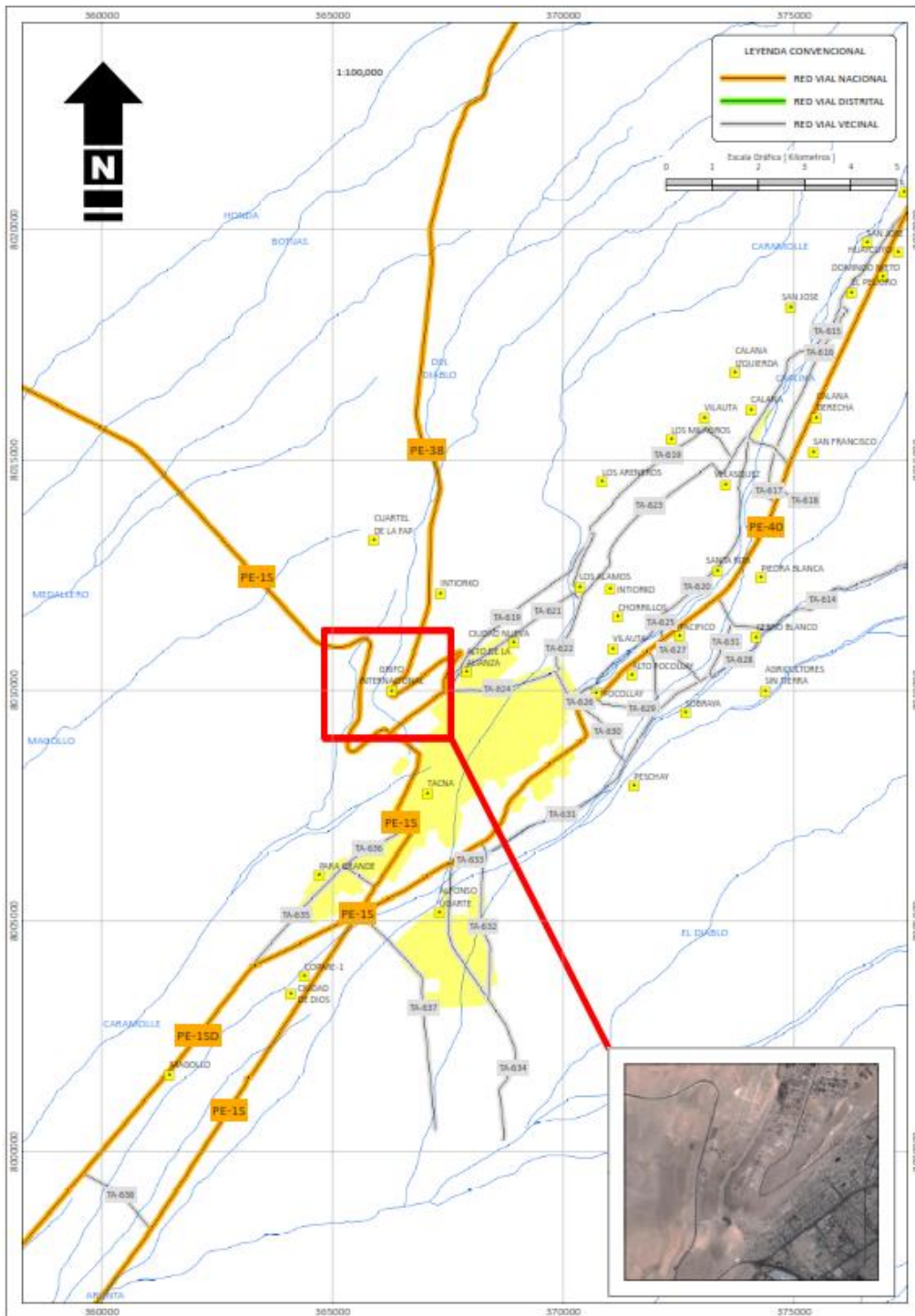


Figura 6. Mapa de Acceso al área de Estudio

Fuente: elaboración propia

4.2. Estudios topográficos

4.2.1. Recopilación de información

Antes de iniciar el Estudio Topográfico se realizó la verificación y validación de toda la Información necesaria, se estableció la muestra de estudio el cual comprende 2.24km.

4.2.2. Trabajos de campo

4.2.2.1. Ubicación e Instalación de la Mejor ruta.

La mejor ruta para iniciar el trabajo de levantamiento topográfico fue por la Asociación la Florida.

4.2.2.2. Procedimiento para Realizar el Levantamiento Topográfico.

Se realizó el recorrido en toda el área que forma parte de la Muestra en el estudio de Investigación.

Se estableció un BM para punto de inicio.

El levantamiento topográfico se ejecutó con Estación Total.

Se almaceno en la Estación Total las coordenadas y altitud conocidas de la primera estación, para luego estacionar, cargar, orientar y realizar la radiación de toma de puntos, para continuar con el levantamiento fue necesario realizar un cambio de estación teniendo en cuenta que los puntos ya tomados sean los requeridos para los trabajos a realizar.

El levantamiento topográfico se realizó utilizando una poligonal abierta de apoyo.

El equipo utilizado (Estación Total) cuenta con certificado de calidad según estándares internacionales (DIN 18723). También cuenta con certificado de calibración de los laboratorios.

El Estudio Topográfico consta de los siguientes componentes descritos a continuación:

➤ **Levantamiento Topográfico**

- a) **Reconocimiento.** Mediante un croquis del área de trabajo se realizó un recorrido por la parte alta de la quebrada.
- b) **Levantamiento.** Se estableció un punto referencial basado en una construcción existente en la zona.
- c) **Barrido de información topográfica del terreno,** este realizo apoyándose en los puntos de control establecidos previamente se procedió a levantar los puntos de interés y realizar el levantamiento masivo de puntos topográficos de la zona con todos los detalles naturales y artificiales existentes.
- d) **Puntos topográficos;** Con apoyo de 2 prismas se ubicó 04 puntos cada 50m, 01 en el cauce, 02 puntos en la parte media y uno en la parte superior a la quebrada. Esta operación se realizó en ambos lados.

4.2.3. Redes de control horizontal y vertical:

4.2.3.1. Equipos Topográficos Utilizados para el Estudio.

❖ **Equipos Usados En Campo**

- 01 Estación Total Marca trimbe
- 01 Trípode de Madera para Estación Total.
- 02 Prismas Marca Bergel de 1.60 m. de longitud

- 02 porta prismas marca Bergel
- 01 Libreta de Campo
- 01 Wincha de 3.0mts

❖ **Equipo Utilizado En El Trabajo De Gabinete**

- Computadora Intel Core i7
- Software de Descarga de información de Estación Total a la Computadora
- Software para topografía AutoCAD Civil 3D V2018
- Software Microsoft Office (Excel, Word)

❖ **Brigadas De Campo Y Gabinete**

- 02 ayudantes
- 01 operador de Equipo Topográfico

4.2.4. Trabajos de gabinete

4.2.4.1. Procesamiento de la Información Tomada en Campo y Descripción de la Metodología Utilizada.

Todo el procesamiento e interpretación de la información obtenida en campo se realizó con el Programa AUTOCAD CIVIL 3D, pero antes importamos desde la Estación Total, los puntos para ser compensados a través del software.

Los procedimientos fueron:

- Después de bajar los datos de la Estación Total y darle la compensación respectiva, se importa al programa AUTOCAD CIVIL 3D la información topográfica a un archivo creado anteriormente.
- Se procedio también a crear las curvas de nivel para poder identificar la forma del terreno.
- Graficamos el eje de la Quebrada y las áreas elevadas.

- Antes de las secciones transversales se creó los perfiles longitudinales para poder visualizar las curvas verticales en perfiles.
- Los planos que se procesaron son:
 - PLANO DE CURVAS DE NIVEL
 - PLANO DE PERFILES LONGITUDINALES
 - PLANO DE SECCIONES TRANSVERSALES

4.2.5. Resultados

- El área de Estudio presenta una topografía semiplana en la parte superior de la Quebrada con pendientes de 6 al 8%.
- El cauce Principal tiene pendientes entre 2.5% a 35%.
- Las secciones de la Quebrada presentan un grado de inclinación entre 18° a 68°.
- Las pendientes de los taludes en zonas son muy complicadas.
- Existe riesgo de caída de rocas en taludes inestables.

4.3. Estudio de suelos

4.3.1. Normatividad

El estudio de suelos realizado se rigió en la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del RNE.

Los ensayos se realizaron de acuerdo a las pautas señaladas del ASTM y la clasificación de los suelos se realizó según lo determinado en el Sistema de Clasificación de Suelos.

4.3.2. Investigaciones geotécnicas

4.3.2.1. Exploración de suelos

En esta sección se dio como objetivo reconocer el suelo donde se realizó el estudio.

4.3.2.2. Reconocimiento de campo

Se hizo la labor de reconocimiento de la zona a intervenir, mediante la ubicación de las calicatas.

Se tomó en cuenta que existen sectores de corte en donde predomina el macizo rocoso característico de la zona (ignimbritas color marrón).

4.3.2.3. Fase de campo

Se realizó la excavación de 05 Calicatas utilizando herramientas manuales.

Se tomó muestra alteradas de las diferentes estratos para su posterior análisis de identificación en laboratorio.

Se realizó el perfil estratigráfico de la calicata ejecutada, tomando nota de las características visuales de las diferentes capas y estratos encontrados.

4.3.2.4. Resultado de ensayos de laboratorio

Los ensayos se realizaron según procedimientos y pautas del ASTM y la normativa del RNE Suelos y Cimentaciones.

ENSAYOS ESTÁNDAR

- Análisis Granulométrico Norma ASTM D 422
- Clasificación de Suelos Norma ASTM D 2487
- Ensayo de Humedad Natural Norma ASTM C-70

ENSAYOS ESPECIALES

- Ensayo de Corte Directo

Estos ensayos permiten conocer las propiedades del suelo tales como:

Características físicas y de resistencia a esfuerzos.

ENSAYOS STANDAR

Los resultados de laboratorio se pueden apreciar en el **Anexo 04** del presente estudio.

GRANULOMETRIA

Este ensayo consiste en la clasificación de las partículas de la muestra según su tamaño, se realiza utilizando los tamices y se clasifica según el porcentaje de retención.

A. Clasificación de suelos y límites de consistencia del suelo de fundación

Tabla 3. Clasificación de suelos y límites de consistencia

Calicata	CLASIFICACION SUCS	CLASIFICACION AASTHO
C – 01	SM	A-2-4 (0)
C – 02	SM	A-2-4 (0)
C – 03	SM	A-2-4 (0)
C – 04	SM	A-2-4 (0)
C – 05	SM	A-2-4 (0)

Fuente: elaboración propia

HUMEDAD NATURAL

El presente ensayo consiste en determinar la presencia de agua en el terreno, relacionando el peso de la muestra antes y después de ser secadas en el Horno.

Tabla 4. Resumen de la humedad natural

Calicata	HUMEDAD DEL SUELO PROPIO
C – 01	2.06
C – 02	2.35
C – 03	3.11

C – 04	2.82
C – 05	2.54

Fuente: elaboración propia

4.3.2.5. Perfiles estratigráficos

La zona está conformada por suelos Areno limosos en la parte superficial, No Presentan plasticidad, se encuentra en estado semi denso. Presenta contenido de humedad natural bajo por ser una zona árida en donde no existen edificaciones.

CALICATA 01

ESTRATO 01 DE 0.00 A 1.80 M.

Arenas limosas con finos no plásticos en estado semi denso (material de préstamo procedente del corte lateral del cerro). Color marrón claro, presenta fragmentos de suelo densificado por las incrustaciones de sales en forma de caliche.

CALICATA 02

ESTRATO 01 DE 0.00 A 1.20 M.

Arenas limosas con finos no plásticos en estado semi denso (material de préstamo procedente del corte lateral del cerro). Color marrón claro, presenta fragmentos de suelo densificado por las incrustaciones de sales en forma de caliche.

ESTRATO 03 DE 1.20 A 1.80 M.

Suelo macizo rocoso de tipo volcánico (ignimbritas) color rosáceo o marrón claro.

CALICATA 03

ESTRATO 01 DE 0.00 A 1.20 M.

Arenas limosas con finos no plásticos en estado semi denso, color rosáceo, presenta fragmentos de suelo densificado por las incrustaciones de sales en forma de caliche.

ESTRATO 02 DE 1.20 A 1.80 M.

Arenas limosas en estado consolidado las cuales no se disgregan en el agua, presenta sales en forma de caliche, de consistencia no plástica color blanco o marfil.

CALICATA 04

ESTRATO 01 DE 0.00 A 0.80 M.

Material de afirmado conformado por gravas y arenas en estado semi denso.

ESTRATO 02 DE 0.80 A 1.80 M.

Arenas limosas en estado consolidado las cuales no se disgregan en el agua, presenta sales en forma de caliche, de consistencia no plástica color blanco o marfil.

CALICATA 05

ESTRATO 01 DE 0.00 A 1.80 M.

Arenas limosas en estado consolidado las cuales no se disgregan en el agua, presenta sales en forma de caliche, de consistencia no plástica color blanco o marfil.

4.3.2.6. Corte directo

Este ensayo se realizo bajo la NTP 339.171 (ASTM D3080) y su finalidad fue la determinación de los ángulos de fricción y cohesión del suelo existente en el lugar.

CALICATA 01

Angulo de fricción interna =17.34

Cohesión =0.248

CALICATA 02

Angulo de fricción interna =17.71

Cohesión =0.222

CALICATA 03

Angulo de fricción interna =18.81

Cohesión =0.209

CALICATA 04

Angulo de fricción interna =22.49

Cohesión =0.173

CALICATA 05

Angulo de fricción interna =21.69

Cohesión =0.180

4.4. Estudio hidrológico

4.4.1. Información cartográfica

La información cartográfica fue utilizada para la ubicación, zonificación y representación de las distintas variables hidrometeorológicas que intervienen en la cuenca, permitiendo identificar y definir su influencia y grado de intensidad.

La información cartográfica y mapas temáticos recopilados se presentan en Cuadro N° 1.2 y se describen a continuación:

Tabla 5. *Resumen de información cartográfica*

CARTOGRAFÍA	FUENTE / AUTOR	FECHA	FORMATO
Mapas Temáticos	ANA/ Ing. E. Chávarri	2010	SHP
Imágenes Satelitales 3D	Google Earth Pro	Variados	Software Libre
Cartas Nacionales Digitalizados Hojas: 37-v Tacna	IGN y MINEDU	2005	SHP
Imágenes Ráster SRTM	EarthData (Nasa)	1990	GEOTIFF

Fuente: elaboración propia

- Cartas Nacional a escala 1/100000 del IGN, con distancias entre curvas de 50 metros, con control terrestre – 1971. 35-u Moquegua.
- Cartas Nacionales a escala 1/100000 del IGN, digitalizadas en formatos compatibles con los Sistemas de Información Geográfica (SIG); cobertura: red hidrográfica, curvas de nivel y nombres de la red hidrográfica.
- Mapas temáticos como el hidrológico, cuencas y sub cuencas, zonas de vida, infraestructura hidráulica, estaciones meteorológicas, temperaturas máximas, mínimas y medias; evaporación, evapotranspiración, clasificación climática, precipitación, isoyetas y áreas de cultivo del “Estudio de

Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en las Cuencas de los Ríos Locumba y Sama”, elaborado por el Ing. Eduardo Chávarri (2010), los cuales han sido actualizados y corregidos con el fin de generar la cartografía actual que servirá de base para el modelo hidrológico.

- Imágenes ASTER GDEM (Aster Global Digital Elevation Model) obtenidas del geoservidor de ministerio del ambiente (MINAM), en formato GEOTIFF con coordenadas geográficas, resolución espacial de 30 metros, que hace referencia al geode WGS84/EGM96. Estas imágenes se procesaron con el software Arcgis empezando a construir un mosaico que contenga toda el área de la cuenca, para esto se ha unido imágenes la S18W71, S18W72, S17W71 y S17W72.
- Obtenido el mosaico se procedió a delimitar la cuenca, con apoyo del ráster ASTER GDEM, nos apoyamos en el software Arcgis, con su herramienta HecGeoHMS que a través de la herramienta Model Builder (Ver Gráfico N° 1.1) nos permite delimitar la cuenca, sub cuenca y microcuenca de interés.
- Se delimito y caracterizo el área hidrográfica de la zona de estudio.

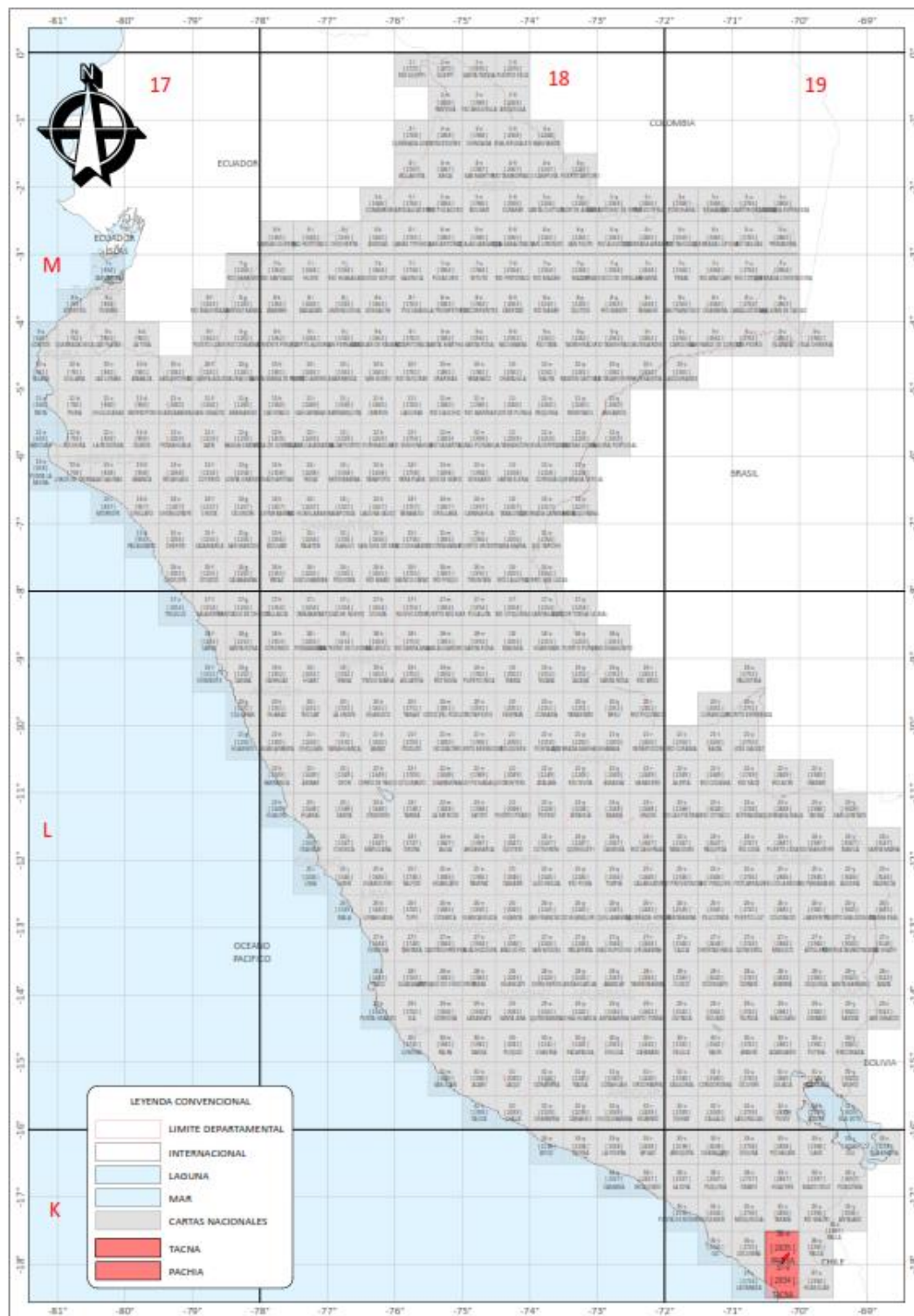


Figura 7. Ubicación Cartas Nacionales

Fuente: elaboración propia

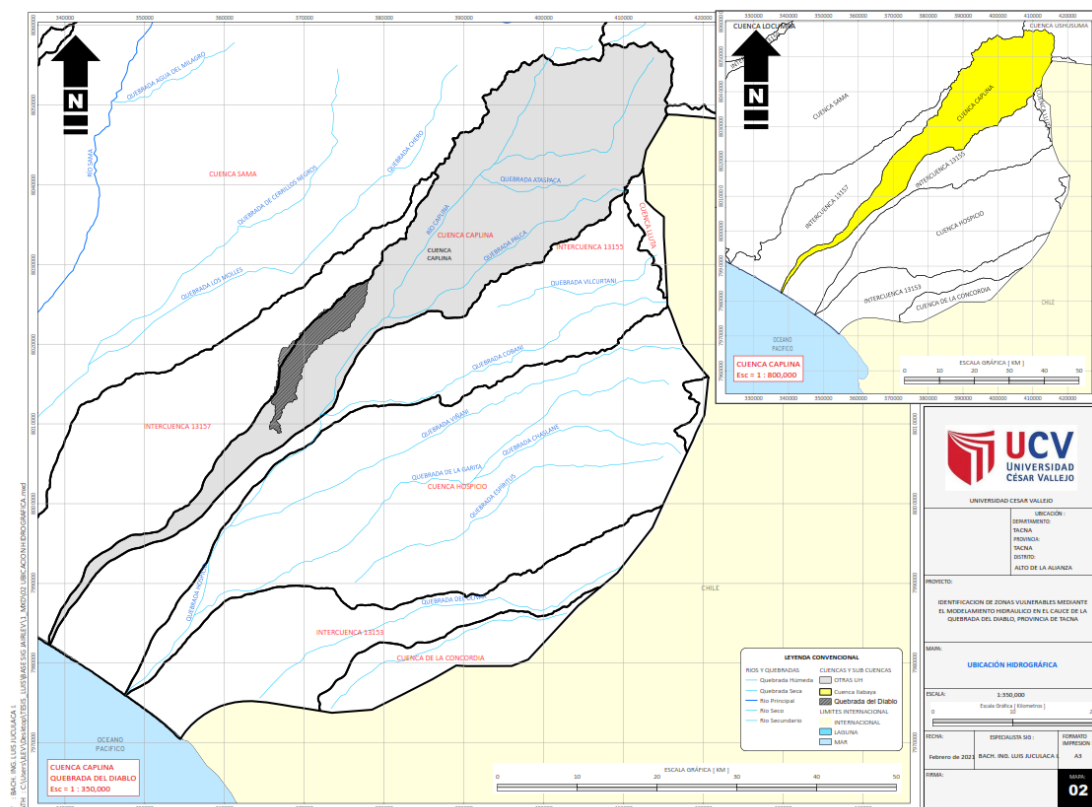


Figura 8. Flujoograma para la Delimitación de Cuencas en Model Builder

Fuente: elaboración propia

4.4.2. Información meteorológica

Para realizar el desarrollo y análisis de la información meteorológica se recopiló información de las estaciones existentes en el ámbito de la Región Tacna y estaciones aledañas. Esta información ha sido sometida a procesos de análisis de confiabilidad de datos y utilizados para la compleción.

La Autoridad Nacional del Agua cuenta en su geoservidor del SNIRH (Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos) con una data extensa de estaciones meteorológicas e hidrométricas recopiladas del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) a lo largo del territorio nacional, esta información fue procesada para el presente estudio.

A continuación, se presenta los registros de la estación meteorológica Jorge Basadre.

Tabla 6. Información de Estaciones con Datos de Precipitación Diaria

N°	ESTACIÓN	CUENCA	ESTE	NORTE	ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO	AÑOS DE REGISTRO	FUENTE
1	JORGE BASADRE	CAPLINA	367400	8006400	560	1993-2020	27	SENAMHI – TACNA

Fuente: elaboración propia

4.4.3. Evaluación hidrológica

Para la delimitación de las cuencas de interés se utilizaron las siguientes hojas de las cartas nacionales, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:100,000.

Tabla 7. Cartas Nacionales para la Zona de Estudio

CÓDIGO	NOMBRE	ESCALA
37-v	Tacna	1:100000

Fuente: elaboración propia

Administrativamente, el ámbito de influencia hídrica del Distrito de Tacna, pertenece a las siguientes dependencias administrativas:

- Ministerio de Agricultura - MINAG
- Autoridad Nacional del Agua – ANA
- Autoridad Administrativa del Agua Caplina - Ocoña
- Administración Local del Agua Tacna

El área de la Quebrada del Diablo tiene una extensión de 56.56 km² y un perímetro de 76.92 km, el centroide de la quebrada tiene una cota promedio 1179 m.s.n.m.

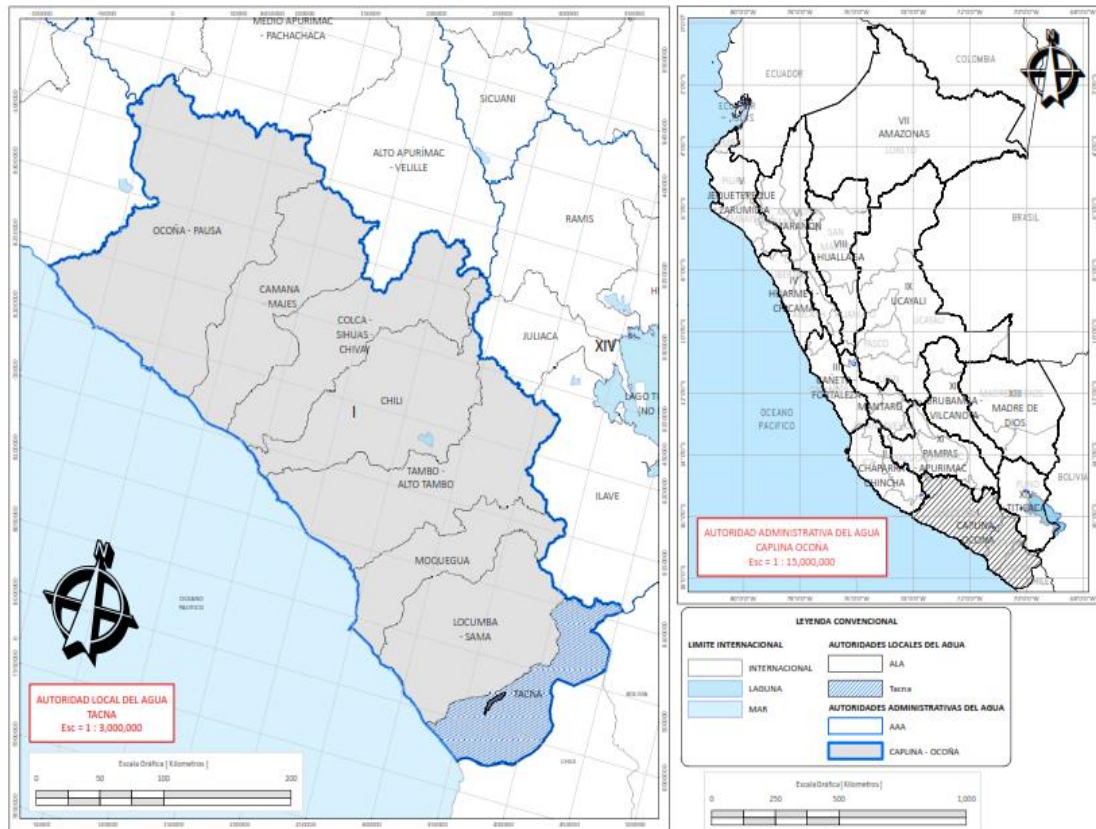


Figura 9. Jurisdicción Autoridad Nacional del Agua

Fuente: elaboración propia

4.4.4. Fisiografía y geología del área de estudio

Están definidas por el procesamiento de la información cartográfica obtenida y la caracterización de la fisiografía de las cuencas y microcuencas que formaran un papel importante en el escurrimiento superficial del área de estudio.

4.4.4.1. Parámetros geomorfológicos e hidrológicos de las cuencas

Los parámetros más importantes para el estudio de la caracterización geomorfológica e hidrológica en las cuencas, se pueden subdividir entre parámetros de forma, de relieve y de la red hidrográfica. Estos interactúan entre

sí tanto espacial como temporalmente, cumpliendo así un papel esencial en la respuesta hidrológica de la cuenca y viceversa.

Las características de una cuenca dependen del suelo, la vegetación, la geología, el uso del suelo, etc. Estos puntos tienen gran influencia en la respuesta hidrológica de la cuenca.

4.4.4.1.1. Área de la cuenca

Una cuenca esta determinada como la planicie horizontal enmarcada por cotas topográficas y cambios de pendientes. Según Ven To Chow (1993), se puede utilizar la siguiente clasificación de tamaño de cuenca:

Tabla 8. Clasificación de las quebradas por su área

Tamaño de	Descripción
< 25	Muy Pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia-
500 a 2500	Intermedia-
2500 a 500	Grande
> 5000	Muy Grande

Fuente: elaboración propia

4.4.4.1.2. Ancho medio de la cuenca (B)

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud del cauce principal, cuya expresión es la siguiente:

$$B = \frac{A}{L}$$

Donde:

- B : Ancho promedio de la cuenca (km).
- A : Área de la cuenca (km²).
- L : Longitud del cauce principal (km).

4.4.4.1.3. Coeficiente de compacidad o índice de Graveliu (KC)

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de una circunferencia de área igual a la de la cuenca.

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- Kc : Coeficiente de compacidad.
- P : Perímetro de la cuenca, en Km.
- A : Área de la cuenca, en Km².

A continuación, se muestra los valores del coeficiente de compacidad y formas típicas:

Tabla 9. Coeficiente de compacidad o índice de Graveliu

Cc	Forma
1 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.5	Ovalada redonda
1.5 - 1.7	Rectangular oblonga
> 1.7	Alargada

Fuente: elaboración propia

4.4.4.1.4. Factor de forma (KT)

Es la relación determinada entre la superficie de la cuenca y la medida de su longitud máxima, medida desde la salida de la cuenca hasta la divisoria de

aguas en la cabecera de la cuenca, siguiendo con una línea recta el cauce principal.

$$K_t = \frac{B}{L} = \frac{A/L}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

- K : Factor de forma.
- B : Ancho medio de la cuenca, en Km.
- A : Área de la cuenca, en Km².
- L : Longitud axial de la cuenca, en km.

4.4.4.1.5. Origen de corrientes

Es el grado de bifurcación del área de cuencas, pueden ser varias que alimentan a un cauce principal y están definidas según su importancia.

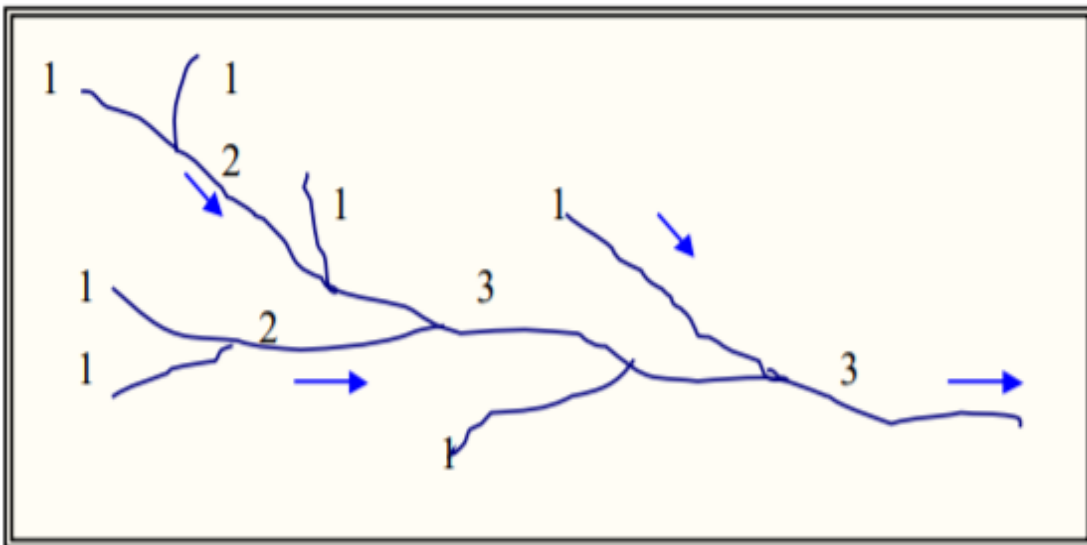


Figura 10. *Orden de corrientes*

Fuente: elaboración propia

4.4.4.1.6. Densidad de corrientes (DC)

$$D_c = \frac{N_s}{A}$$

Donde:

- Dc : Densidad de corrientes, (cauces o ríos / Km²).
A : Área de la cuenca (Km²).
Ns : Número de corrientes permanentes e intermitentes (unidades).

La corriente madre o corriente principal está definida desde el punto de inicio hasta la desembocadura, posterior a ellos se tendrán las corrientes tributarias de un orden anterior desde el inicio hasta su fusión con la corriente principal.

4.4.4.1.7. Densidad de drenaje (Dp)

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Donde:

- Dd : Densidad de drenaje (Km/Km²).
L : Longitud total de corrientes (Km).
A : Área de la cuenca (Km²).

4.4.4.1.8. Pendiente media de la Cuenca

- **Criterio del rectángulo equivalente**

$$S_c = \frac{H}{L}$$

Donde:

- S : Pendiente de la cuenca.
H : Desnivel total
L : Lado mayor del rectángulo equivalente, en Km.

El valor obtenido no es significativo para la definición de la pendiente, pero puede ser considerado como un valor tentativo.

- **Índice de pendiente**

Su valor se obtiene utilizando una variable del rectángulo equivalente, con la siguiente fórmula.

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} \cdot \frac{1}{L}$$

Donde:

- I_p : Índice de pendiente.
- n : Número de curvas de nivel existente.
- $a_1, a_2 \dots a_n$: Cotas de las n curvas de nivel consideradas, en km.
- β : Fracción de la superficie total de la cuenca comprendida entre las cotas $a_i - a_{i-1}$
- β_i : A_i/A_t
- L : Longitud del lado mayor

Para determinar la clase de pendiente de la cuenca se tiene:

Tabla 10. *Determinación de clase de pendiente de la cuenca*

Pendiente de la cuenca (%)	Clase
1 a 15	Accidentado
15 a 30	Fuertemente accidentado
30 a 50	Escarpado
> 50	Muy escarpado

Fuente: elaboración propia

4.4.4.1.9. Curva Hipsométrica

Está determinada por la relación de una cota topográfica y su área de influencia, debido a las características esta relación ira disminuyendo según el área de la cuenca.

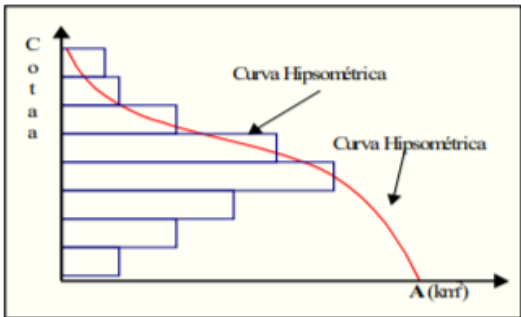
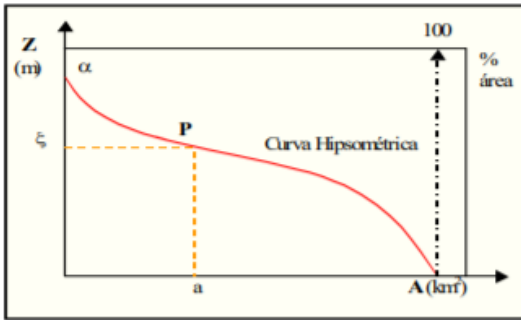
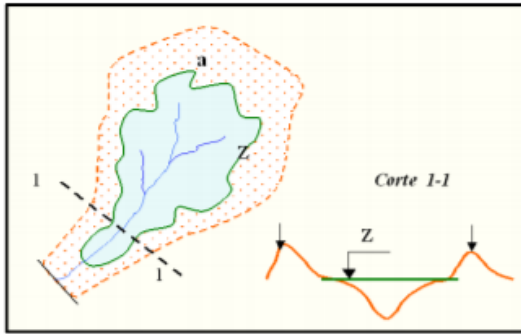


Figura 11. Curva Hipsométrica

Fuente: elaboración propia

Tabla 11. Cotas consideradas

1	2	3	4	5
Cota m.s.n.m.	Área sobre cota Z Km ²	Área entre cotas Km ²	Área acumulada	% de área entre cotas al área total A ₀
Punto más bajo Z ₀	A ₀ =área total de la cuenca			
Z ₁	A ₁	A ₀ - A ₁	A ₀ - A ₁	100. $\frac{(A_0 - A_1)}{A_0}$
Z ₂	A ₂	A ₁ - A ₂	100. $\frac{(A_1 - A_2)}{A_0}$
Z ₃	A ₃	A ₂ - A ₃
Punto más alto Z _N	A _N = 0	A _{N-1} - A _N	A ₀	100. $\frac{(A_{N-1} - A_N)}{A_0}$
TOTALES		A ₀		100

Fuente: elaboración propia

4.4.4.1.10. Rectángulo equivalente

Si “l” y “L” son dimensiones del rectángulo equivalente, se cumple:

Área : $A = l * L$

Perímetro: $P = 2(l + L)$

Índice de Gravelius: $K_C = 0.282 * \frac{P}{\sqrt{A}}$

Sustituyendo $L^2 - \frac{K_C * \sqrt{A}}{0.56} L + A = 0$

Aplicando la ecuación de segundo grado, resulta.

$$L = \frac{K_C \sqrt{A}}{1.128} \left[1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_C} \right)^2} \right]$$

$$l = \frac{K_C \sqrt{A}}{1.128} \left[1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.128}{K_C} \right)^2} \right]$$

Donde:

L : Longitud del lado mayor del rectángulo.

l : Longitud de lado menor del rectángulo.

K_c : Índice de Gravelius.

A : Área de la cuenca.

Tabla 12. Parámetros Morfométricos – Quebrada del diablo

PARAMÉTROS MORFOMÉTRICOS - QUEBRADA DEL DIABLO						
PARAMETROS			UNIDAD	NOMENGLATURA	VALOR	
ÁREA			Km2	A	56.56	
PERIMETRO			Km	P	76.92	
PARÁMETROS DE FORMA	FACTOR DE CUENCA	Coeficiente de Compacidad (Gravelius)		1	Kc	2.86
		FACTOR DE FORMA	Longitud (Curso más largo)	Km	Lc	27.77
			Ancho Medio	Km	WB	2.57
			Longitud Axial de la cuenca	Km	La	22.01
			Factor de Forma	1	Ff	0.12
	RECTÁNGULO EQUIVALENTE	Lado Mayor	Km	L	36.64	
		Lado Menor	Km	I	1.54	
	PARÁMETROS DE DRENAJE	GRADO DE RAMIFICACIÓN	Longitud Total	Km	Orden 1	76.01
				Km	Orden 2	39.16
Km				Orden 3	16.33	
Km				Orden 4	12.07	
Km				Orden 5	13.26	
NÚMEROS DE RIOS PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE RAMIFICACIÓN		1	Orden 1	121.00		
		1	Orden 2	27.00		
		1	Orden 3	8.00		
		1	Orden 4	3.00		
		1	Orden 5	1.00		
Longitud Total de los ríos de diferentes grados		Km	Lt	156.83		
Densidad de Drenaje		Km/Km2	Dd	2.77		
Relación de Bifurcación		1	Rb	1.65		
Extensión media para los diferentes grados		Km	Em	0.09		
Frecuencia de los ríos		núm./Km2	F	2.83		
PARÁMETROS DE RELIEVE	Elevación máxima de la cuenca		msnm	Hmáx	1,930.00	
	Elevación mínima de la cuenca		msnm	Hmín	560.00	
	Desnivel total de la cuenca		m	Ht	1,370.00	
	Altitud media de la cuenca	Criterio de rectángulos	msnm	Zmean		
		Cálculo mediante ráster de elevaciones	msnm	Zmean	1,170.00	
	Pendiente media de la Cuenca		Cálculo mediante ráster de pendientes	%	Smean	17.59
	Pendiente media de los cauces	Taylor - Schwarz		%		4.93
Criterio de pendiente uniforme		%		8.40		

Fuente: elaboración propia

Tabla 13. Parámetros Morfométricos – Quebrada del diablo

N°	ALTITUD	RANGOS DE ALTITUD	ÁREA PARCIAL	ÁREA ACUMULADA	FRECUENCIA DE ALTITUD PARCIAL	FRECUENCIA DE ALTITUD ACUMULADA	% DE AREA ACUMULADA QUE QUEDA
	msnm		km2	km2			
0	560		0	0	0.0%	0.0%	100.0%
1	600	560 - 600	0.53	0.53	0.9%	0.9%	99.1%
2	700	600 - 700	0.51	1.04	0.9%	1.8%	98.2%
3	800	700 - 800	1.22	2.26	2.2%	4.0%	96.0%
4	900	800 - 900	3.94	6.21	7.0%	11.0%	89.0%
5	1000	900 - 1000	8.75	14.96	15.5%	26.4%	73.6%
6	1100	1000 - 1100	8.63	23.59	15.3%	41.7%	58.3%
7	1200	1100 - 1200	7.02	30.60	12.4%	54.1%	45.9%
8	1300	1200 - 1300	10.86	41.47	19.2%	73.3%	26.7%
9	1400	1300 - 1400	5.83	47.30	10.3%	83.6%	16.4%
10	1500	1400 - 1500	3.76	51.06	6.7%	90.3%	9.7%
11	1600	1500 - 1600	2.81	53.87	5.0%	95.2%	4.8%
12	1700	1600 - 1700	1.76	55.64	3.1%	98.4%	1.6%
13	1800	1700 - 1800	0.66	56.30	1.2%	99.5%	0.5%
14	1930	1800 - 1930	0.27	56.56	0.5%	100.0%	0.0%
TOTAL			56.56			ALTITUD MEDIA	1166.90

Fuente: elaboración propia

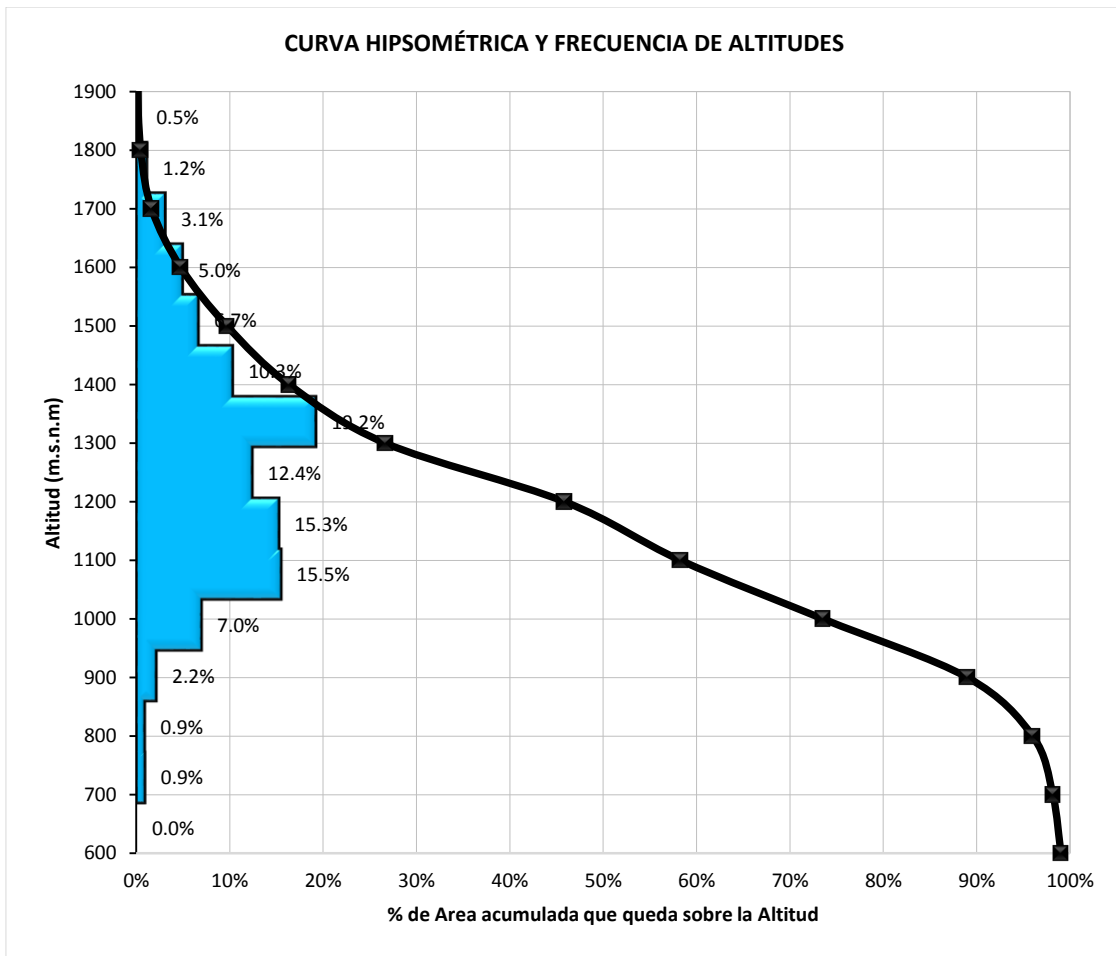


Figura 12. Curva Hipsométrica – Quebrada del Diablo

Fuente: elaboración propia

4.4.5. Análisis y tratamiento de la información meteorológica e hidrométrica

4.4.5.1. Tratamiento de la información pluviométrica e hidrométrica

En el presente capítulo se describen las principales variables de la hidrología superficial: la precipitación es de vital importancia para la determinación de la oferta hídrica superficial, de la cual se abastecen diversos usos del agua, ya sea para usos domésticos, agricultura, minería, generación de energía eléctrica, entre otros.

El análisis de la precipitación consistió en recuperar la información existente y realizar un análisis de consistencia, lo que a su vez se basó en análisis gráfico, regionalización o agrupación de estaciones, análisis de doble masa y análisis estadístico. Por último, se realizó la Completación de datos faltantes a base de modelos de correlación múltiple.

4.4.5.1.1. Pluvimetría

4.4.5.1.1.1. Información disponible

Para el análisis de precipitación se analizó la Estación Meteorológica Jorge Basadre por tener 100% de influencia sobre el área de estudio calculado mediante el polígono de Thiessen. La fuente de información corresponde al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, y la el servidor SNIRH (Sistema Nacional de Información de Recursos Hídricos) de la Autoridad Nacional del Agua.

Tabla 14. *Relación de estaciones seleccionadas para el análisis de la precipitación*

N°	ESTACIÓN	CUENCA	ESTE	NORTE	ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO	FUENTE
1	JORGE BASADRE	CAPLINA	367400	8006400	560	1993-2020	SENAMHI – TACNA

Fuente: elaboración propia

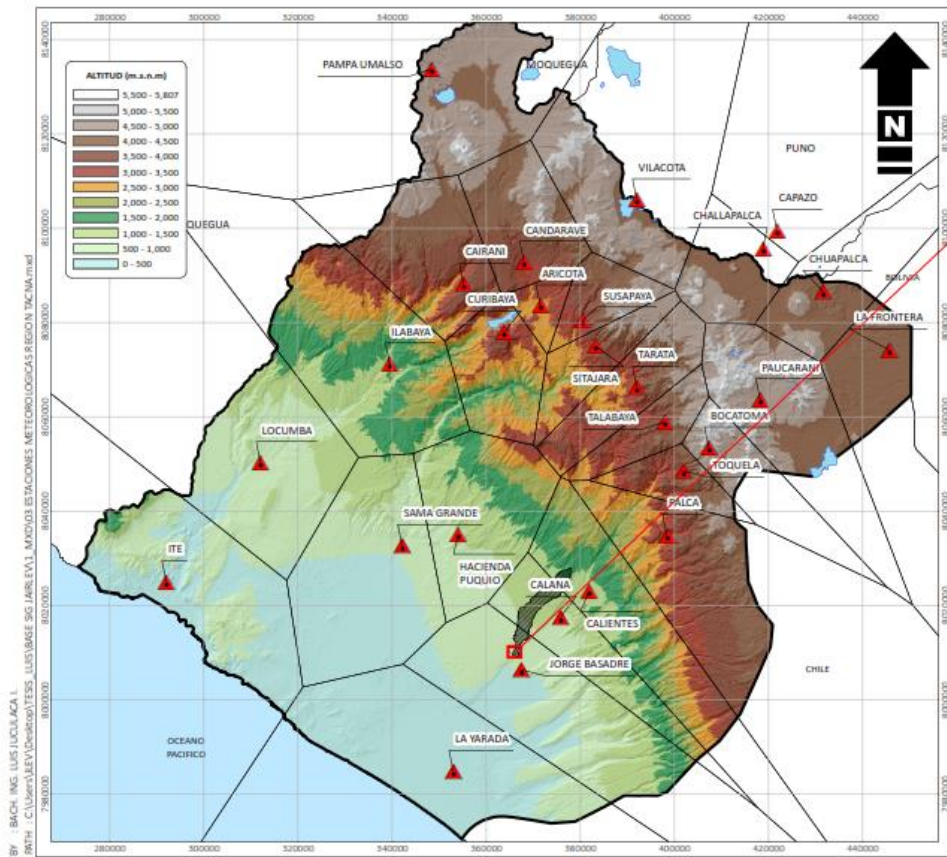


Figura 13. Estaciones pluviométricas en el ámbito de la Región Tacna

Fuente: elaboración propia

4.4.6. Cálculos hidrológicos e hidráulicos

4.4.6.1. Cálculos de diseño

4.4.6.1.1. Estimación del tiempo de concentración

Es el tiempo de caída de una gota de agua desde su punto mas lejado al punto de salida o desembocadura. Para el presente estudio aplicaremos las fórmulas de Temez y Bransby Williams.

▪ Fórmula de Temez

$$T_c = 0.30 * \frac{L^{0.76}}{S^{0.19}}$$

Donde:

- T_c : Tiempo de concentración (hr)
L : Longitud del curso principal (km)
S : Pendiente a lo largo del cauce (m/m)

▪ Fórmula de Bransby Williams

$$T_c = 0.2433 * \frac{L}{A^{0.1} * S^{0.2}}$$

Donde:

- T_c : Tiempo de concentración (hr)
L : Longitud del curso principal (km)
A : Área de la cuenca (km²)
S : Pendiente a lo largo del cauce (m/m)

4.4.6.1.2. Análisis de la precipitación máxima 24 horas

En la zona de estudio se pudo determinar que no existe estaciones hidrométricas para el cálculo de los caudales de diseño, por lo tanto, se realizó en función a la información de lluvias registradas en las estaciones más cercanas.

El caudal máximo fue calculado mediante el modelo de precipitación – escorrentía con una base de precipitaciones de 24 horas y teniendo en consideración las condiciones y características de la cuenca.

En el presente capítulo se utilizó la estación pluviométrica Jorge Basadre de incidencia directa en el ámbito de estudio, toda la información pluviométrica necesaria para los cálculos fue solicitados y proporcionados por el SENAMHI Tacna.

El periodo para la realización del análisis hidrológico fue de los años 1993 al 2020, se tuvo en consideración que la información posea al menos 20 años de registros completos.

Para el presente estudio se ha evaluado la Estación Jorge Basadre en el ámbito de la región Tacna, donde se puede observar que en los últimos 2 años hubo precipitaciones atípicas que provocaron problemas de inundación pluvial, con una PMA de 9.8 mm el año 2019 y 23.8 mm el año 2020.

Tabla 15. Resumen de la Precipitación Máxima – Estación Jorge Basadre

N°	ESTACIÓN	ALTITUD	PERIODO DE REGISTRO	NÚMERO DE AÑOS DE REGISTRO	PptMáx24Horas (mm)	FUENTE
1	JORGE BASADRE	560	1993 - 2020	28	23.8	SENAMHI – TACNA

Fuente: elaboración propia

Para objetivos de visualizar la variación de la precipitación máxima 24 horas de la Estación Jorge Basadre, las hemos agrupado por su precipitación máxima diaria, lo resumimos en el siguiente gráfico.

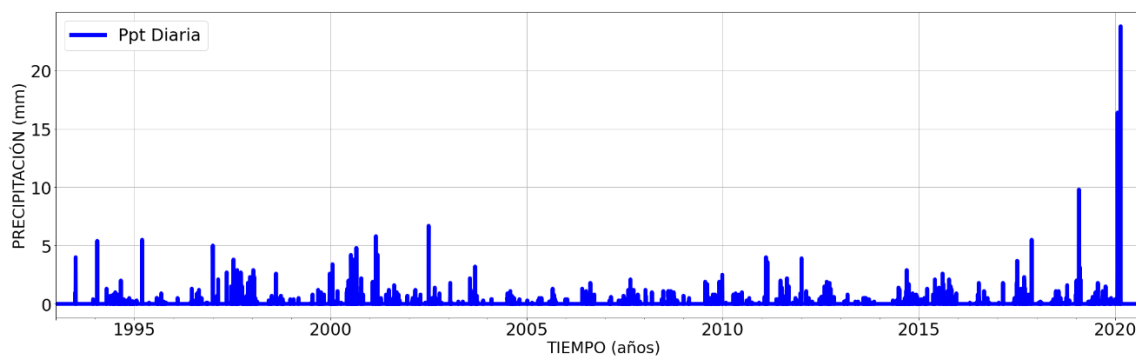


Figura 14. Registro de Precipitación Diaria (mm) – Estación Jorge Basadre

Fuente: elaboración propia

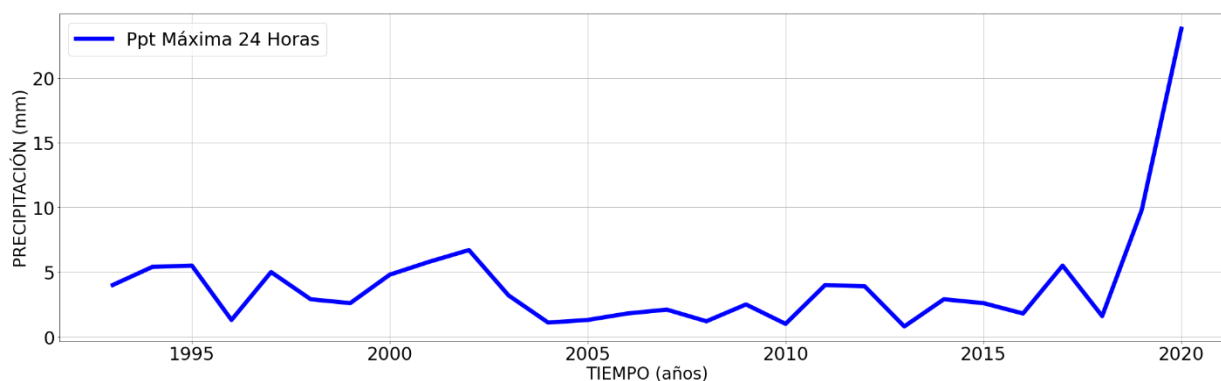


Figura 15 Precipitación Máxima 24 Horas (mm) – Estación Jorge Basadre

Fuente: elaboración propia

Tabla 16. Prueba de Ajuste de Kolmogorov Smirnov

Estación Meteorológica	Distribución Probabilística	D Estadístico	Probabilidad P (%)
JORGE BASADRE	GPA	0.11	99.36

Fuente: elaboración propia

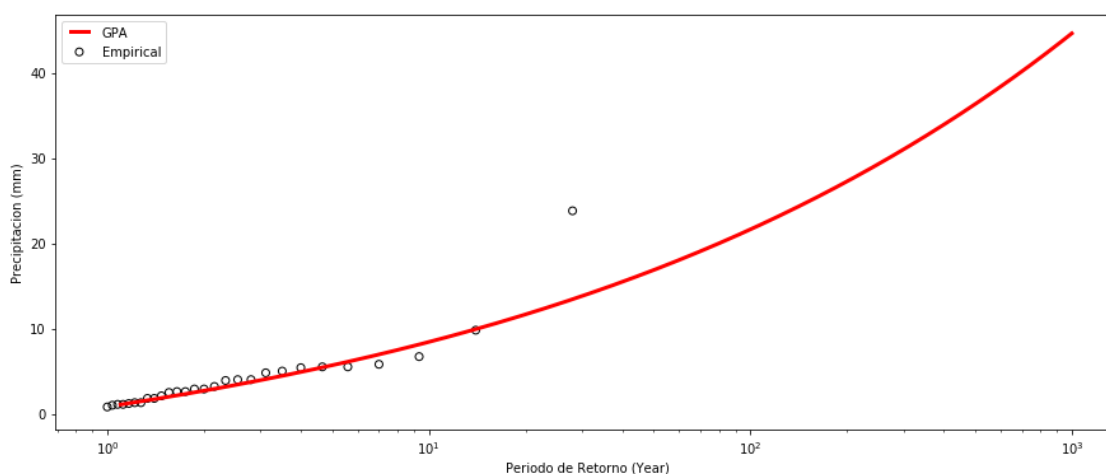


Figura 16. Estación Jorge Basadre – Distribución GPA

Fuente: elaboración propia

Tabla 17. Precipitaciones Máximas 24 horas para diferentes Periodos de Retorno de la Estación Jorge Basadre

Estación Meteorológica	Distribución Probabilística	Precipitación Máxima 24 horas (mm)								
		Período de Retorno (años)								
		2	5	10	25	50	100	200	500	1000
JORGE BASADRE	GPA	2.70	5.68	8.42	12.81	16.85	21.61	27.25	36.30	44.61

Fuente: elaboración propia

4.4.6.1.3. Selección de periodo de retorno

4.4.6.1.3.1. Marco teórico

El tiempo en el que un Caudal máximo es igualado o superado en un tiempo T (años) se le llama Periodo de retorno, se calcula en función a probabilidades estadísticas y es de gran influencia en el diseño de Obras Hidráulicas.

La fórmula que relaciona la falla admisible y la vida útil de un Obra con el periodo de retorno está definida por:

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

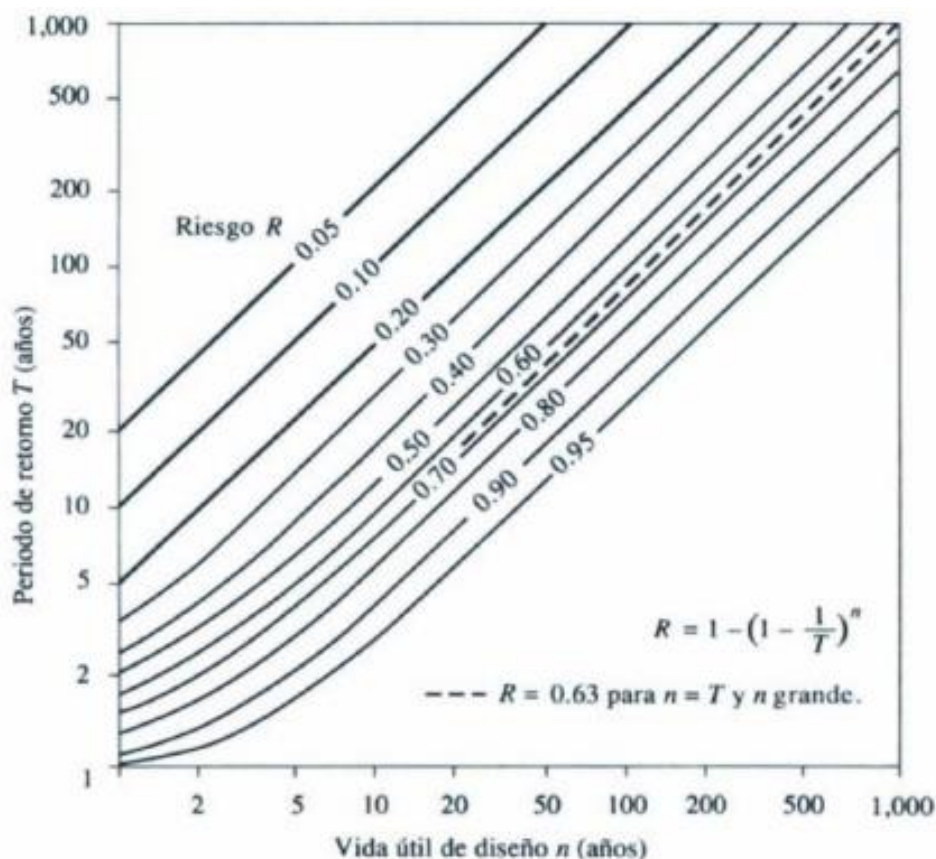


Figura 17. Riesgo de por lo menos una excedencia del evento de diseño durante la vida útil

Fuente: Hidrología Aplicada – Ven Te Chow

Tabla de Tiempo según riesgo admisible y tiempo útil.

Tabla 18. Valores para Período de Retorno *T* (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
	1	2	3	5	10	20	25	50	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	4975	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	2475	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	975	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	475	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	225	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	174	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	73	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144
0.99	1	1.11	1.27	1.66	2.7	5	5.9	11	22	44

Fuente: Monsalve (1993)

Tabla 19. Valores Máximos recomendados de riesgo admisible de obras de drenaje

TIPO DE OBRA	RIESGO ADMISIBLE (**) (%)
Puentes (*)	25
Alcantarillas de paso de quebradas importantes y badenes	30
Alcantarillas de paso quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma (a nivel longitudinal)	40
Subdrenes	40
Defensas Ribereñas	25

Fuente: Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, MTC

- (*) Para calcular la longitud libre.

Para cálculos de profundidad de socavación se recomienda un Período de retorno de 500 años.

▪ **Vida Útil Recomendado (n)**

- Defensas Rivereñas y Puentes n=40 años.
- Alcantarillas de Primer nivel n=25 años.
- Alcantarillas de Segundo Nivel n=15 años
- Drenajes y Sub-drenajes n=15 años

4.4.6.1.3.2. Cálculo y selección del periodo de retorno

Como indica y recomienda el manual del MTC, el proyectista tiene la facultad de poder establecer el riesgo admisible y el tiempo de vida de una Obra. En la tabla siguiente resumimos la vida útil y riesgo para una obra en la Quebrada del Diablo.

Tabla 20. *Riesgo y vida útil de las Estructuras Hidráulicas del Proyecto*

Tipo de Obra	Riesgo (%)	Vida Útil (años)	Periodo de Retorno (años)	
			Calculado	Asumido
Drenaje de plataforma	25	55	175	200

Fuente: elaboración propia

4.4.6.1.4. Curva IDF (Intensidad-Duración-frecuencia)

Las estaciones meteorológicas Ubicadas en la Provincia de Tacna no cuentan con registros pluviograficos que ayuden a establecer las máximas intensidades, se tuvo que recurrir a estudios anteriores donde hacen referencia a que los valores extremos de lluvias vienen asociadas a sectores atmosféricos que guardan propiedades y características físicas similares.

Se aplicó el modelo de Frederich Bell que permite obtener resultados en relación al periodo de retorno.

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54t^{0.25} - 0.50)P_{60}^{10}$$

Donde:

t = duración en minutos

T = periodo de retorno en años

P_t^T = precipitación caída en t minutos con periodo de retorno de T años

P_{60}^{10} = precipitación caída en 60 minutos con periodo de retorno de 10 años

El valor de P_{60}^{10} , puede ser calculado a partir del modelo de Yance Tueros, que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$I = aP_{24}^b$$

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia, se han calculado indirectamente, mediante la siguiente relación:

$$I = \frac{K * T^m}{t^n}$$

Donde:

I : Intensidad de lluvia (mm/hr)

D : Duración de lluvia (min)

T : Periodo de retorno (años)

K, m, n : Coeficientes característicos de la zona de estudio

$$P_d = P_{24h} \left(\frac{d}{1440} \right)^{0.25}$$

Donde:

P_d : Precipitación total (mm)

D : duración en minutos

P_{24h} : precipitación máxima en 24 horas (mm)

Los factores de K, m, n, se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

Para la **Estación Jorge Basadre** se tiene la siguiente ecuación IDF.

$$I = \frac{115.4133 * T^{0.2035}}{t^{0.75}}$$

Los resultados se muestran del en las siguientes tablas:

Tabla .21 Precipitaciones Máximas (mm) – Estación Jorge Basadre

T años	P. Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
2	2.70	0.66	0.78	0.86	0.93	1.03	1.22
5	5.68	1.38	1.64	1.82	1.95	2.16	2.57
10	8.42	2.04	2.43	2.69	2.89	3.20	3.80
25	12.81	3.11	3.70	4.09	4.40	4.87	5.79
50	16.85	4.09	4.86	5.38	5.78	6.40	7.61
100	21.61	5.25	6.24	6.91	7.42	8.21	9.77
200	27.25	6.61	7.87	8.71	9.35	10.35	12.31
500	36.30	8.81	10.48	11.60	12.46	13.79	16.40

Fuente: elaboración propia

Tabla 22. *Intensidades Máximas (mm/hr) – Estación Jorge Basadre*

T años	P. Max 24 horas	Duración en minutos					
		5	10	15	20	30	60
2	2.70	7.86	4.68	3.45	2.78	2.05	1.22
5	5.68	16.55	9.84	7.26	5.85	4.32	2.57
10	8.42	24.52	14.58	10.76	8.67	6.40	3.80
25	12.81	37.33	22.19	16.37	13.20	9.74	5.79
50	16.85	49.08	29.18	21.53	17.35	12.80	7.61
100	21.61	62.96	37.44	27.62	22.26	16.42	9.77
200	27.25	79.38	47.20	34.82	28.06	20.70	12.31
500	36.30	105.74	62.87	46.39	37.38	27.58	16.40

Fuente: elaboración propia

Los valores de m , n y K , se obtienen a partir de las intensidades máximas calculadas anteriormente, mediante regresión múltiple.

Tabla 23. *Resumen de aplicación de Regresión Potencial para cada Período de Retorno*

Resumen de aplicación de regresión potencial		
Tr (años)	Término Coeficiente de Regresión (d)	Coef. De regresión (n)
2	26.30	-0.75
5	55.34	-0.75
10	81.99	-0.75
25	124.81	-0.75
50	164.10	-0.75
100	210.53	-0.75
200	265.41	-0.75
500	353.56	-0.75
Promedio	434.46	-0.75

Fuente: elaboración propia

Tabla 24. Regresión Potencial promedio

Regresión Potencial						
N°	x	y	ln x	ln y	ln x * ln y	ln x2
1	2	26.30	0.69	3.27	2.27	0.48
2	5	55.34	1.61	4.01	6.46	2.59
3	10	81.99	2.30	4.41	10.15	5.30
4	25	124.81	3.22	4.83	15.54	10.36
5	50	164.10	3.91	5.10	19.95	15.30
6	100	210.53	4.61	5.35	24.64	21.21
7	200	265.41	5.30	5.58	29.57	28.07
8	500	353.56	6.21	5.87	36.47	38.62
9	1000	434.46	6.91	6.07	41.96	47.72
9	1892	1716.49	34.76	44.49	187.00	169.66
Ln (K)=	3.29	K=	26.82	m=	0.43	

Fuente: elaboración propia

Tabla 25. Parámetros Curva IDF

Parámetros	Estación Jorge Basadre
k	26.8204
m	0.4283
n	0.7500

Fuente: elaboración propia

Tabla 26. Curva IDF – Estación Jorge Basadre

Tabla . de Intensidades - Tiempo de Duración												
Frecuencia	Duración en minutos											
años	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	10.79	6.42	4.73	3.82	3.23	2.82	2.51	2.27	2.08	1.92	1.79	1.67

5	15.98	9.50	7.01	5.65	4.78	4.17	3.71	3.36	3.08	2.84	2.65	2.48
10	21.50	12.79	9.43	7.60	6.43	5.61	5.00	4.52	4.14	3.82	3.56	3.34
25	31.84	18.93	13.97	11.26	9.52	8.30	7.40	6.69	6.13	5.66	5.27	4.94
50	42.84	25.47	18.79	15.15	12.81	11.17	9.95	9.01	8.24	7.62	7.09	6.64
100	57.65	34.28	25.29	20.38	17.24	15.04	13.40	12.12	11.09	10.25	9.54	8.94
200	77.57	46.12	34.03	27.43	23.20	20.23	18.02	16.31	14.93	13.79	12.84	12.03
500	114.85	68.29	50.38	40.60	34.35	29.96	26.69	24.14	22.10	20.42	19.01	17.81

Fuente: elaboración propia

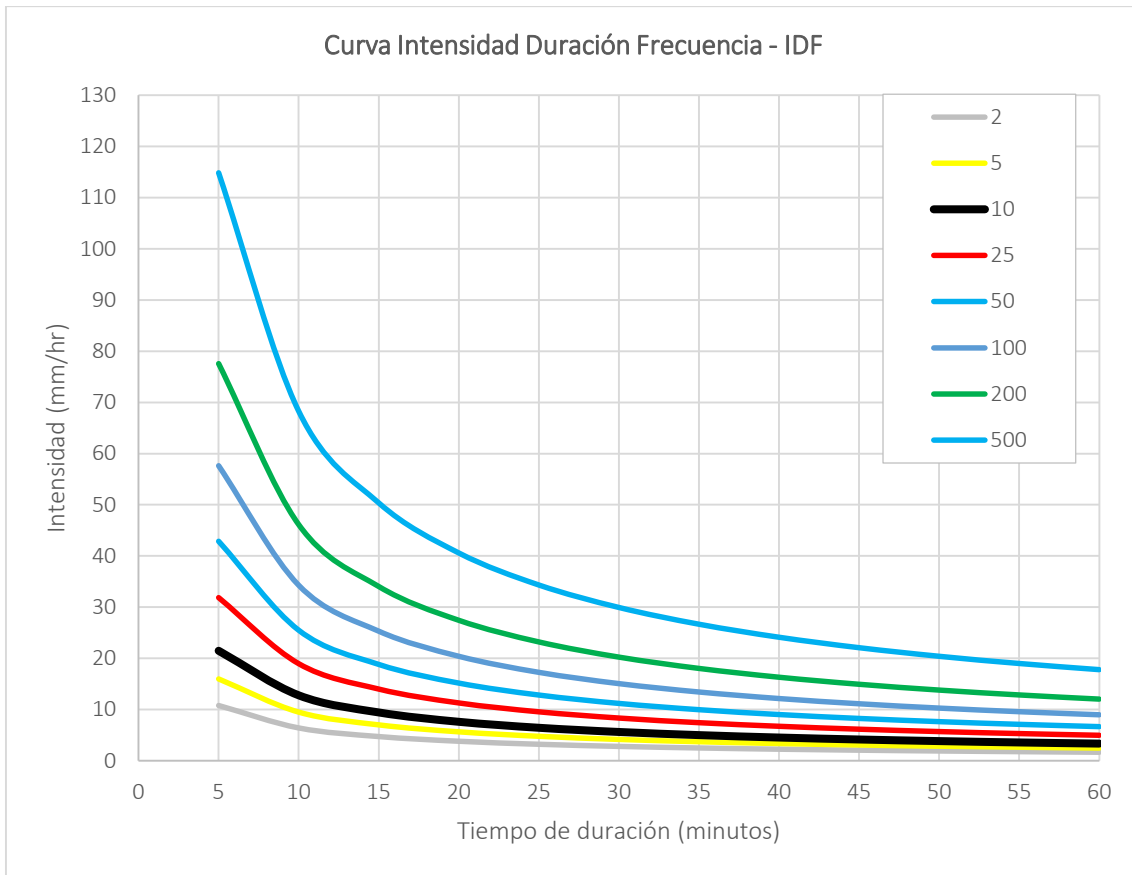


Figura 18. Curva IDF – Estación Jorge Basadre

Fuente: elaboración propia

4.4.6.1.5. Modelo HEC-HMS

El Programa HEC-HMS está diseñado para realizar simulaciones hidrológicas del tipo lineal y semi distribuido, principalmente realiza estimaciones con hidrogramas la salida de una cuenca, este procedimiento lo realiza para condiciones extremas de precipitaciones, aplica métodos de cálculos por perdidas por infiltración, por flujos bases o mediante la conversión de escorrentías.

4.4.6.1.5.1. Determinación de abstracciones

Las determinaciones de las abstracciones están dadas a la cantidad de gotas de lluvia que es absorbida por el suelo, existen diversos métodos para su aplicación. Para el presente trabajo usaremos el método SCS el cual se basa en el Numero de Curva asignado a la cuenca según si tipo de suelo.

4.4.6.1.5.2. Transformación de escorrentía

Es la conversión del exceso de precipitaciones de la cuenca en escorrentía. Le programa tiene el método de agregados y el método de distribuidos.

En la presente investigación utilizaremos el método del Hidrograma Unitario el cual para su análisis toma en consideración las características propias de la cuenca.

4.4.6.1.5.3. Modelamiento de la cuenca

El tipo de Modelamiento Hidrológico desarrollado en la presente tesis se determinó en relación al Modelo de la cuenca conjuntamente con el modelo meteorológico y el de control de simulaciones.

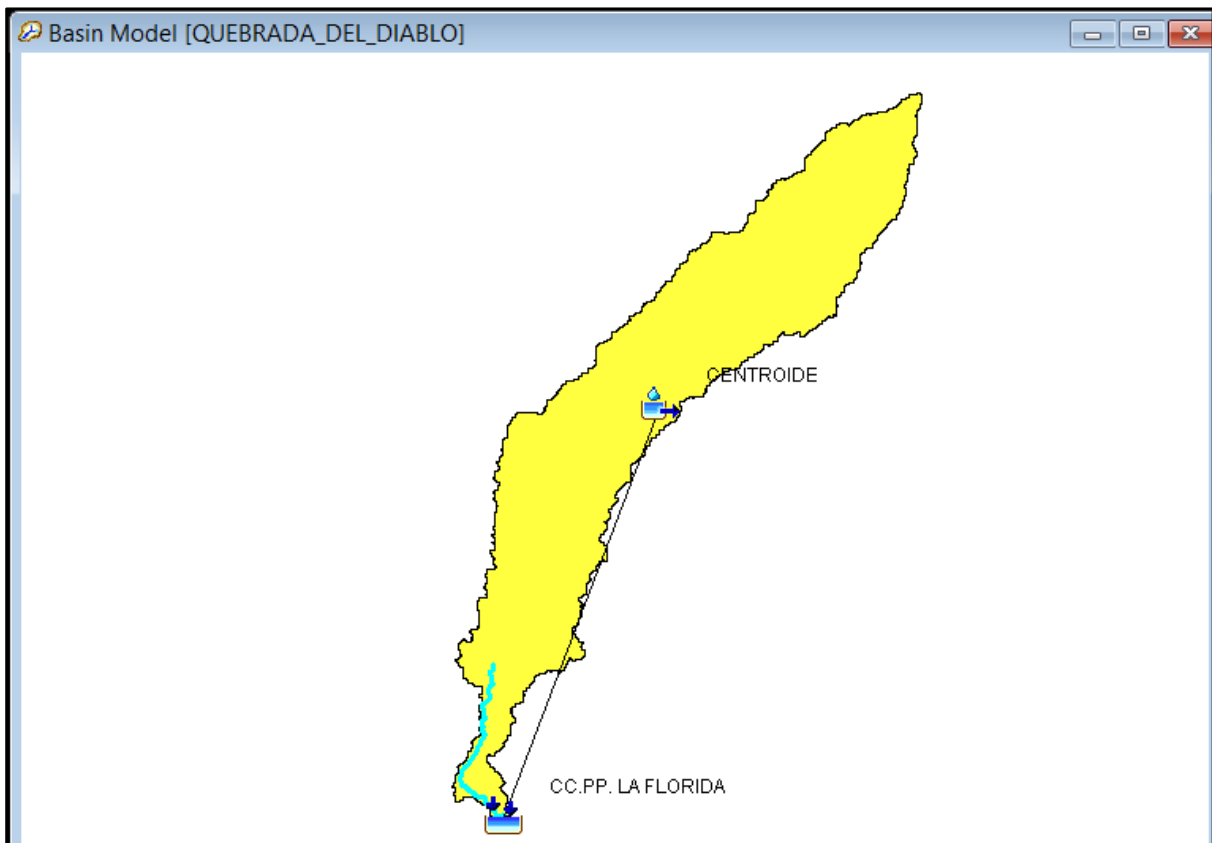


Figura 19. Esquema Topológico del Estudio

Fuente: elaboración propia

4.4.6.1.5.3.1. Modelo de Cuenca

El modelo de cuenca está definido por la forma física de la cuenca el cual es elaborado por una serie de factores hidrológicos y topográficos que permiten la formación de una especie de red y de esa forma reflejar y movimiento real de fluidos en toda la cuenca o cauce.

En la siguiente tabla presentamos los parámetros de cálculo realizados por el método SCS la cual está condicionada al Numero de Curva (CN), la abstracción inicial (Ia) y finalmente el almacenamiento potencial.

Tabla 27. *Parámetros de Pérdidas en las Sub cuencas*

Cuenca	Parámetros		
	CN	S (mm)	la (mm)
Quebrada del Diablo	88	34.64	6.93

Fuente: elaboración propia

En la siguiente tabla se muestra el cálculo realizado a los parámetros de transformación de lluvias a los niveles de la Cuenca.

Tabla 28. *Parámetros del Hidrograma de la SCS*

Nombre Subcuenca	T lag (Tiempo de retardo)	
	(hr)	(min)
Quebrada del Diablo	2.17	130

Fuente: elaboración propia

4.4.6.1.5.3.2. Modelo meteorológico

La modelación meteorológica fue elaborada con la información proporcionada por SENAMHI Tacna con precipitaciones máximas en 24 horas y según los periodos de retorno.

Los datos obtenidos fueron transformados a perfiles de tormenta mediante el método SCS tipo I, todo ello debido a que en la zona de estudio realizado no existe tormentas perfiladas.

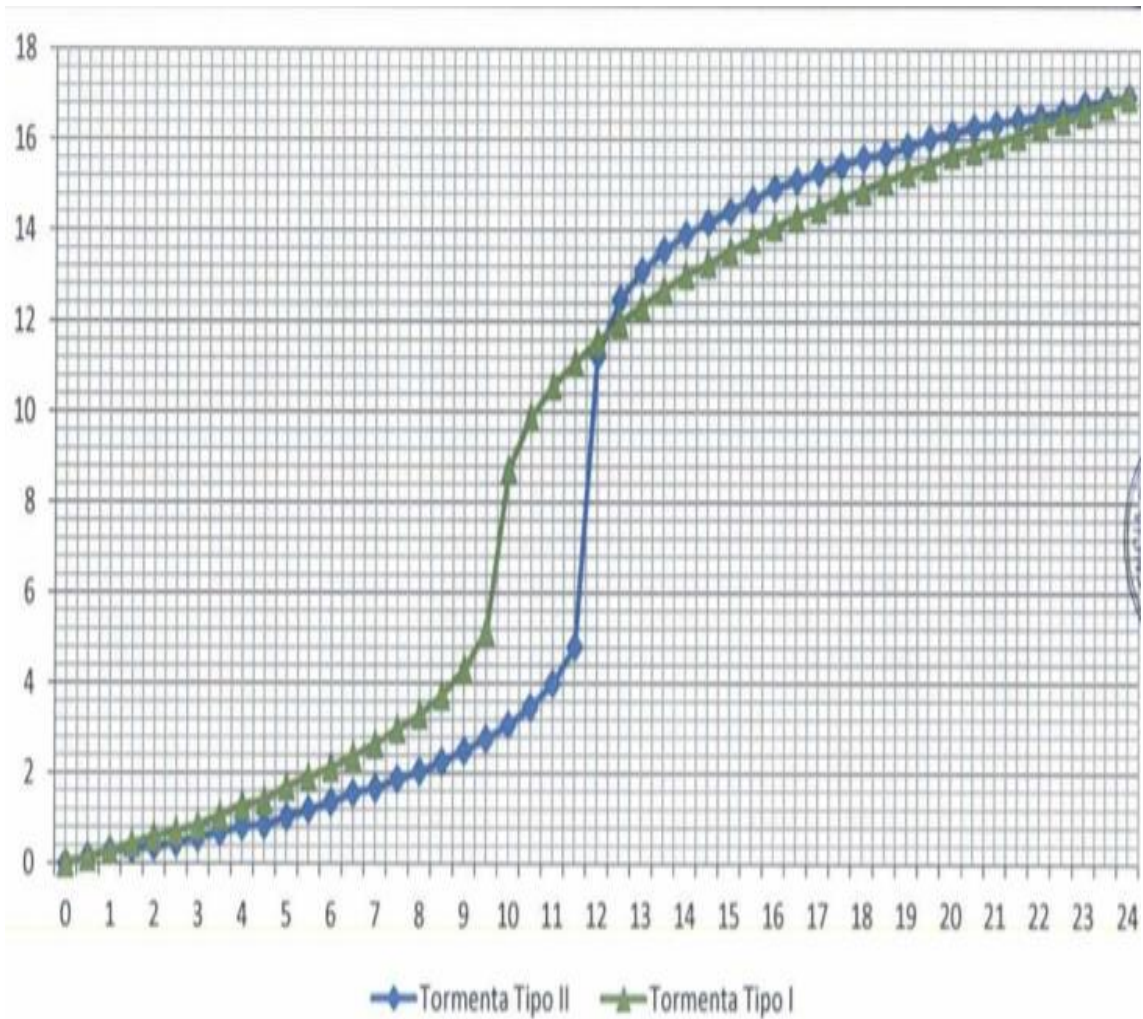


Figura 20. Perfil de la Tormenta máxima en 24 horas de la SCS Tipo I

Fuente: elaboración propia

4.4.6.1.5.3.3. Modelo de control

Es el lapso de tiempo de cálculo y la duración de la simulación el cual abarca la hora de inicio y la hora de culminación de la simulación. Para el presente estudio se aplicó un tiempo de 30 minutos.

4.4.6.1.5.3.4. Resultados del modelamiento

Este método fue aplicado en el cálculo de los caudales máximos para la descarga en la salida del cauce de la Quebrada del Diablo, Asociación de Vivienda La Florida (punto de interés o aforo).

Tabla 29. Caudales Máximos – Método HEC-HMS

Caudales de Diseño	Quebrada del Diablo
Q_2 (m ³ /s)	0.00
Q_5 (m ³ /s)	0.00
Q_{10} (m ³ /s)	0.55
Q_{25} (m ³ /s)	4.65
Q_{50} (m ³ /s)	11.42
Q_{100} (m ³ /s)	22.16
Q_{200} (m ³ /s)	37.78
Q_{500} (m ³ /s)	67.98
Q_{1000} (m ³ /s)	98.91

Fuente: elaboración propia

4.5. Modelamiento hidráulico

4.5.1. Estudios hidrológicos

En las Cuencas de interés, en el área del proyecto que no disponen de datos hidrométricos, el cálculo de caudales se realizó mediante la aplicación del modelo de precipitación – escorrentía; en este estudio los caudales de diseño se obtuvieron para periodos de recurrencia de 200 y 500 años para el modelamiento hidráulico y estimación de socavación respectivamente. Las informaciones sobre los estudios Hidrológicos forman parte del capítulo Estudios Hidrológicos.

4.5.2. Cálculo de coeficientes de rugosidad

En la presente tesis se realizó el cálculo de los coeficientes de rugosidad mediante Manning.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$$

Dónde:

n_0 = Valor de n para un canal recto, uniforme, prismático y con rugosidad homogénea

n_1 = Valor agregado a n_0 para corregir el efecto de irregularidades de superficie

n_2 = Valor para las variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del cauce.

n_3 = Valor que toma en cuenta las obstrucciones, troncos, ramas, arboles, etc.

n_4 = Valor que toma en cuenta la vegetación y las condiciones de flujo.

m = Valor de corrección para los meandros.

Tabla 30. Valores para el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning por el método de Cowan

Condiciones del Canal		Valores	
Material	Tierra	n_0	0.020
	Roca		0.022
	Grava fina		0.024
	Grava gruesa		0.028
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0.000
	Menor		0.005
	Moderado		0.010
	Severo		0.020
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0.000
	Ocasionalmente		0.005
	Frecuentemente		0.010 – 0.015
Variaciones de la sección transversal a lo largo de la	Insignificante	n_3	0.000
	Menor		0.010 – 0.015
	Apreciable		0.020 – 0.030
	Severo		0.040 – 0.060
Densidad de vegetación	Baja	n_4	0.005 – 0.010
	Media		0.010 – 0.025
	Alta		0.025 – 0.050
	Muy Alta		0.050 – 0.100
Frecuencia de Meandros	Leve	m_5	1.000
	Apreciable		1.150
	Alto		1.300

Fuente: elaboración propia

Dado que para la realización de este estudio no se contó con una caracterización granulométrica del lecho del fondo, se utilizó los valores propuestos en el libro “Hidráulica de Canales abiertos” de Ven Te Chow 1994.

Tabla 31. Coeficientes de Manning según Ven Te Chow

Tipo de canal	Mínimo	Medio	Máximo
De montaña (alta pendiente), sin vegetación en canal, riberas usualmente empinadas, árboles y arbustos sumergidos a lo largo de las riberas.			
Fondo: grava, ripio y pocos bolones	0.03	0.04	0.05
Fondo: ripio y grandes bolones	0.04	0.05	0.07

Fuente: elaboración propia

De acuerdo con lo manifestado líneas arriba, los coeficientes de Manning utilizados para el cálculo de los ejes hidráulicos son los que se presentan en cada una de las estructuras consideradas.

4.5.3. Modelamiento hidráulico – aplicación del Modelo HEC-RAS

Podemos definir que el flujo de agua en un canal, río o quebrada es unidimensional es decir que la velocidad y profundidad va en la misma dirección del río, para ello se concluye que el eje mantiene una línea recta y velocidad que alcanza el flujo se mantiene constante en toda la sección.

Para tal efecto podemos decir que el flujo que circula es permanente y de variar de una manera paulatina la velocidad con el tirante y mantener el caudal, el régimen podría denominarse de variación gradual.

Las secciones y perfiles del cauce de la quebrada pueden considerarse con régimen se supercrítico, crítico y subcrítico. Para el cálculo de las velocidades se realiza mediante la comparación de dos secciones contiguas con ciclo de aproximaciones recurrentes.

El Programa HEC RAS emplea la fórmula de la ecuación de la Energía para los diversos niveles de fluido.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H$$

En la siguiente figura se representa el balance de energía.

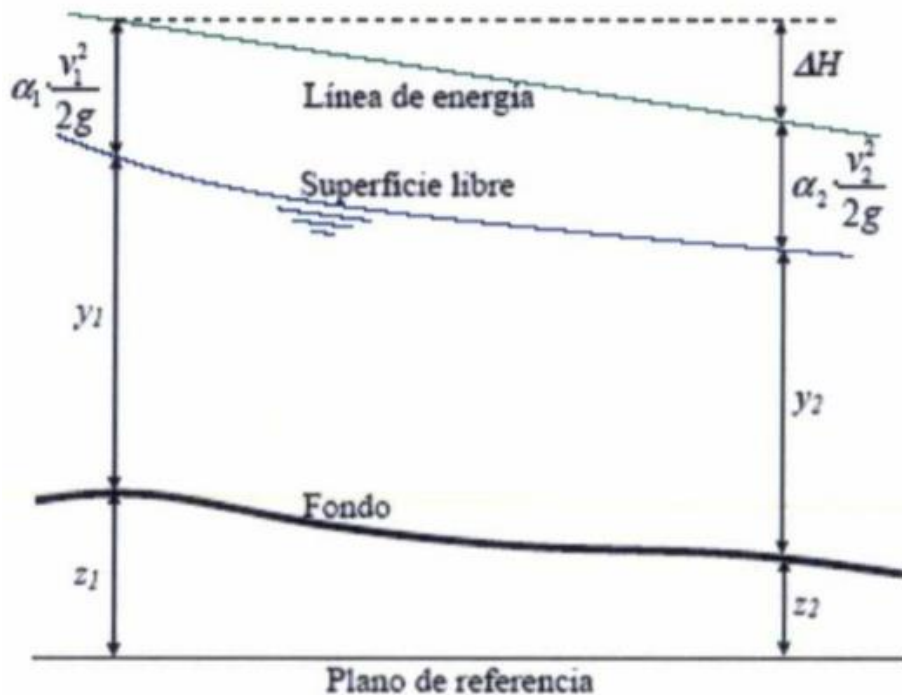


Figura 21. Balance de energía

Donde:

$Z_n + \frac{P_n}{\gamma}$	m	Nivel de la superficie libre de agua.
V_n	m	Velocidad media en la sección mojada.
α_1, α_2	m	Coficiente de la no-uniformidad de distribución.
$g = 9.81$	m ² /s	Gravedad.
ΔH	m	Total, de pérdidas de energía.

4.5.4. Criterio de diseño

A partir de los parámetros hidráulicos, se determinó el Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME) y potencial de socavación en las defensas ribereñas proyectadas.

De acuerdo al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones – 2008, el ítem 3.6 Selección del Periodo de Retorno **recomienda un periodo de retorno de 500 años para el cálculo de la socavación.**

▪ Caudal de Diseño

Debido a la recomendación se asume periodos de retorno de 50 y 100 años como fines de conocimiento, 200 años de retorno para ejecución y diseño de estructuras hidráulicas y de 500 años para fines de socavación general.

Los caudales correspondientes para distintos periodos de retorno son los resultados del Estudio Hidrológico, se detalla:

Tabla 32. Caudales para distintos periodos

Tr	Caudal
(años)	(m ³ /s)
50	11.42
100	22.16
200	37.78
500	67.98

Fuente: elaboración propia

▪ Número de Manning

Para su recomendación se utilizó el método de Cowan (Estimating hydraulic roughness coefficients, 1956).

Luego de la realización del cálculo de simulación la rugosidad del cauce de la Quebrada del Diablo fue de 0.060 y para las llanuras de inundación 0.065.

Tabla 33. Número de Manning – Quebrada del Diablo

Condiciones del Canal		Valores		Cauce	Riberas
Material	Tierra	n_0	0.020	0.024	0.028
	Roca		0.022		
	Grava fina		0.024		
	Grava gruesa		0.028		
Grado de irregularidad	Ligero	n_1	0.000	0.005	0.010
	Menor		0.005		
	Moderado		0.010		
	Severo		0.020		
Variaciones de la sección	Gradual	n_2	0.000	0.005	0.005
	Ocasionalmente		0.005		
	Frecuentemente		0.010 –		
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0.000	0.010	0.020
	Menor		0.010 –		
	Apreciable		0.020 –		
	Severo		0.040 –		
Vegetación	Baja	n_4	0.005 –	0.005	0.010
	Media		0.010 –		
	Alta		0.025 –		
	Muy Alta		0.050 –		
Grado de sinuosidad	Leve	m_5	1.000	1.150	1.000
	Apreciable		1.150		
	Severo		1.300		
TOTAL				0.060	0.065

Fuente: elaboración propia

A

▪ Modelado en Hec ras – Perfil del Tramo de Estudio

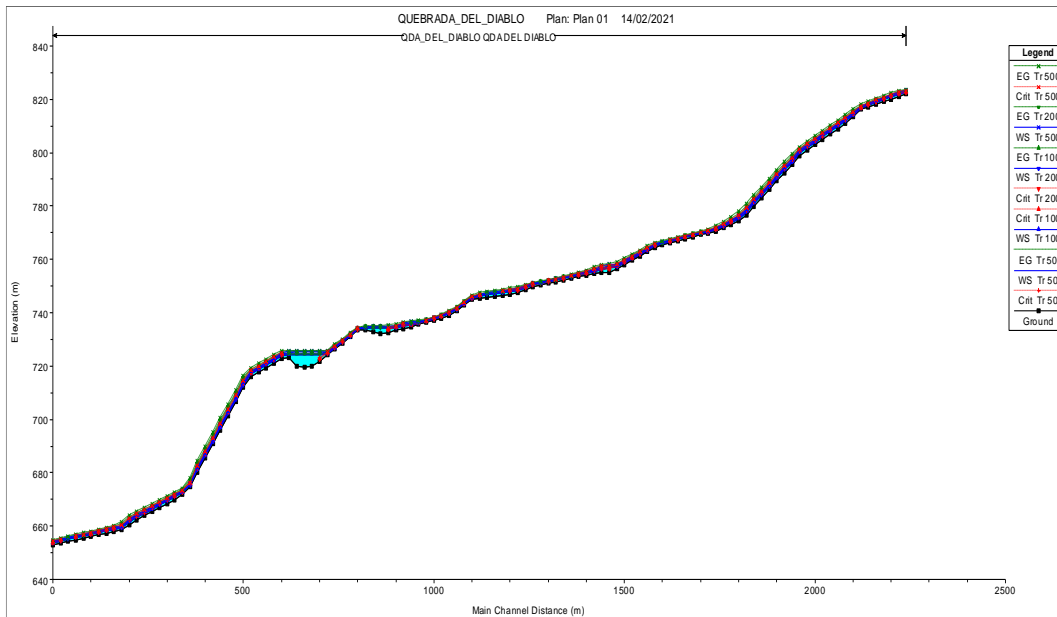


Figura 22. Modelado en Hec ras – Perfil del Tramo de Estudio

Fuente: elaboración propia

- **Modelado en Hec ras – Diagrama de velocidades**

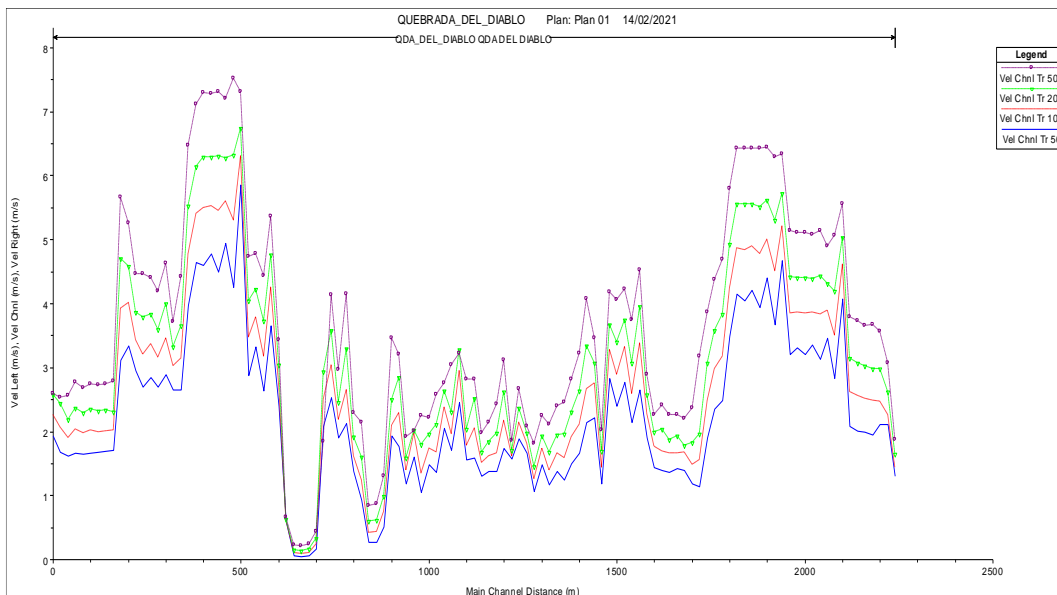


Figura 23. Modelado en Hec ras – Diagrama de velocidades

Fuente: elaboración propia

- **Modelado en Hec ras – Visualización 3D**

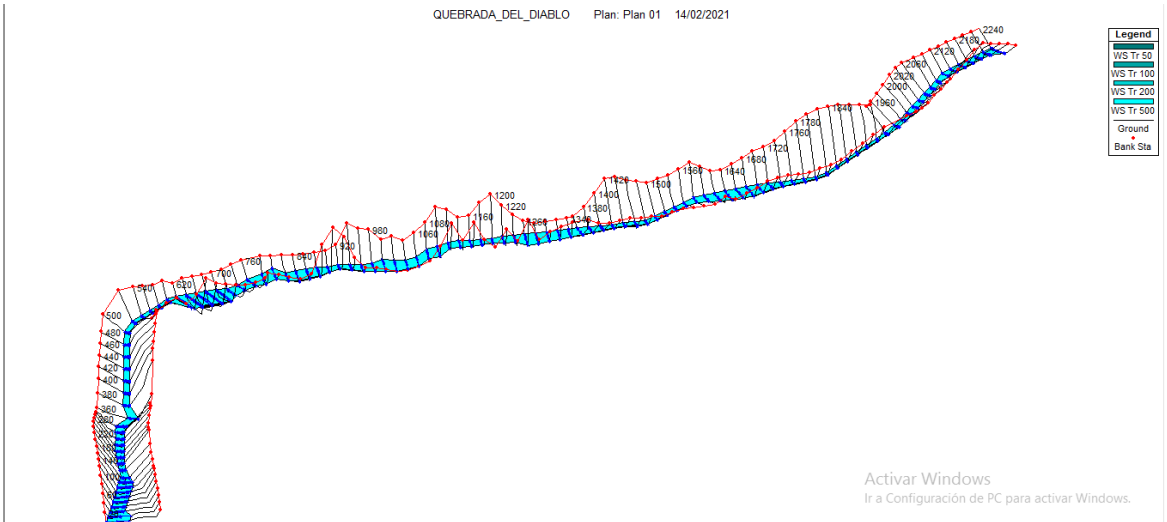


Figura 24. Modelado en Hec ras – Visualización 3D

Fuente: elaboración propia

- **Mapa de Inundación – 50 años**



Figura 25. Mapa de inundación 50 años

Fuente: elaboración propia



Figura 26. Mapa de inundación 100 años

Fuente: elaboración propia

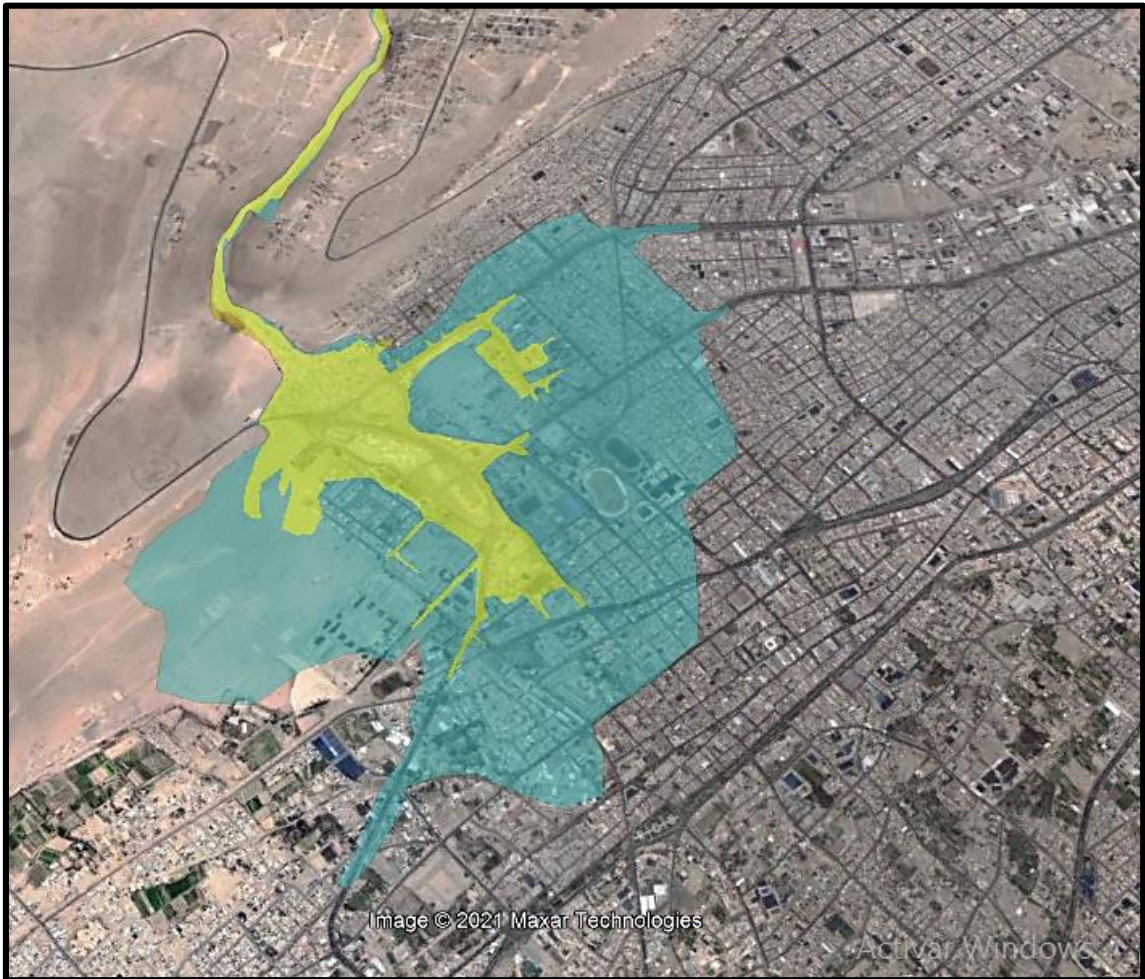


Figura 29. Mapa de inundación 200 años

Fuente: elaboración propia

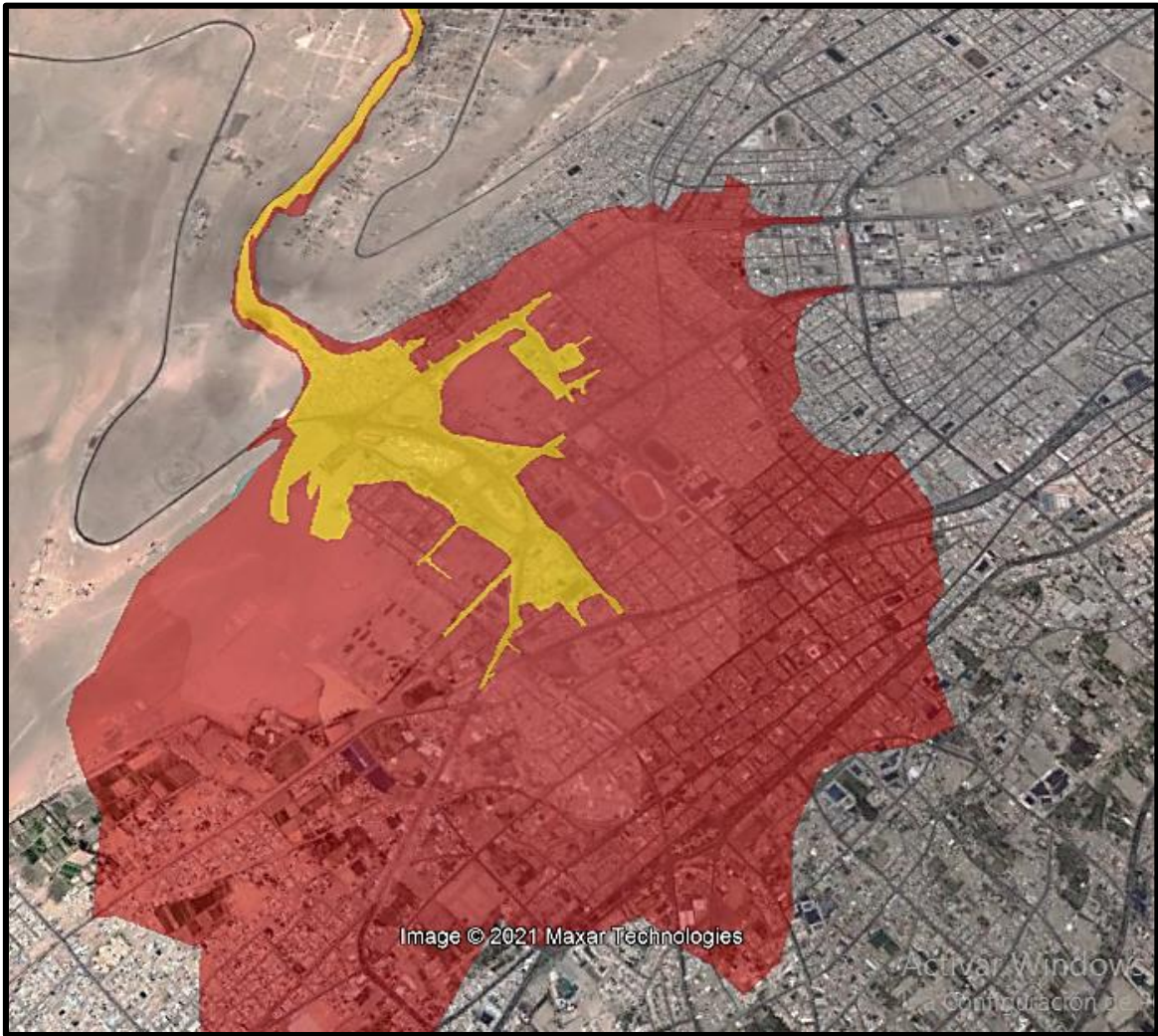


Figura 30. Mapa de inundación 500 años

Fuente: elaboración propia

4.6. Análisis de zonas vulnerables

La tabla que resume la vulnerabilidad según Área y Grado es:

Tabla 34. Área y grado de vulnerabilidad

Nivel de Vulnerabilidad	Área (km ²)	Área Acumulada (km ²)
Muy Alta	0.32	0.32
Alta	0.41	0.73
Media	2.51	3.24
Baja	3.15	6.39

Fuente: elaboración propia

Dentro de las Áreas de Vulnerabilidad Consideradas de Nivel **Muy Alta** se encuentran los siguientes grupos poblacionales:

Tabla 35. Áreas de vulnerabilidad de nivel muy alto

ÍTEM	GRUPO POBLACIONAL	NIVEL DE VULNERABILIDAD
1	Asociación de Vivienda La Florida	MUY ALTA
2	Asociación de Vivienda San Pedro	MUY ALTA
3	Centro Comercial La Rotonda	MUY ALTA
4	Terminal Bolognesi	MUY ALTA
5	Terminal Internacional	MUY ALTA
6	Terminal Terrestre Manuel a Odria	MUY ALTA
7	Mercado Mayorista Miguel Grau	MUY ALTA
8	Cementerio General	MUY ALTA
9	Gobierno Regional de Tacna - Sede Unanue	MUY ALTA
10	Colegio Fe y Alegría	MUY ALTA
11	Colegio Modesto Basadre	MUY ALTA

Fuente: elaboración propia

Dentro de las Áreas de Vulnerabilidad Consideradas de Nivel **Alta** se encuentran los siguientes grupos poblacionales:

Tabla 36. Áreas de vulnerabilidad de nivel alto

ÍTEM	GRUPO POBLACIONAL	NIVEL DE VULNERABILIDAD
1	Asociación de Vivienda Ricardo O Dónovan	ALTA
2	Asociación de Vivienda 19 de Noviembre	ALTA
3	Termina Pesquero	ALTA
4	Asociación de Comerciantes Tacna Unida	ALTA
5	Asociación de Comerciantes 04 de Noviembre	ALTA
6	Asociación de Comerciantes 08 de Octubre	ALTA
7	Asociación de Comerciantes Cristina Vildoso	ALTA
8	Asociación de Comerciantes Manuel A Odria	ALTA
9	Asociación de Comerciantes Micaela Bastidas	ALTA
10	Morgue Central	ALTA
11	Beneficencia Publica	ALTA
12	Conjunto Habitacional Arias Aragüés	ALTA

Fuente: elaboración propia

Dentro de las Áreas de Vulnerabilidad Consideradas de Nivel **Media** se encuentran los siguientes grupos poblacionales:

Tabla 37. Áreas de vulnerabilidad de nivel medio

ÍTEM	GRUPO POBLACIONAL	NIVEL DE VULNERABILIDAD
1	Asociación Urbanizadora Sr. De Los Milagros	MEDIA
2	Asociación de Vivienda San isidro Labrador	MEDIA
3	Asociación de Vivienda Ramón Copaja	MEDIA
4	Leoncio Prado	MEDIA
5	Cooperativa de Vivienda Jorge Basadre	MEDIA
6	Urbanización Santa Rosa	MEDIA
7	Conjunto Habitacional Las Baganvillas	MEDIA

Fuente: elaboración propia

Dentro de las Áreas de Vulnerabilidad Consideradas de Nivel **Baja** se encuentran los siguientes grupos poblacionales:

Tabla 38. Áreas de vulnerabilidad de nivel bajo

ÍTEM	GRUPO POBLACIONAL	NIVEL DE VULNERABILIDAD
1	Asociación de Vivienda Pedro Ruiz Gallo	BAJA
2	Agrupación de Vivienda Santa Rosa de Lima	BAJA
3	Colegio Coronel Bolognesi	BAJA
4	Asociación de Vivienda Albarracín	BAJA
5	Urbanización El Bosque	BAJA
6	Asentamiento Humano Eloy G Ureta	BAJA
7	Urbanización San Antonio	BAJA

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

En la presente investigación, que aborda la Identificación de las zonas vulnerables existentes en el cauce de la Quebrada del Diablo de la Provincia de Tacna, se pudo determinar que efectivamente la crecida o activación de la Quebrada del Diablo ante lluvias intensas trae consigo la presencia de un Área de Vulnerabilidad de 6.39km², distribuidos en los Niveles de Muy Alta, Alta, Media y Baja. Esto nos indica que la población que actualmente habita estas zonas señaladas se encuentra en peligro latente, expuesto a sufrir daños materiales y personales ante la posible reactivación de la Quebrada del Diablo. Frente a lo mencionado se descarta una hipótesis nula y se da por aceptada la hipótesis de la Investigación efectuada donde se menciona que Mediante el Modelamiento Hidráulico es posible la Identificación de Zonas Vulnerables. Estos resultados guardan relación con lo que sostiene **Cadena y Villegas (2016)**, en su tesis denominada **“Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamoso, Boyacá”**, señalando que el 50% de sus pobladores residentes aledaños al Río Chiquito viven bajo clasificación de vulnerabilidad Alta. Así también **Trigoso (2018)** en su tesis titulada **“Modelamiento hidráulico de la quebrada Calispuquio - tramo ciudad de Cajamarca - ciudad Universitaria, con fines de prevención de inundaciones”** concluye que el Nivel de Vulnerabilidad de los pobladores que habitan los alrededores de la Quebrada Calispuquio están definidas por 02 Zonas, la zona 01 es considerada Muy Alta con un área de 9.14 Ha y la Zona 02 considerada Alta con un Área de 1.65 Ha.

En lo que respecta al Estudio Topográfico se puede afirmar que efectivamente para realizar un correcto modelado Hidráulico es indispensable conocer la superficie del terreno, en el presente estudio se pudo determinar que el Área de la Cuenca es de 56.56km² con pendiente promedio del 8% y el cauce de la Quebrada posee pendientes que superan el 30% en sus tramos críticos. Esto indica claramente que el flujo que transita por el cauce alcanza velocidades significativas y muy erosivas. Lo manifestado posee gran similitud con lo hallado por **Mayta y Mamani (2018)**, en la tesis **“Modelación hidráulica de la defensa**

de Calana con el fin de determinar la vulnerabilidad ante máximas avenidas", en el cual concluye que la velocidad de flujo obtenidas son muy Altas esto debido a la pendiente del lecho y características propias del Rio Caplina. De la misma manera el Autor **Vilcanqui (2016)** en la investigación titulada **"Modelación Hidrológica con fines de Gestión de Riberas en la Cuenca del Río Caplina - Tacna"** concluye que el régimen de la cuenca es de Supercrítico debido a que posee un cauce estrecho con Pendientes de 25.91%.

El Tipo de suelo identificado en el presente estudio fue una variable necesaria para la realización del modelamiento hidráulico, se determinó que el área de Estudio posee un suelo del Tipo SM Arena Limosa con finos no Plásticos, además se estableció que los porcentajes de Humedad oscilan entre un 2 al 3% y con el Ensayo de Corte Directo se pudo hallar los Ángulos de Fricción y Cohesión del suelo, el cual puede ser utilizado para el Diseño de Cimentaciones de Obras Hidráulicas (Puentes, Defensas Ribereñas, etc). Otra aplicación del Estudio de suelos es en la determinación de la Profundidad de Socavación asociado al tipo de régimen de flujos y Morfología del terreno. Estos estudios realizados tiene relación con **Bejarano (2018)** en su investigación **"Modelamiento hidráulico del río Jequetepeque desde el km 0+000 al km 10+000, con fines de prevención, Pacasmayo, La Libertad 2018"** el cual menciona que según su Análisis de Mecánica de Suelos y Clasificación SUCS el estrato en el área de estudio le corresponde a un tipo GP Grava mal graduada y el AASHTO tipo A-1-a(0).

Finalmente, en lo que respecta a los estudios hidrológicos en el presente estudio se realizó mediante el Método probabilístico, se determinó las lluvias de diseño y finalmente se calculó los Caudales Máximos para periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años. Se tomó en consideración las recomendaciones del manual de Hidrología e Hidráulica del Ministerio de Transporte y Comunicaciones sobre el riesgo admisible y vida útil de las Obras Hidráulicas. Estos datos obtenidos fueron insertados al programa HEC RAS para la realización final del Modelamiento Hidráulico y la posterior identificación de las Zonas Vulnerables. De esta misma forma **Trigoso (2018)** realizó sus estudios con periodos de retorno de 50, 100,200,300 y 500 años, el cual es similar al que fue realizado en el presente estudio, por otro lado, **Cadena y Villegas (2016),**

realizaron el estudio Hidrológico para periodos de 100, 50 y 10 años, igualmente **Mayta y Mamani (2018)**, optaron por realizar su investigación con periodos de retorno para 25,50,100 y 200 años. Los métodos utilizados para el cálculo de caudales de diseño son concordantes con **Bejarano (2018)** y **Cadena y Villegas (2016)** el cual en sus estudios utilizaron el Método Probabilístico, pero no concuerda con el método desarrollado por **Trigoso (2018)**, el cual sustenta el cálculo de sus caudales de diseño con el método racional el cual posee muchas limitantes para un correcto estudio hidrológico.

VI. CONCLUSIONES

1. Mediante la realización del modelamiento Hidráulico en el programa HEC RAS se logró identificar las zonas más vulnerables en el cauce de la Quebrada del Diablo, el Modelado se realizó para Periodos de retorno de 50, 100, 200 y 500 años con caudales de diseño de 11.42 m³/seg, 22.16 m³/seg, 37.78 m³/seg y 67.98m³/seg respectivamente. Se utilizó todos los resultados obtenidos en los estudios previos como ser el Estudio Topográfico, el Estudio de Suelos y el Estudio Hidrológico, el tramo objeto del presente estudio comprendió de 2.24km el mismo que es considerado dentro de la muestra, la **velocidad** que alcanza el flujo para un periodo de Retorno de 200 años llega a los **6.74 m/s** con un numero de **Froude de 2.54** el cual es del Tipo **Supercrítico**, además se menciona que las zonas de vulnerabilidad fueron clasificadas por niveles en: Muy Altas, Altas, Medias y Bajas con Áreas de 0.32km², 0.41km², 2.51km² y 3.15km² respectivamente. Además, se menciona que los Grupos Poblacionales afectados son de 10 (Muy Alta), 12(alta), 7(Media) y 7(Baja).
2. La realización del estudio Topográfico en toda el área de estudio fue de gran importancia para la realización del modelamiento hidráulico, puesto que una de las variables para realizar el modelamiento en el programa HEC RAS es la superficie del terreno (topografía). Se puede definir que la topografía que presenta el área de estudio es semiplana en la parte alta de las laderas de la quebrada con pendientes de 6 a 8 %, el eje del cauce de la Quebrada posee desniveles que varían de 2.5 a 30%, las secciones transversales llevan pendientes de 12 al 35%. Según la topografía las zonas vulnerables identificadas en el presente estudio son de carácter permanente debido a que mientras la inclinación de las laderas de la quebrada va disminuyendo el cauce continúa incrementando su pendiente puesto que va ingresando a la ciudad, motivando que flujo que circula en la quebrada inunde grandes extensiones de zona urbana y se vaya extendiendo conforme se incrementa

el volumen de flujos que transite por la quebrada. Esta observación se le denominó CONO DE PELIGRO.

3. El estudio de Suelos realizado en la zona de estudio fue de vital importancia para el correcto modelado Hidráulico de la Quebrada del Diablo, permitió conocer el tipo de suelo existente en el cauce de la Quebrada e introducirlo en el programa HEC RAS y de esta forma establecer las velocidades que alcanza los distintos caudales de diseño, se realizó 05 calicatas para la obtención de muestras alteradas y someterlas a ensayos conforme lo establece la Norma E-050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, se determinó la Granulometría del Suelo el cual contiene mayor porcentaje de retención de partículas en el tamiz N° 100, se estableció el Perfil estratigráfico y Clasificación del Suelos siendo del Tipo SM Arena Limosa con finos no plásticos, se determinó la humedad natural del terreno el cual oscila entre el 2 al 3% y finalmente se realizó el Ensayo de Corte Directo para determinar los ángulos de fricción y cohesión del suelo existente en el lugar el cual puede ser utilizado para fines de cimentación, estabilidad de taludes, presión lateral, etc.
4. El cálculo del caudal máximo o caudal de Diseño para distintos periodos de retorno fue el principal componente para la realización del Modelamiento Hidráulico, para ello se realizó un estudio hidrológico en toda la cuenca de la Quebrada del diablo el cual tiene un área de 56.56km², un perímetro de 76.92km, una longitud de 27.77km, un ancho medio de 2.57km y un desnivel de 1370m. La lluvia de diseño se calculó para periodos de 2,5,10,25,50,100,200,500 y 1000 años con métodos estadísticos como ser Exponential (EXP), Gamma (GAM), Generalised Extreme Value (GEV), Generalised Logistic (GLO), Generalised Normal (GNO), Generalised Pareto (GPA), Gumbel (GUM), Kappa (KAP), Normal (NOR), Pearson III (PE3), Wakeby (WAK) y Weibull (WEI) para una precipitación máxima en 24 horas. Los datos fueron extraídos de la Estación Jorge Basadre el cual está en el Área de Estudio. Los caudales de diseño fueron obtenidos de programa HEC HMS siendo de 0.00m³/seg(2 años), 0.00m³/seg(5 años), 0.55m³/seg(10

años), 4.65m³/seg(25 años), 11.42m³/seg(50 años), 22.16m³/seg(100 años), 37.78m³/seg(200 años), 67.98m³/seg(500 años) y 98.91m³/seg(1000 años).

5. Para la definición de los caudales y periodos de retorno objetos del Modelado Hidráulico, se tomó en consideración el capítulo 3.6 del manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje del Ministerio de Transportes y Comunicaciones edición 2008. El cual define que todo periodo de retorno para una obra hidráulica debe estar condicionado a la relación de la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de una estructura y el riesgo de falla admisible.

6. Finalmente podemos concluir que la quebrada del Diablo, ubicada en las laderas del Cerro Intiorko entre los distritos de Alto de la Alianza y Ciudad Nueva, presenta un riesgo inminente ante la ocurrencia de lluvias, su activación podría darse en cualquier momento causando una cadena de desastres lo cual ocasionaría la pérdida de muchas vidas y cuantiosos daños materiales, se debe tener en consideración que entre las zonas más vulnerables se encuentran los terminales terrestres de la ciudad, el Mercado Grau que es el que abastece a toda la población de Tacna, el cementerio general de la ciudad, entre otros. Además, la Quebrada del Diablo tiempos atrás fue utilizado como botadero municipal y ante la ocurrencia de un movimiento de lodos pueden causar serios problemas de contaminación ambiental a las poblaciones cercanas y toda la zona Urbana de la Ciudad de Tacna.

VII. RECOMENDACIONES

1. Debido a la identificación de las zonas vulnerables mediante el Modelamiento hidráulico, se recomienda a las autoridades incluir dentro de sus proyectos de Inversión, el diseño y ejecución de obras hidráulicas para poder estabilizar los taludes de la Quebrada, realizar obras para disipación de energía en el flujo y finalmente realizar un encauzamiento general de los caudales que pudieran generarse en épocas de lluvias, la ruta recomendada sería al Sur Oeste de la Ciudad en tramos paralelos al cerro Intiorko. Se debe tener en consideración que la solución planteada por las actuales Autoridades el cual consiste en Reubicar a los pobladores de la Asociación de vivienda la Florida y San Pedro, carece de sustento técnico debido que ante una nueva reactivación de la Quebrada y con los caudales calculados en el presente estudio, estos no limitarían su inundaciones a los pobladores reubicados, contrariamente la inundación continuara afectando paulatinamente a mas poblaciones según lo indicado en el Punto 01 de las Conclusiones.
2. Respecto a la topografía del lugar, sería recomendable se realice nuevos estudios más específicos para determinar la desviación de lodos ante una posible avenida, además se debería de implementar diques de contención para mitigar la velocidad de flujos debido a la pendiente que presenta el cauce de la Quebrada.
3. Respecto al tipo de suelo hallado en el lugar, el cual es del tipo limo arenoso, además de los resultados obtenidos del Ensayo de Corte Directo, se debería utilizar la información presentada en el presente Estudio de Investigación en el diseño de Cimentaciones en las diversas estructuras Hidráulicas que puedan ser planteadas, se debe realizar estudios de suelos adicionales para determinar la profundidad de socavación que puede alcanzar en condiciones críticas y supercríticas con periodos de retorno de 500 años el cual también fue considerado en el presente Estudio.

4. Para la determinación de los Caudales de Diseño se utilizó la información de la Estación Jorge Basadre, se recomienda que las autoridades vigentes soliciten al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú – SENAMHI que se pueda adicionar nuevas estaciones Meteorológicas en las zonas que presentaron inundaciones y desbordamiento de ríos, todo ello con la finalidad de obtener datos más exactos que puedan facilitar la realización de un estudio con más detalle.

5. Finalmente sería recomendable que las autoridades Regionales y Locales del departamento de Tacna en apoyo de las Instituciones (SENAMHI, ANA, ALA, GRT, PET TACNA, MINAGRI entre otros) que tiene injerencia directa e indirecta ante hechos como lo ocurrido el pasado 21 de Febrero del 2020, tomen cartas en el asunto, planteen soluciones técnicas y de gran impacto para la Población de Tacna y no esperar que vuelva a ocurrir un desastre similar o peor para poder actuar. Se debe tener en cuenta que el riesgo o vulnerabilidad es latente y que las consecuencias serían incalculables si no se toma las medidas adecuadas.

BIBLIOGRAFÍA

Abanto, Walter. 2014. *Diseño y desarrollo del proyecto de investigación.* Trujillo : Universidad César Vallejo, 2014.

AJ Topógrafos. 2021. ¿Qué es y para qué sirve el Estudio Topográfico? [En línea] 2021. <https://www.ajtopografos.com/blog/que-es-un-estudio-topografico/#:~:text=Un%20estudio%20topogr%C3%A1fico%20se%20podr%C3%ADa,una%20representaci%C3%B3n%20gr%C3%A1fica%20o%20plano.&text=Para%20realizar%20un%20estudio%20topogr%C3%A1fico,nivel%20y%20la%20esta.>

Avalos, Carlos y Zegarra, Julio. 2018. *Evaluación de la socavación que producirá en pilares y estribos del Puente Moche, la derivación del caudal de la Quebrada San Idelfonso.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2018.

Ballena, Yolvin. 2019. *Evaluación del Río Grande, con fines de delimitación de faja marginal en un tramo de la Zona Urbana de Huamachuco, en la Provincia Sánchez Carrión, Región La Libertad.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019.

Bastis Consultores. 2020. Trabajo de Investigación. [En línea] 02 de Marzo de 2020. <https://online-tesis.com/tecnicas-de-recoleccion-de-datos-para-realizar-un-trabajo-de-investigacion/#:~:text=Las%20t%C3%A9cnicas%20de%20recolecci%C3%B3n%20de,un%20car%C3%A1cter%20pr%C3%A1ctico%20y%20operativo..>

Bateman, L. 2007. *Hidrología Básica y Aplicada. Grupo de Investigación en Transporte de Sedimentos. GITS.* España : Universidad Politécnica de Cataluña, 2007.

Bejarano, Sixto. 2018. *Modelamiento hidráulico del río Jequetepeque desde el km 0+000 al km 10+000, con fines de prevención, Pacasmayo, La Libertad 2018.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2018.

Bernal, C. 2006. *Metodología de la Investigación.* México, D.F. : Pearson Education, 2006.

Blaur, Jorge Mario. 2008. *Determinación de la humedad natural de una muestra de suelo.* Colombia : Obtenido de:

<http://ingevil.blogspot.com/2008/10/determinacin-de-la-humedad-natural-de.html>, 2008.

Cadena, Juan y Villegas, Andrés. 2016. *Análisis de riesgo por desbordamiento del río Chiquito en la zona urbana del municipio de Sogamoso, Boyacá.* Boyacá, Colombia : Universidad de La Salle, 2016.

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación. 2018. Definición de Investigación Aplicada. [En línea] 2018. <http://www.duoc.cl/biblioteca/crai/definicion-y-proposito-de-la-investigacion-aplicada#:~:text=La%20Investigaci%C3%B3n%20Aplicada%20tiene%20por,del%20desarrollo%20cultural%20y%20cient%C3%ADfico..>

CERSA. 2020. Desarrollo de Modelos Hidráulicos. [En línea] 07 de Marzo de 2020. <https://cersa.org.pe/capacitaciones/?q=content/blog/desarrollo-de-modelos-hidr%C3%A1ulicos#:~:text=Los%20modelos%20hidr%C3%A1ulicos%20describen%20matem%C3%A1ticamente,lagos%2C%20estuarios%20y%20zonas%20costeras.&text=Los%20modelos%20hidr%C3%A1ulicos%20son.>

Diario La Industria. 2020. Tacna reporta tres muertos tras desborde de quebrada El Diablo. [En línea] 22 de Febrero de 2020. [http://laindustria.pe/nota/13873-video-tacna-reporta-tres-muertos-tras-desborde-de-quebrada-el-diablo.](http://laindustria.pe/nota/13873-video-tacna-reporta-tres-muertos-tras-desborde-de-quebrada-el-diablo)

Espinoza, Rudi y Neyra, Roxana. 2019. *Modelamiento hidráulico e hidrológico de la Quebrada Bomboca, Zona Urbana del Centro Poblado Chunchuquillo, para condiciones extremas usando HEC-RAS.* Jaén : Universidad Nacional de Jaén, 2019.

ESTOP. 2015. Nivelaciones y perfiles longitudinales. [En línea] 2015. <https://www.estop.org/fotografia-topografia-proyectos/nivelaciones-y-perfiles-longitudinales.php#:~:text=Las%20nivelaciones%20consisten%20en%20determinar,que%20hay%20entre%20los%20puntos..>

Evelt, J. y Cheng, L. 2007. *Soils and Foundations (7 edición).* s.l. : Prentice Hall, 2007.

Gourou, P. y Papy, L. 1980. *Compendio de Geografía General.* s.l. : RIALP, 1980.

Gutiérrez, Juan Carlos. 2021. Historia de los metodos de analisis y modelos computacionales para análisis de redes de distribución a presión. [En línea] 2021.
https://communities.bentley.com/other/old_site_member_blogs/bentley_employees/b/juan_gutierrezs_blog/posts/historia-de-los-metodos-de-analisis-y-modelos-computacionales-para-an-193-lisis-de-redes-de-distribuci-211-n-a-presi-211-n.

Guzmán, I., y otros. 2017. *Modelación Hidrodinámica y Morfológica del Río La Estrella, Limón.* Costa Rica : Tecnológico de Costa Rica, 2017.

Hernández, R., Fernández, C. y Baptista., P. 2010. *Metodología de la Investigación.* México : McGraw Hill, 2010.

Hurtado, Enzo. 2017. *Modelamiento hidráulico bidimensional del Río Rímac en el sector Huachipa, tramo km. 27+450 al km. 28+525.* Lima : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2017.

INGEMMET. 2000. *Estudio de riesgos geológicos del Perú: Franja N° 1 - [Boletín C 23].* Perú : INGGEMMET. Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica; n° 23, 2000.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGGEMMET. 2020. *Evaluación de peligros geológicos en las quebradas del Diablo y Caramolle en Tacna.* s.l. : Informe Técnico N° A7042, 2020.

Instituto Nacional de Defensa Civil - INGGECI. 2006. *Manual Básico para La Estimación del Riesgo.* Lima : INGGECI, 2006.

Landeau, R. 2007. *Elaboración de trabajos de investigación 1ª Ed. .* Venezuela : Alfa, 2007.

Luque, Griselda. 2016. *Zonas críticas por peligros geológicos en la región Tacna.* Perú : INGGEMMET, 2016.

Mayta, Carlos y Mamani, Efrain. 2018. *Modelación hidráulica de la defensa de Calana con el fin de determinar la vulnerabilidad ante máximas avenidas.* Tacna : Universidad Privada de Tacna, 2018.

Mejía, Elías. 2005. *Metodología de la Investigación Científica. 1era Ed.* Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

Moya, R. y Álvarez, W. 2018. *Modelación Hidráulica de un Canal Urbano en la Ciudad de Bogotá, Caso de Estudio: Canal Rio Negro.* Bogotá, Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2018.

Ortiz, Edwin. 2015. *Caracterización morfométrica, modelación hidrológica y modelación hidráulica para la cuenca del cauce en la Urbanización Ciudad Blanca, del Municipio San Gil, Departamento de Santander, mediante el uso de las herramientas HEC-GEOHMS y HEC-GEORAS.* Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2015.

Pacheco, Igma. 2016. [En línea] 30 de Diciembre de 2016. <https://about-haus.com/estudio-de-suelo/>.

Peruzzo, F., Riccardi, G. y Basile, P. 2016. *Modelación cuasi-bidimensional de escurrimiento superficial en cauce principal del tramo Paraná inferior km 410-452.* Argentina : Universidad Nacional de Rosario, 2016.

PROAPAC. 2008. *Modelación Hidráulica.* Bolivia : Programa de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en Pequeñas y Medianas Ciudades. Cooperación Técnica Alemana, 2008.

QuestionPro. 2021. Muestreo No Probabilístico. [En línea] 2021. <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/#:~:text=El%20muestreo%20no%20probabil%3%ADstico%20es,hacer%20la%20selecci%C3%B3n%20al%20azar..>

Ruiz, Jairo. 2020. Población, Muestra y Variable. [En línea] 23 de Febrero de 2020. <https://sites.google.com/site/matematicasjuanmanuelista/matematicas-9/estadistica-9/1-poblacion-muestra-variable>.

SUEZ. 2018. La Importancia del Estudio Hidrológico en la Agricultura. [En línea] 18 de Diciembre de 2018. <https://www.suez-agriculture.com/es/blog/la-importancia-del-estudio-hidrologico-en-la-agricultura#:~:text=Un%20estudio%20hidrol%C3%B3gico%20o%20hidr%C3%A1ulico,de%20una%20masa%20de%20agua..>

Takeharu, E., Akira, M. y Masanori, N. 1987. *SQRT-Exponential Type Distribution of Maximum.* s.l. : Hydrologic Frequency Modeling, 1987.

Tisnado, Edgar. 2013. *Modelamiento hidrodinámico para determinar zonas vulnerables en el cauce del Río Seco zona urbana - Tacna.* Tacna : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2013.

Torsten, Detloff. 2007. *Particle size distribution by space or time dependent extinction profiles obtained by analytical centrifugation (concentrated systems)*. s.l. : Obtenido de: sciencedirect.com, 2007.

Trigoso, Byron. 2018. *Modelamiento hidráulico de la quebrada Calispuquio - tramo ciudad de Cajamarca - ciudad Universitaria, con fines de prevención de inundaciones*. Cajamarca : Universidad Nacional de Cajamarca, 2018.

UNITEC. 2020. Mecánica de Suelos. Investigación Sobre La Resistencia Al Corte De Suelos. [En línea] 2020. <https://mecanicadesuelos1unitec.wordpress.com/ensayo-de-corte-directo/>.

Varsity Tutors. 2021. Secciones transversales. [En línea] 2021. [varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/cross-sections](https://www.varsitytutors.com/hotmath/hotmath_help/spanish/topics/cross-sections).

Vasconez, Francisco. 2009. Sección transversal del cauce del río Ambato en el sector del Colegio Rumiñahui. [En línea] 2009. https://www.researchgate.net/figure/Seccion-transversal-del-cauce-del-rio-Ambato-en-el-sector-del-Colegio-Ruminahui-La-linea_fig2_316847090.

Vergara, M. 1995. *Técnicas de modelación en hidráulica*. México : Alfaomega, 1995.

Vilcanqui, Alexander. 2016. *Modelación Hidrológica con fines de Gestión de Riberas en la Cuenca del Río Caplina*. Tacna : Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2016.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TÍTULO :	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRÁULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA.						
AUTOR:	LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA						
	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	¿ De qué manera el Modelamiento Hidráulico permite identificar las zonas vulnerables en el Cauce de la Quebrada del Diablo de la Provincia de Tacna?	Identificar las zonas vulnerables mediante el Modelamiento Hidráulico en el Cauce de la Quebrada del Diablo, Provincia de Tacna.	El Modelamiento hidráulico permite identificar las zonas vulnerables en el cauce de la Quebrada Del Diablo, Provincia de Tacna	Variable Independiente: Modelamiento Hidráulico	Estudios Topográficos	Curvas de Nivel (msnm)	Enfoque de la Investigación Cuantitativo
						Secciones Transversales (m2)	
ESPECIFICOS	¿Cuál es la topografía que presenta el cauce de la quebrada del diablo de la provincia de Tacna	Establecer la topografía del cauce de la quebrada del diablo, provincia de Tacna	La definición de la topografía existente permite el correcto Modelamiento Hidráulico, y de esa forma se identifica las zonas vulnerables en el cauce de la quebrada del diablo, Provincia de Tacna.	Variable Dependiente: Zonas Vulnerables	Estudios de Suelos	Perfil Longitudinal (m)	Diseño de investigación Tipo Experimental
						Granulometría (%)	
						Humedad Natural	
	¿Cuál es el tipo de suelo que existe en el cauce de la quebrada del diablo de la provincia de Tacna?	Establecer el tipo de suelo que existe en el cauce de la quebrada del diablo, provincia de Tacna.	La identificación del tipo de suelo permite el correcto Modelamiento Hidráulico para la identificación de las zonas vulnerables en el cauce de la quebrada del diablo, Provincia de Tacna.		Estudios Hidrológicos	Perfil estratigráfico SUCS	Finalidad de la investigación Aplicada
						Corte Directo	
						Caudales Máximos (m3/s)	
¿Cuáles son los caudales máximos que presenta la cuenca hidrográfica de la Quebrada del diablo en la Provincia de Tacna?	Definir el caudal máximo que presenta la cuenca hidrográfica de la quebrada del diablo en la Provincia de Tacna.	El cálculo del caudal máximo permite el correcto Modelamiento Hidráulico para la identificación de las zonas vulnerables en el cauce de la quebrada del diablo, Provincia de Tacna.	Construcciones en el cauce de la Quebrada	Periodos de Retorno (años)	Alcance de la investigación Descriptiva		
				Áreas Vulnerables(km2)			
			Análisis de vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad			

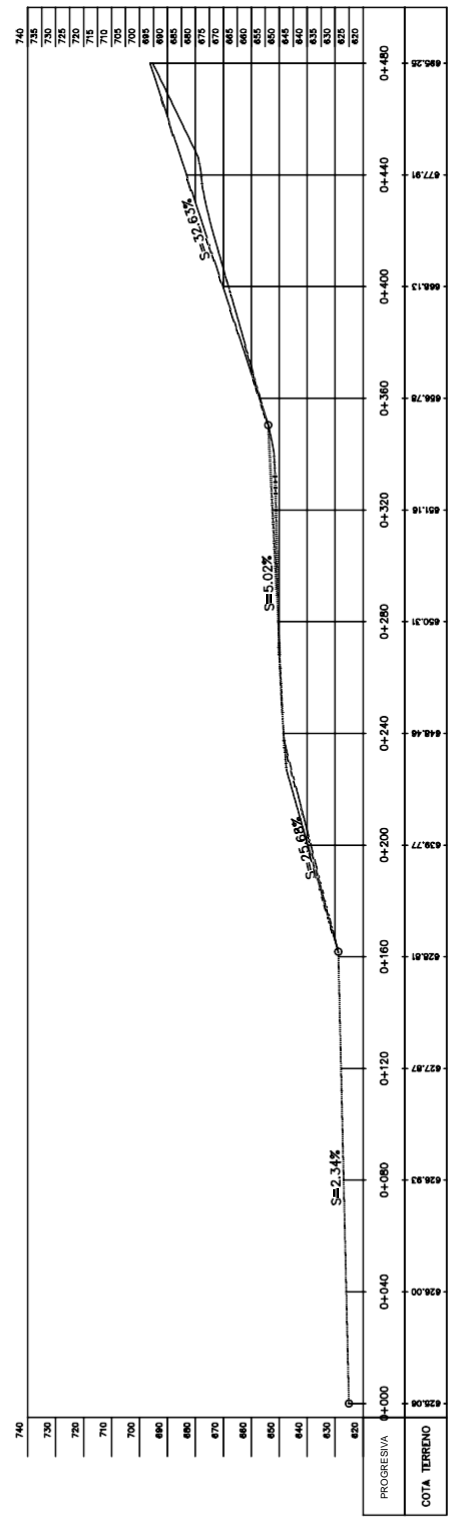
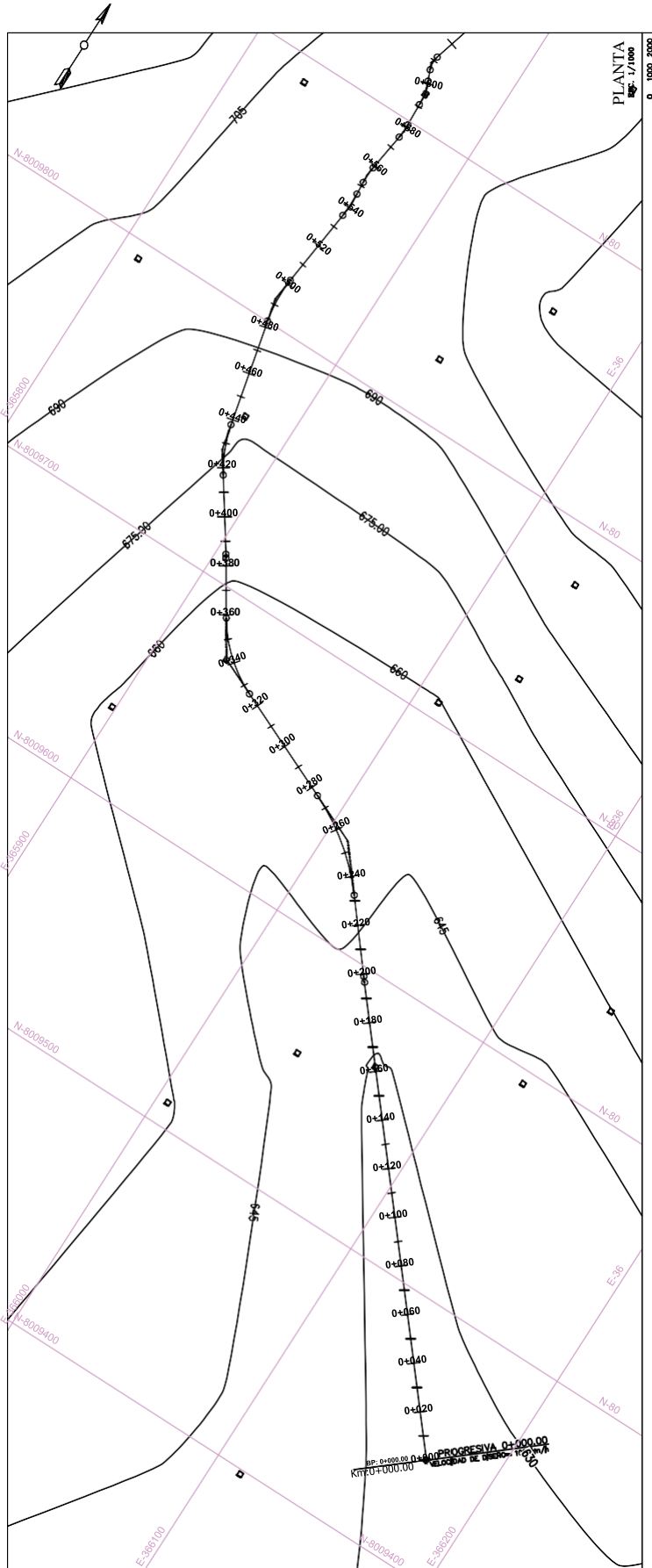
Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	Modelamiento Hidráulico	CERSA (2020) señala que el modelamiento hidráulico describe matemáticamente el flujo en canales abiertos, ríos, humedales, lagos, estuarios y zonas costeras. Estos modelos hidráulicos se usan para describir el flujo sobre las planicies de inundación, o a través de estructuras hidráulicas como vertederos, compuertas, alcantarillas, puentes, embalses, diques, etc.	Para la realización del modelamiento hidráulico de un río o una quebrada, se debe definir el área de cuenca, el caudal máximo para distintos periodos de retorno, la topografía del terreno y el tipo de suelo existente en la zona.	Estudios Topográficos	Curvas de Nivel (msnm)	Razón
					Secciones Transversales (m ²)	Razón
					Perfil Longitudinal (m)	Razón
				Estudios de Suelos	Granulometría (%)	Razón
					Humedad Natural	Razón
					Perfil estratigráfico SUCS	Razón
					Corte Directo	Razón
				Estudios Hidrológicos	Caudales Máximos (m ³ /s)	Razón
					Periodos de Retorno (años)	Razón
				Razón		
DEPENDIENTE	Zonas Vulnerables	INDECI (2006), la vulnerabilidad es el grado de resistencia y exposición física social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas, patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros),	Las zonas vulnerables son las áreas o lugares donde existe una alta probabilidad de desborde ante movimiento de masas y/o máximas avenidas.	Construcciones en el cauce de la Quebrada	Áreas Vulnerables(km ²)	Razón
				Análisis de vulnerabilidad	Nivel de Vulnerabilidad	Razón

Anexo 3. Planos topográficos

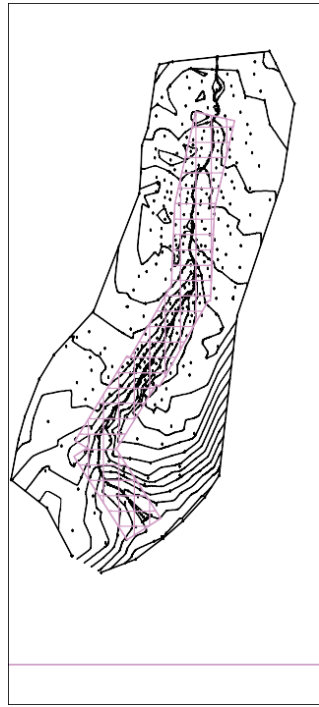
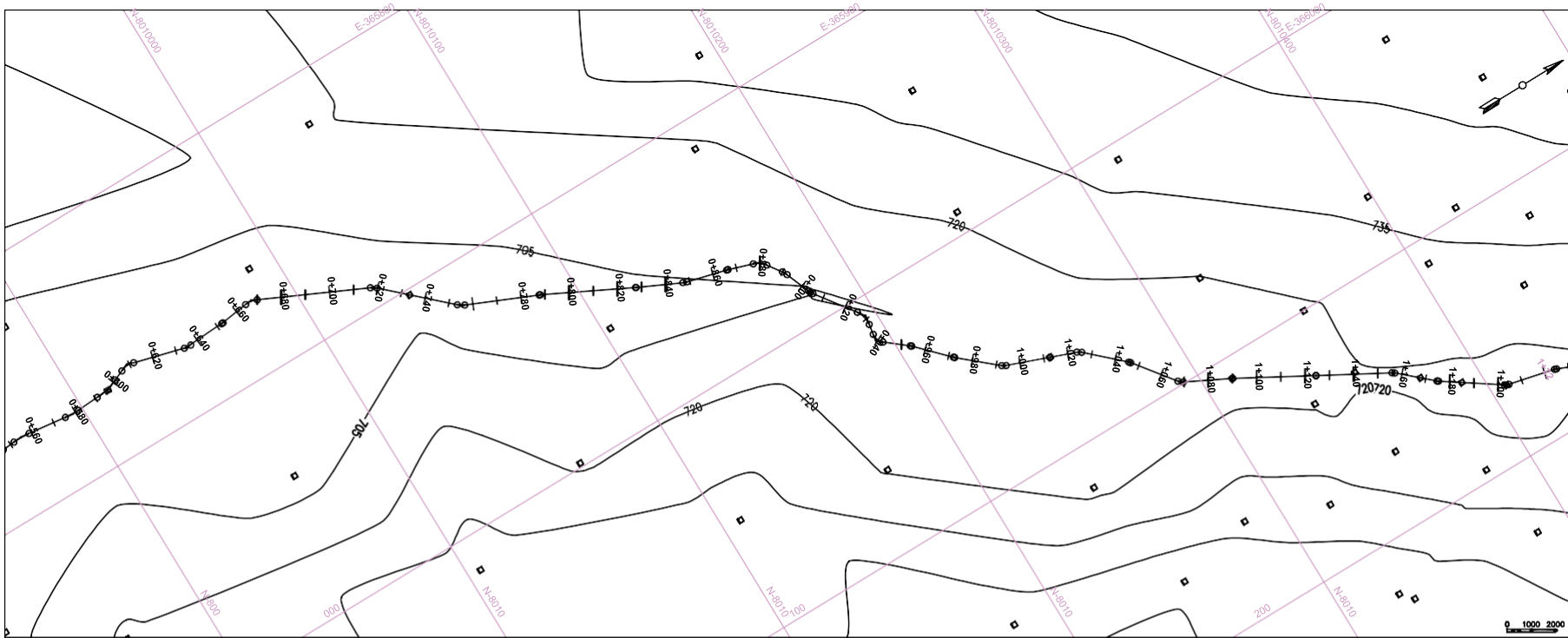
LEYENDA

	CURVA INDICE
	CURVA INTERMEDIA
	QUEBRADA
	RIO
	CANAL
	ACEQUIA
	LAGUNA
	PANTANO
	TANQUE RESERVOIRO
	ARBOL
	VEGETACION
	AREA CONSTRUIDA
	TUNEL
	CAMPO LOSA DEPORTIVA
	LIMITE MANIZANA
	PUNTO DE CONTROL
	TERRENO CULTIVO
	PUENTE EXIST
	ALCANTARILLA EXIST
	REPRESA
	CARRERA AFIRMADA
	CARRERA ASFALTADA
	SENDERO
	SURCOS FUNDACION
	CALICATA

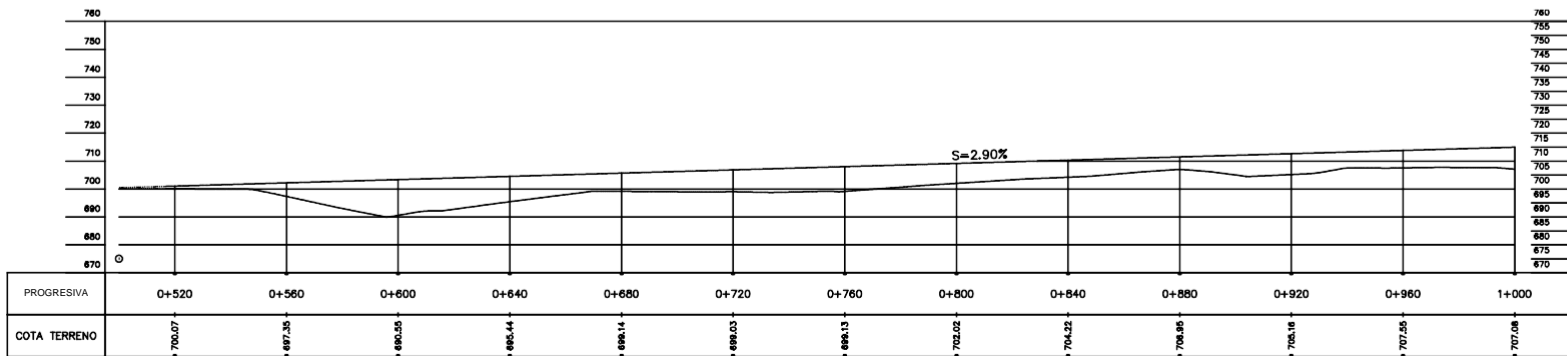


LEYENDA

	RASANTE PROYECTADO
	TERRENO EXISTENTE



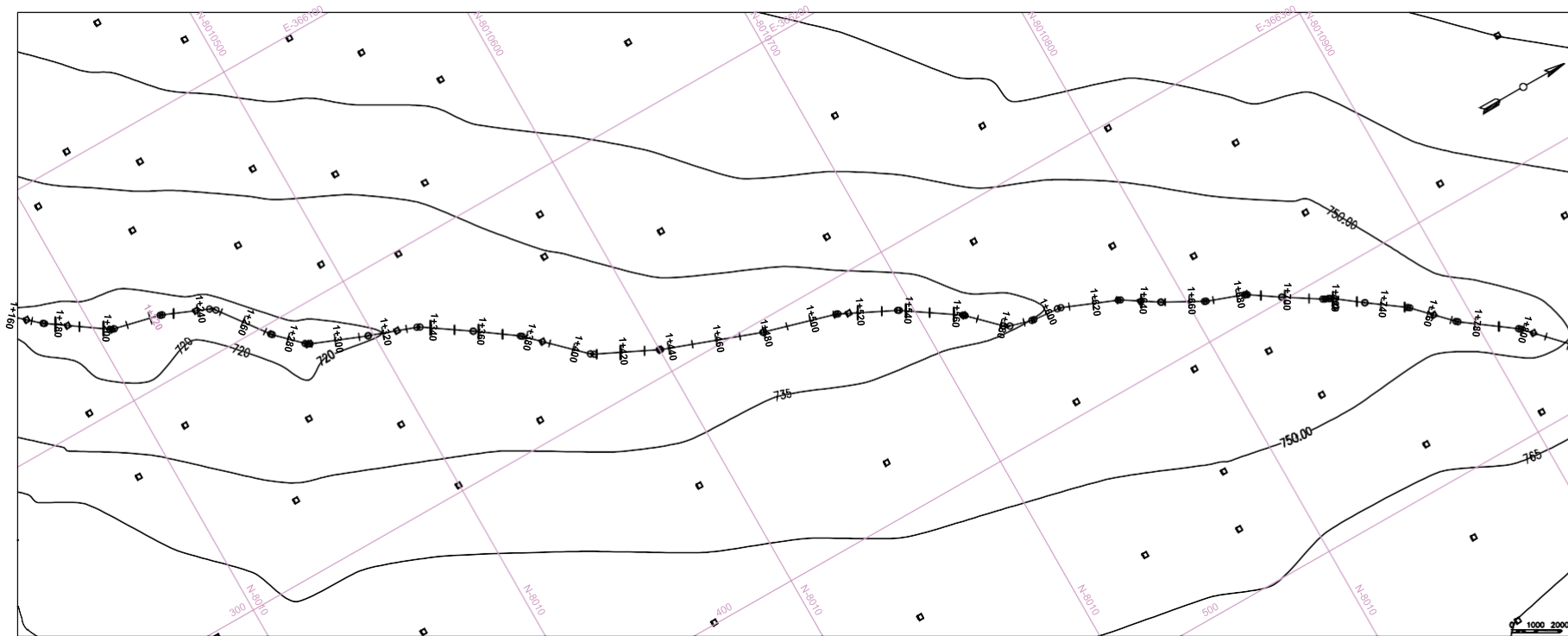
0 1000 2000
PLANTA
 Esc. 1/1000



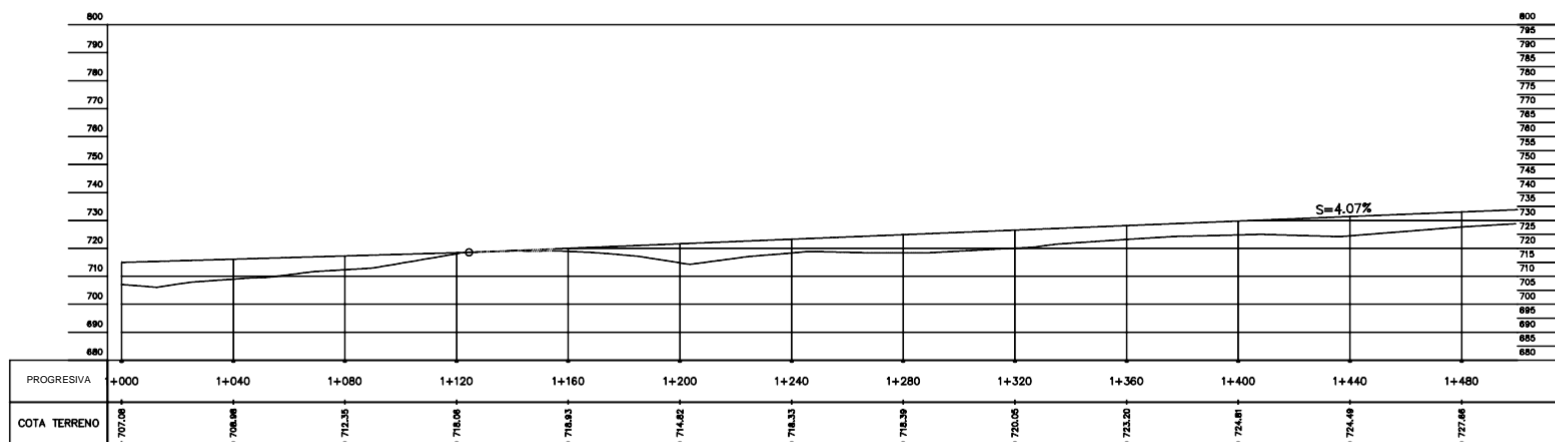
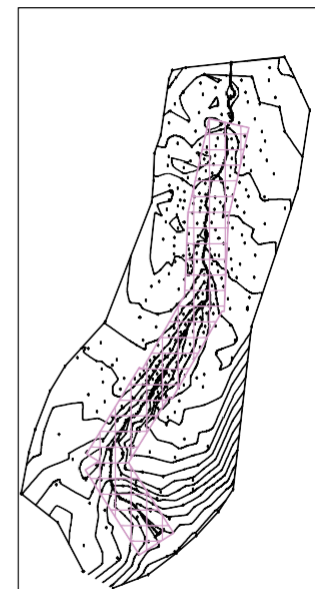
LEYENDA

- RASANTE PROYECTADO ———
- TERRENO EXISTENTE ———

- LEYENDA**
- CURVA INDICE 4500
 - CURVA INTERMEDIA
 - QUEBRADA
 - RIO
 - CANAL
 - ACEQUIA
 - LAGUNA
 - PANTANO
 - TANQUE RESERVORIO
 - ARBOL
 - VEGETACION
 - AREA CONSTRUIDA
 - TUNEL
 - CAMPO LOSA DEPORTIVA
 - LIMITE MANZANA
 - PUNTO DE CONTROL
 - TERRENO CULTIVO
 - PUENTE EXIST
 - ALCANTARILLA EXIST
 - REPRESA
 - CARRETERA AFIRMADA
 - CARRETERA ASFALTADA
 - SENDERO
 - SURCOS_FUNDACION
 - CALCATA



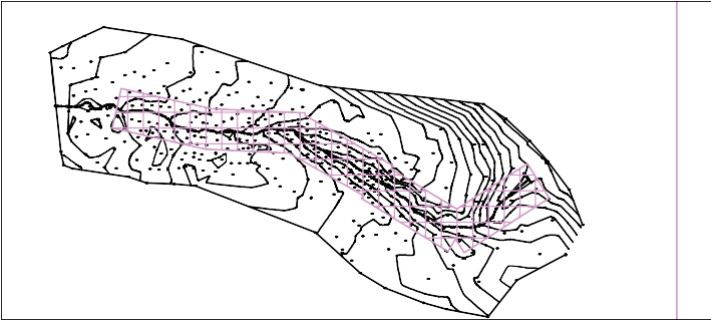
PLANTA
ESC. 1/1000



LEYENDA

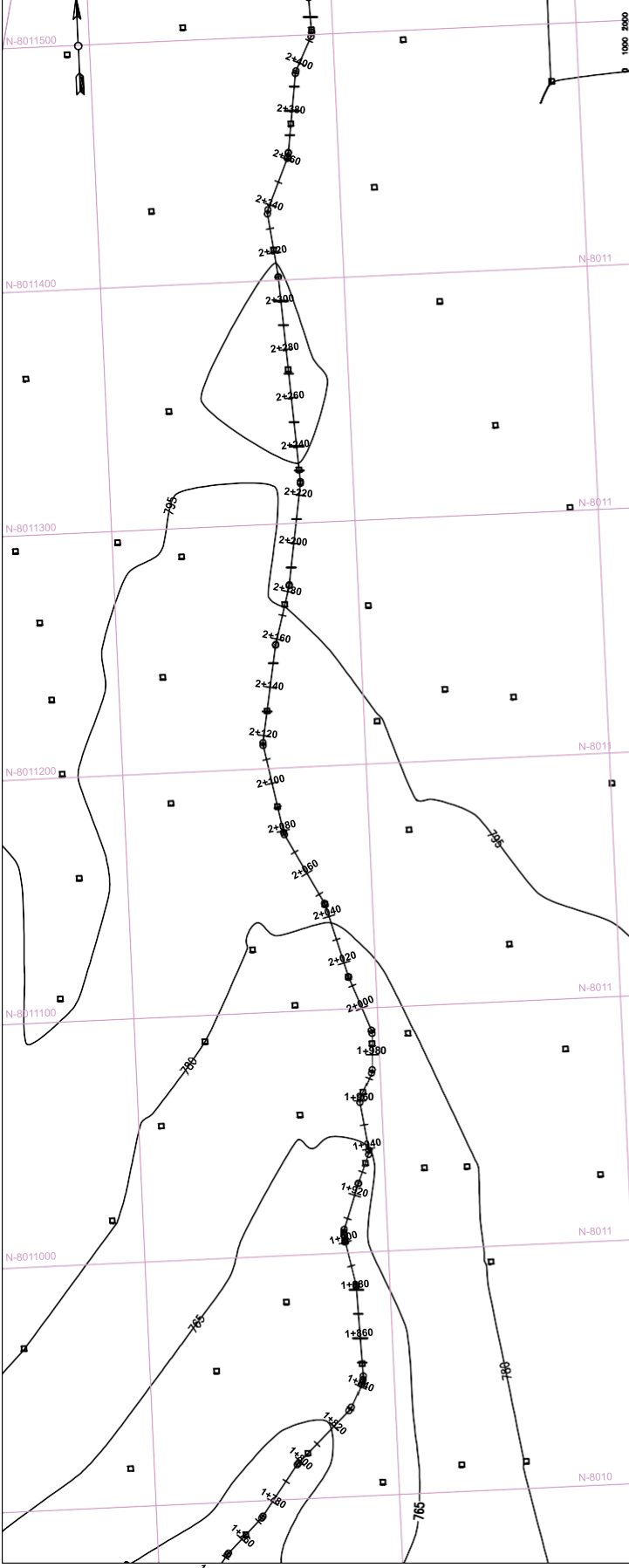
- RASANTE PROYECTADO
- TERRENO EXISTENTE

- LEYENDA**
- CURVA INDICE
 - CURVA INTERMEDIA
 - QUEBRADA
 - RIO
 - CANAL
 - ACEQUIA
 - LAGUNA
 - PANTANO
 - TANQUE RESERVIORIO
 - ARBOL
 - VEGETACION
 - AREA CONSTRUIDA
 - TUNEL
 - CAMPO LOSA DEPORTIVA
 - LIMITE MANZANA
 - PUNTO DE CONTROL
 - TERRENO CULTIVO
 - PUNTE EXIST
 - ALCANTARILLA EXIST
 - REPRESA
 - CARRETERA AFIRMADA
 - CARRETERA ASFALTADA
 - SENDERO
 - SURCOS_FUNDACION
 - CAUCATA

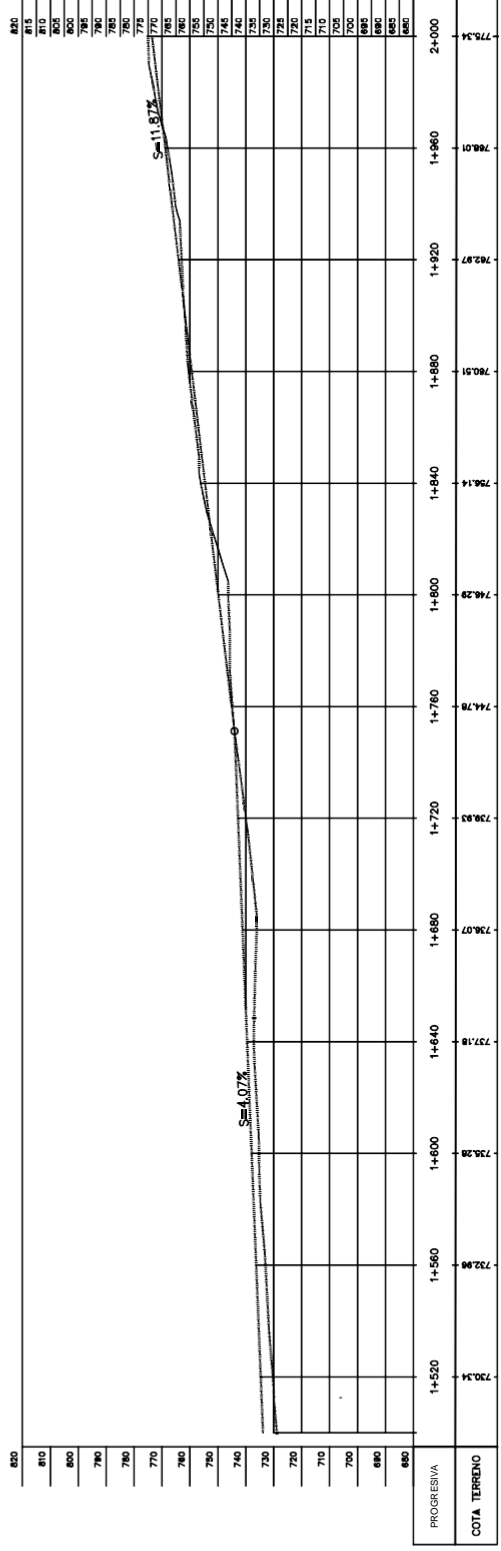


LEYENDA

CURVA INDOCE	4600
CURVA INTERMEDIA	
QUEBRADA	
RIO	
CANAL	
ACEQUIA	
LAGUNA	
PANTANO	
TANQUE RESERVOIRO	
ARBOL	
VEGETACION	
AREA CONSTRUIDA	
TUNEL	
CAMPO LUSA DEPORTIVA	
LIMITE MANZANA	
PUNTO DE CONTROL	
TERRENO CULTIVO	
PUENTE EXIST	
ALCANTARILLA EXIST	
REPRESA	
CARRETERA AFIRMADA	
CARRETERA ASFALTADA	
SENDERO	
SURCO/FUNDACION	
CAUCETA	



PLANTA
Escala: 1/1000



LEYENDA

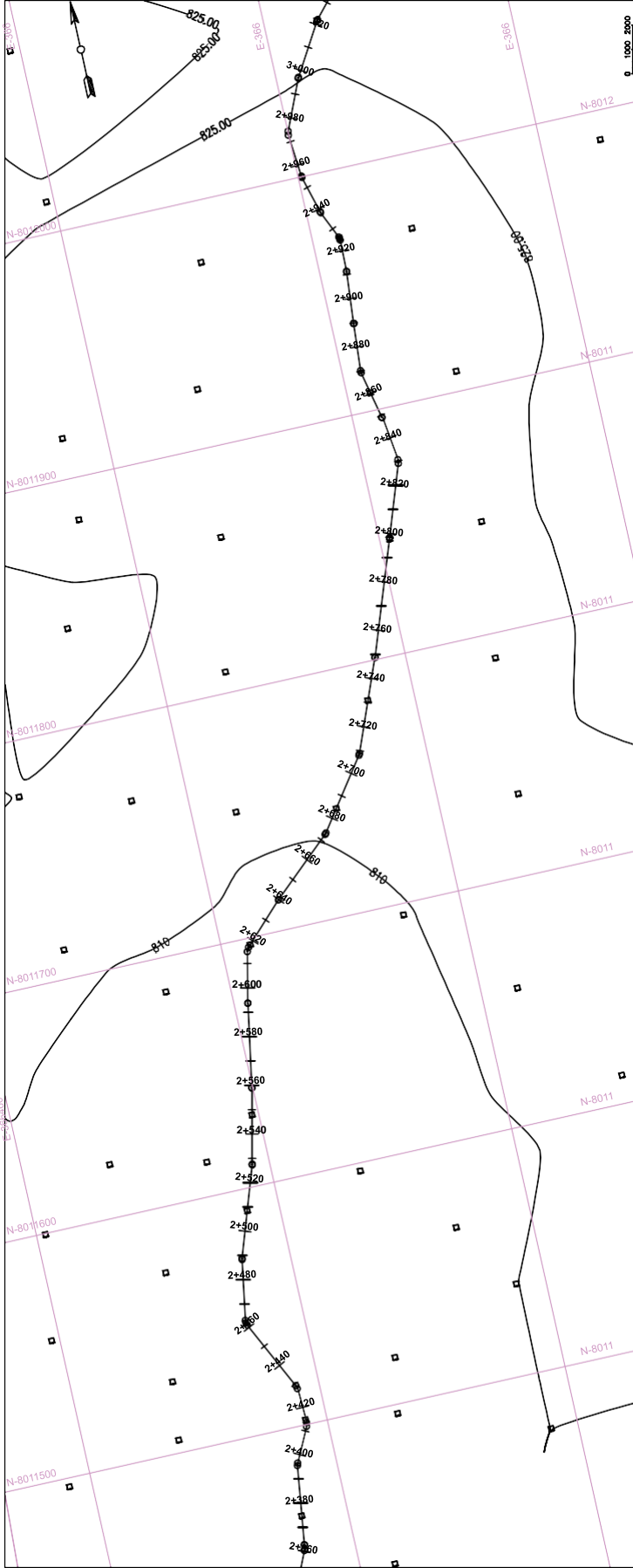
RASANTE PROYECTADO	—
TERRENO EXISTENTE	—

PROGRESIVA	COTA TERRENO
1+520	730.34
1+560	732.96
1+600	735.28
1+640	737.18
1+680	738.07
1+720	738.83
1+760	744.78
1+800	746.29
1+840	756.14
1+880	760.51
1+920	762.87
1+960	768.01
2+000	778.34

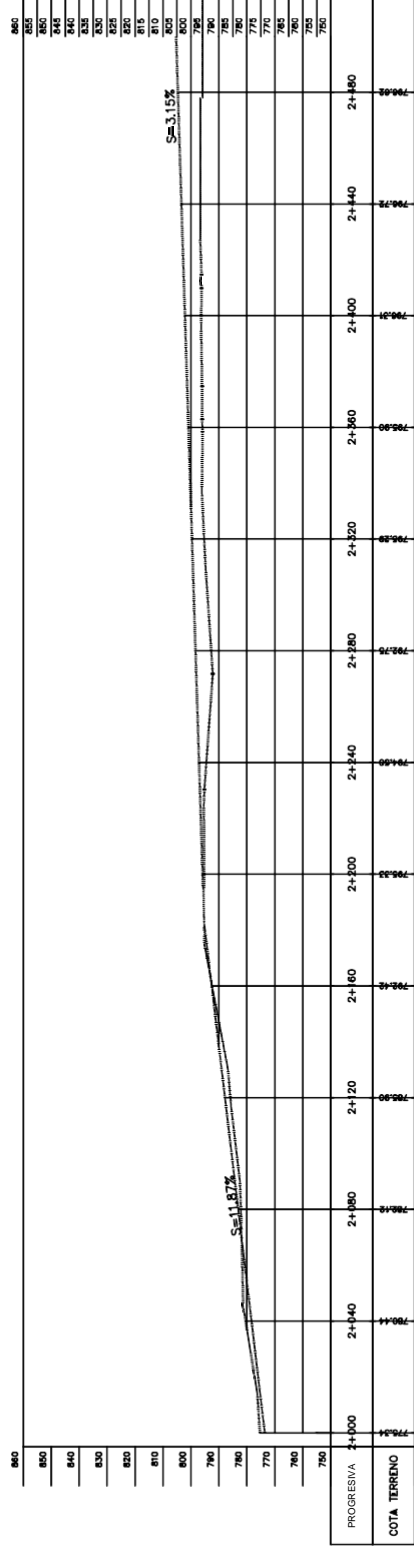


LEYENDA

CURVA INDICE	— 4500 —
CURVA INTERMEDIA	— — — — —
QUEBRADA	— — — — —
RIO	— — — — —
CANAL	— — — — —
ACEQUIA	— — — — —
LAGUNA	— — — — —
PANTANO	— — — — —
TANQUE RESERVOIRO	— — — — —
ARBOL	— — — — —
VEGETACION	— — — — —
AREA CONSTRUIDA	— — — — —
TUNEL	— — — — —
CAMPO LUGA DEPORTIVA	— — — — —
LIMITE MANZANA	— — — — —
TERRENO CULTIVO	— — — — —
PUNTO DE CONTROL	— — — — —
PUENTE EXIST	— — — — —
ALCANTARILLA EXIST	— — — — —
REPRESA	— — — — —
CARRRETERA AFIRMADA	— — — — —
CARRRETERA ASFALTADA	— — — — —
SONDERO	— — — — —
SURCOS_FUNDACION	— — — — —
CAUCUTA	— — — — —



0 + 000 2000
PLANTA
 Esc. 1/1000



LEYENDA

RASANTE PROYECTADO	— — — — —
TERRENO EXISTENTE	— — — — —

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

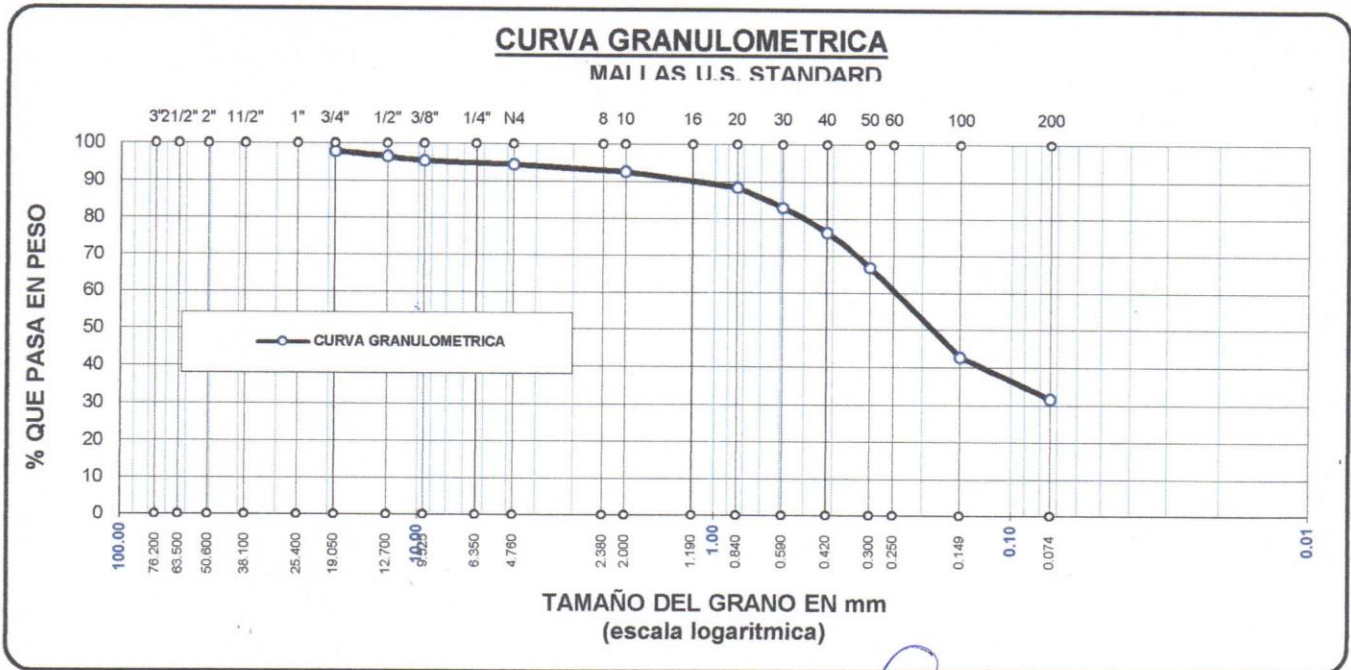
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						MUESTRA 01 C - 01 ESTRATO DE 0.00 A 1.80 M. Límites de Consistencia : LL = N.P LP = N.P IP = N.P % PAS. MALLA 4 94.52 % PAS MALLA 200 31.72 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 619.10 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050	12.90	2.08	2.08	97.92		
1/2"	12.700	8.40	1.36	3.44	96.56		
3/8"	9.525	6.70	1.08	4.52	95.48		
1/4"	6.350						
No4	4.760	5.90	0.95	5.48	94.52		
No8	2.380						
No10	2.000	11.30	1.83	7.30	92.70		
No16	1.190						
No20	0.840	25.40	4.10	11.40	88.60		
No30	0.590	33.80	5.46	16.86	83.14		
No40	0.420	41.90	6.77	23.63	76.37		
No 50	0.300	58.80	9.50	33.13	66.87		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	149.20	24.10	57.23	42.77		
No200	0.074	68.40	11.05	68.28	31.72		
BASE		196.40	31.72	100.00	0.00		
TOTAL		619.10	100.00				
% PERDIDA							




 LUIS E. QUISPEMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIF N° 78860





ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

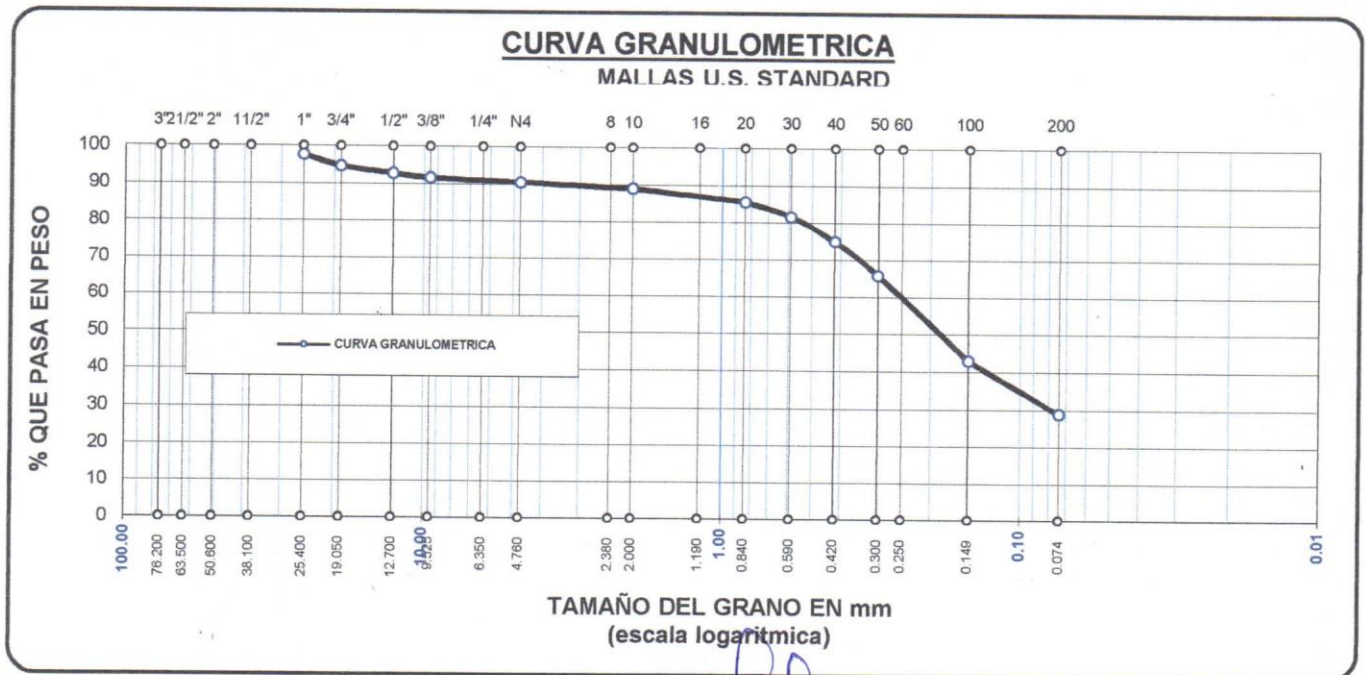
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						MUESTRA 01 C - 02 ESTRATO DE 0.00 A 1.80 M. Límites de Consistencia : LL = N.P LP = N.P IP = N.P % PAS. MALLA 4 90.59 % PAS MALLA 200 28.88 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 541.20 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	12.60	2.33	2.33	97.67		
3/4"	19.050	15.70	2.90	5.23	94.77		
1/2"	12.700	10.50	1.94	7.17	92.83		
3/8"	9.525	6.30	1.16	8.33	91.67		
1/4"	6.350						
No4	4.760	5.80	1.07	9.41	90.59		
No8	2.380						
No10	2.000	8.20	1.52	10.92	89.08		
No16	1.190						
No20	0.840	18.20	3.36	14.28	85.72		
No30	0.590	21.70	4.01	18.29	81.71		
No40	0.420	36.20	6.69	24.98	75.02		
No 50	0.300	49.80	9.20	34.18	65.82		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	123.60	22.84	57.02	42.98		
No200	0.074	76.30	14.10	71.12	28.88		
BASE		156.30	28.88	100.00	0.00		
TOTAL		541.20	100.00				
% PERDIDA							



LUIS E. QUISPES JIMENEZ
 INGENERO CIVIL
 QIP N° 78860





ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

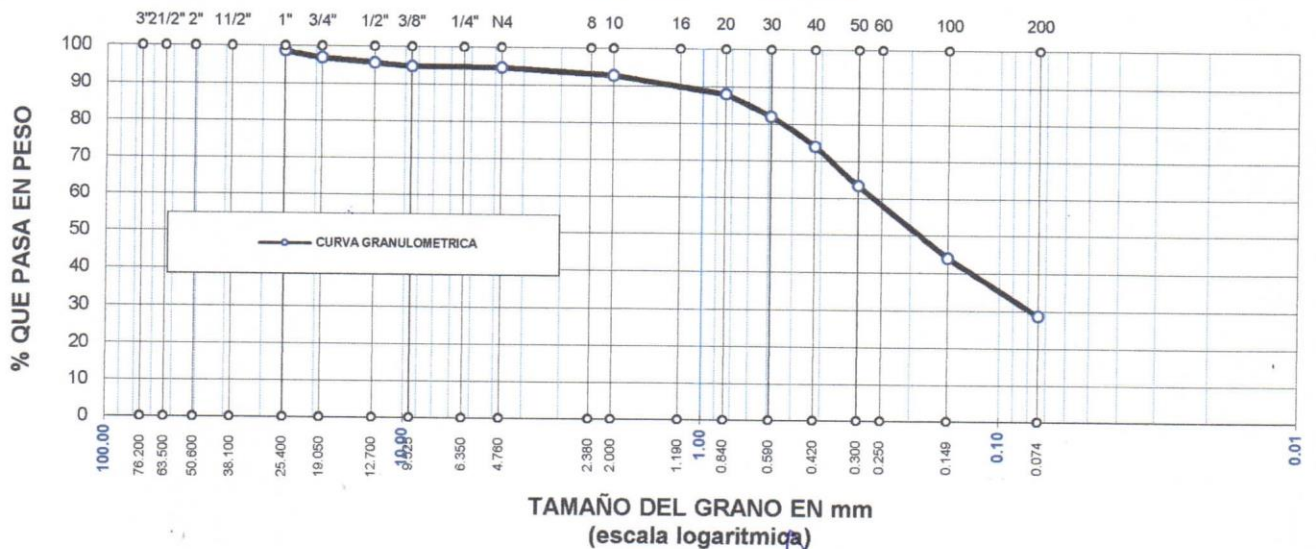
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						MUESTRA 01 C - 03 ESTRATO DE 0.00 A 1.80 M. Limites de Consistencia : LL = N.P LP = N.P IP = N.P % PAS. MALLA 4 94.68 % PAS MALLA 200 28.75 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 613.20 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	8.10	1.32	1.32	98.68		
3/4"	19.050	10.60	1.73	3.05	96.95		
1/2"	12.700	7.40	1.21	4.26	95.74		
3/8"	9.525	5.30	0.86	5.12	94.88		
1/4"	6.350						
No4	4.760	1.20	0.20	5.32	94.68		
No8	2.380						
No10	2.000	11.30	1.84	7.16	92.84		
No16	1.190						
No20	0.840	29.30	4.78	11.94	88.06		
No30	0.590	36.80	6.00	17.94	82.06		
No40	0.420	49.20	8.02	25.96	74.04		
No 50	0.300	65.30	10.65	36.61	63.39		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	119.20	19.44	56.05	43.95		
No200	0.074	93.20	15.20	71.25	28.75		
BASE		176.30	28.75	100.00	0.00		
TOTAL		613.20	100.00				
% PERDIDA							

CURVA GRANULOMETRICA

MALLAS U.S. STANDARD



LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78360





ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACION : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

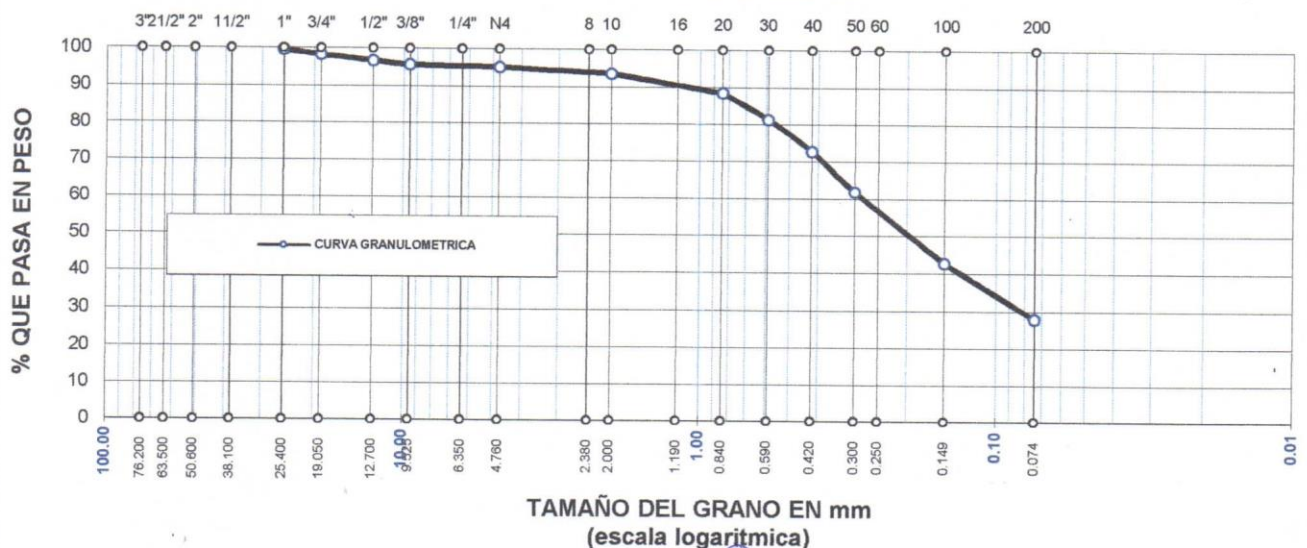
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACION CALICATA N° 04

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						MUESTRA 01 C - 04 ESTRATO DE 0.00 A 1.80 M. Límites de Consistencia : LL = N.P LP = N.P IP = N.P % PAS. MALLA 4 95.20 % PAS MALLA 200 27.90 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 693.60 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	2.80	0.40	0.40	99.60		
3/4"	19.050	8.90	1.28	1.69	98.31		
1/2"	12.700	10.60	1.53	3.22	96.78		
3/8"	9.525	7.20	1.04	4.25	95.75		
1/4"	6.350						
No4	4.760	3.80	0.55	4.80	95.20		
No8	2.380						
No10	2.000	10.90	1.57	6.37	93.63		
No16	1.190						
No20	0.840	35.40	5.10	11.48	88.52		
No30	0.590	49.30	7.11	18.58	81.42		
No40	0.420	59.80	8.62	27.21	72.79		
No 50	0.300	76.20	10.99	38.19	61.81		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	132.80	19.15	57.34	42.66		
No200	0.074	102.40	14.76	72.10	27.90		
BASE		193.50	27.90	100.00	0.00		
TOTAL		693.60	100.00				
% PERDIDA							

CURVA GRANULOMETRICA
MALLAS U.S. STANDARD



(Signature)
 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860





ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

NORMA ASTM D-422

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

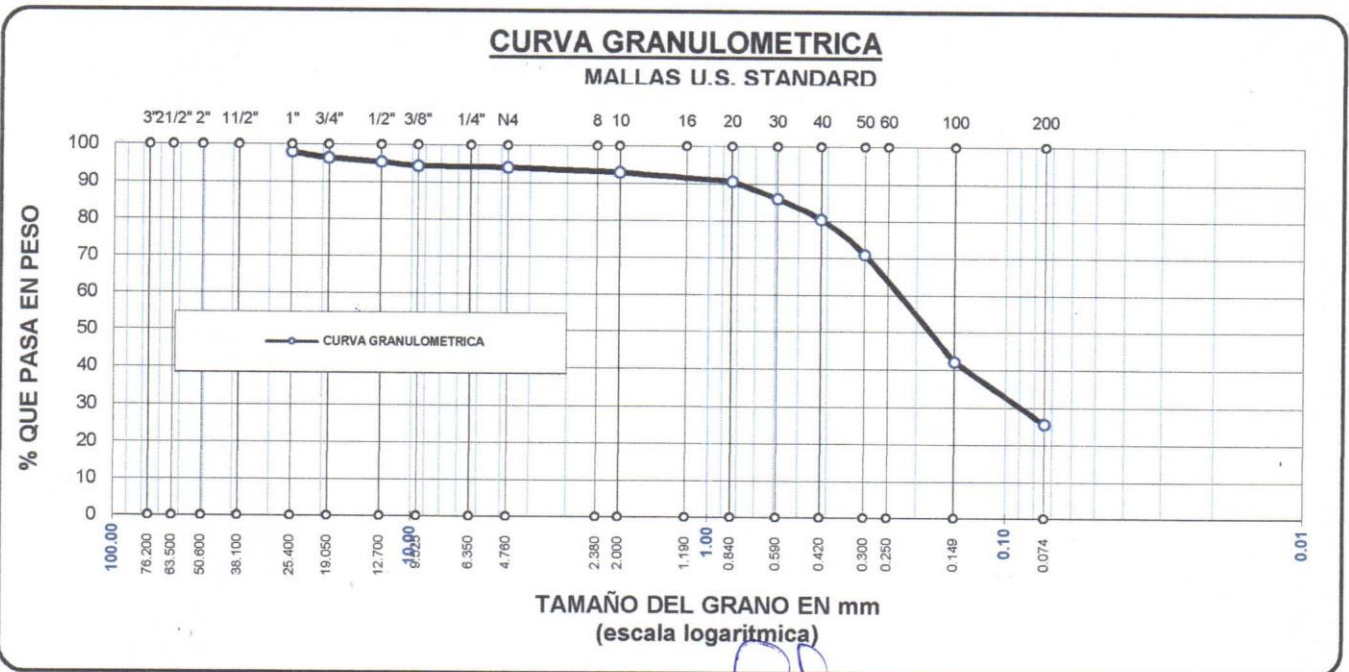
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						MUESTRA 01 C - 05 ESTRATO DE 0.20 A 1.80 M. Límites de Consistencia : LL = N.P LP = N.P IP = N.P % PAS. MALLA 4 94.10 % PAS MALLA 200 25.66 Clasificación S.U.C.S. SM Clasificación AASHTO A-2-4 (0) Peso de la Muestra: 566.20 gr. OBSERVACIONES: La muestra consiste de Arenas limosas con finos no plásticos.
2 1/2"	63.500						
2"	50.600						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	11.60	2.05	2.05	97.95		
3/4"	19.050	8.40	1.48	3.53	96.47		
1/2"	12.700	6.10	1.08	4.61	95.39		
3/8"	9.525	5.20	0.92	5.53	94.47		
1/4"	6.350						
No4	4.760	2.10	0.37	5.90	94.10		
No8	2.380						
No10	2.000	6.30	1.11	7.01	92.99		
No16	1.190						
No20	0.840	12.80	2.26	9.27	90.73		
No30	0.590	26.40	4.66	13.94	86.06		
No40	0.420	31.70	5.60	19.53	80.47		
No 50	0.300	53.20	9.40	28.93	71.07		
No60	0.250						
No80							
No100	0.149	163.50	28.88	57.81	42.19		
No200	0.074	93.60	16.53	74.34	25.66		
BASE		145.30	25.66	100.00	0.00		
TOTAL		566.20	100.00				
% PERDIDA							



LUIS E. QUISPE JIMÉNEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA ASTM D 2216

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA 01			
MUESTRA N°	UND	ESTRATO N° 1	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	578.3	543.8
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	567.4	532.1
Peso del Agua	gr.	10.9	11.7
Peso de la muestra seca neta	gr.	567.4	532.1
Porcentaje de humedad	%	1.92	2.20
Promedio	%	2.06	



LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



JULISSA
CONSULTORES
E INVERSIONES

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA ASTM D 2216

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA 02			
MUESTRA N°	UND	ESTRATO N° 1	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	641.3	653.7
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	627.5	637.8
Peso del Agua	gr.	13.8	15.9
Peso de la muestra seca neta	gr.	627.5	637.8
Porcentaje de humedad	%	2.20	2.49
Promedio	%	2.35	


LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



Mz. 394 Lote 10 Asoc. 28 de Agosto III Etapa
Ciudad Nueva - Tacna - Perú
Cel. 961684843
analy_roxana@hotmail.com

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA ASTM D 2216

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA 03			
MUESTRA N°	UND	ESTRATO N° 1	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	563.8	621.8
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	546.9	602.9
Peso del Agua	gr.	16.9	18.9
Peso de la muestra seca neta	gr.	546.9	602.9
Porcentaje de humedad	%	3.09	3.13
Promedio	%	3.11	



LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



JULISSA
CONSULTORES
E INVERSIONES


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA ASTM D 2216

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 04
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA 04			
MUESTRA N°	UND	ESTRATO N° 1	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	523.8	561.4
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	509.6	545.8
Peso del Agua	gr.	14.2	15.6
Peso de la muestra seca neta	gr.	509.6	545.8
Porcentaje de humedad	%	2.79	2.86
Promedio	%	2.82	


LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



Mz. 394 Lote 10 Asoc. 28 de Agosto III Etapa
Ciudad Nueva - Tacna - Perú
Cel. 961684843
analy_roxana@hotmail.com

ENSAYO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA ASTM D 2216

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA 05			
MUESTRA N°	UND	ESTRATO N° 1	
Recipiente N°		1	2
Peso del recipiente	gr.	0.0	0.0
Peso del recipiente + la muestra humeda	gr.	631.5	589.3
Peso del recipiente + la muestra seca	gr.	616.4	574.2
Peso del Agua	gr.	15.1	15.1
Peso de la muestra seca neta	gr.	616.4	574.2
Porcentaje de humedad	%	2.45	2.63
Promedio	%	2.54	



 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

PERFIL ESTRATIGRAFICO

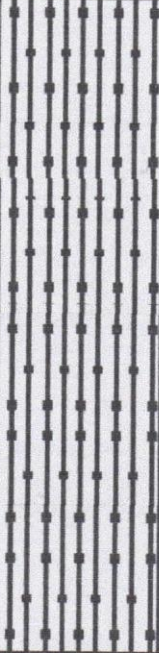
TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA N° 01									
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		CONSTANTES FISICAS			% PASA MALLA N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION		AASHTO	SUCS	L.L.	L.P.	I.P.	
0.0 cm									
20 cm	M-01	ARENAS LIMOSAS CON FINOS NO PLASTICOS		A-2-4 (0)	SM	N.P.	N.P.	N.P.	31.72
40 cm									
60 cm									
80 cm									
100 cm									
120 cm									
140 cm									
160 cm									
180 cm									


 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



PERFIL ESTRATIGRAFICO

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

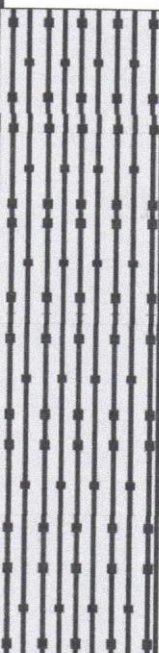
CALICATA N° 02									
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		CONSTANTES FISICAS			% PASA MALLA N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION		AASHTO	SUCS	L.L.	L.P.	I.P.	
0.0 cm									
20 cm									
40 cm									
60 cm	M-01	ARENAS LIMOSAS CON FINOS NO PLASTICOS		A-2-4 (0)	SM	N.P.	N.P.	N.P.	28.88
80 cm									
100 cm									
120 cm									
140 cm									
160 cm									
180 cm									


LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



PERFIL ESTRATIGRAFICO

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

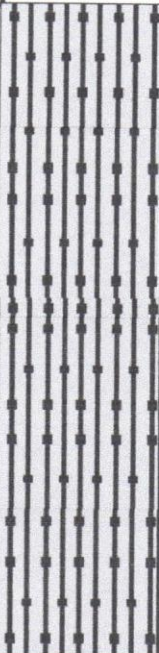
CALICATA N° 03									
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		CONSTANTES FISICAS			% PASA MALLA N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION		AASHTO	SUCS	L.L.	L.P.	I.P.	
0.0 cm									
20 cm									
40 cm									
60 cm									
80 cm									
100 cm	M-01	ARENAS LIMOSAS CON FINOS NO PLASTICOS		A-2-4 (0)	SM	N.P.	N.P.	N.P.	28.75
120 cm									
140 cm									
160 cm									
180 cm									



 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

PERFIL ESTRATIGRAFICO

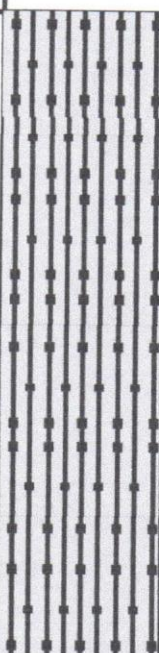
TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 04
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA N° 04									
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		CONSTANTES FISICAS			% PASA MALLA N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION		AASHTO	SUCS	L.L.	L.P.	I.P.	
0.0 cm									
20 cm	M-01	ARENAS LIMOSAS CON FINOS NO PLASTICOS		A-2-4 (0)	SM	N.P.	N.P.	N.P.	27.90
40 cm									
60 cm									
80 cm									
100 cm									
120 cm									
140 cm									
160 cm									
180 cm									


 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

PERFIL ESTRATIGRAFICO

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CALICATA N° 05									
PERFORACION A CIELO ABIERTO	CLASIFICACION		SIMBOLOGIA	CLASIFICACION		CONSTANTES FISICAS			% PASA MALLA N° 200
	MUESTRA	DESCRIPCION		AASHTO	SUCS	L.L.	L.P.	I.P.	
0.0 cm									
20 cm									
40 cm									
60 cm									
80 cm									
100 cm	M-01	ARENAS LIMOSAS CON FINOS NO PLASTICOS		A-2-4 (0)	SM	N.P.	N.P.	N.P.	25.66
120 cm									
140 cm									
160 cm									
180 cm									



LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

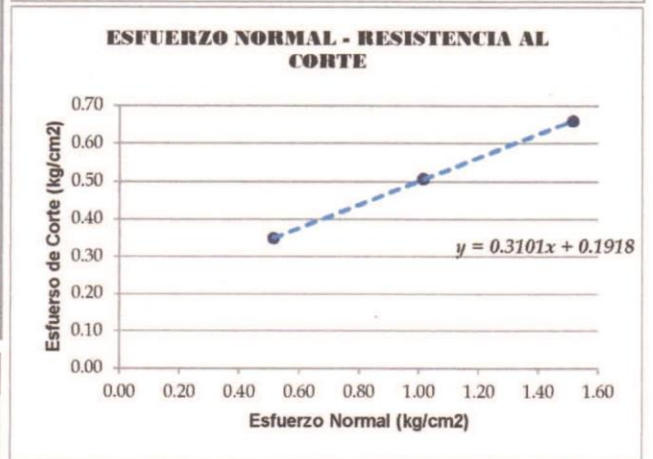
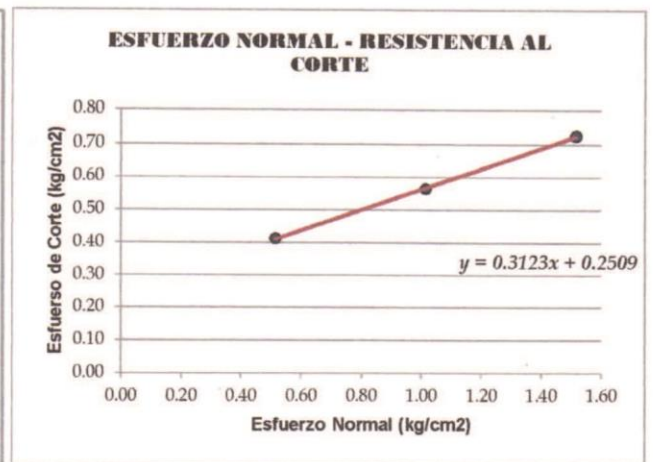
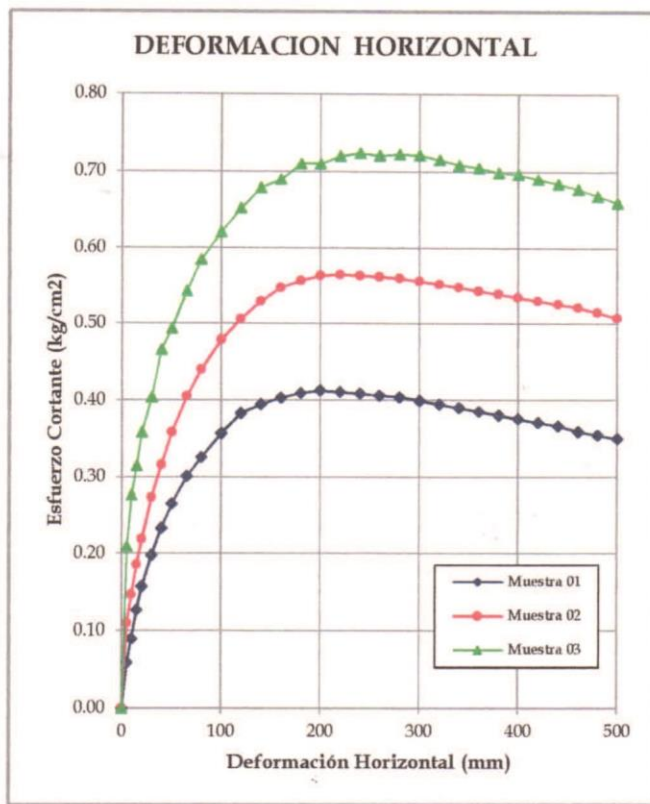
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN (c) : 0.248
 ANGULO DE FRICCIÓN (φ) : 17.34

	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN (c)	0.248	0.193
ANGULO DE FRICCIÓN (φ)	17.34	17.23


 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 01

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 106.70
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.48	Carga Adicionada	(kg.) 18.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	0.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 18.50
Peso	(gr.)	106.70	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.44	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 0.514

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 92.60	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 90.20	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.08%
Contenido de Humedad	2.66%	Clasificación	(SUCS) SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-4.00	-0.0004	21.00	0.06
10.00	0.10	-10.00	-0.0010	32.00	0.09
15.00	0.15	-16.00	-0.0016	45.00	0.13
20.00	0.20	-18.00	-0.0018	56.00	0.16
30.00	0.30	-19.00	-0.0019	71.00	0.20
40.00	0.40	-21.00	-0.0021	84.00	0.23
50.00	0.50	-18.00	-0.0018	96.00	0.27
65.00	0.65	-16.00	-0.0016	110.00	0.30
80.00	0.80	-14.00	-0.0014	120.00	0.33
100.00	1.00	-12.00	-0.0012	133.00	0.36
120.00	1.20	-2.00	-0.0002	144.00	0.38
140.00	1.40	6.00	0.0006	150.00	0.40
160.00	1.60	10.00	0.0010	155.00	0.40
180.00	1.80	16.00	0.0016	159.00	0.41
200.00	2.00	22.00	0.0022	162.00	0.41
220.00	2.20	26.00	0.0026	163.00	0.41
240.00	2.40	30.00	0.0030	164.00	0.41
260.00	2.60	34.00	0.0034	165.00	0.41
280.00	2.80	38.00	0.0038	166.00	0.40
300.00	3.00	42.00	0.0042	166.00	0.40
320.00	3.20	46.00	0.0046	166.00	0.39
340.00	3.40	50.00	0.0050	166.00	0.39
360.00	3.60	55.00	0.0055	166.00	0.39
380.00	3.80	57.00	0.0057	166.00	0.38
400.00	4.00	60.00	0.0060	166.00	0.38
420.00	4.20	63.00	0.0063	166.00	0.37
440.00	4.40	67.00	0.0067	166.00	0.37
460.00	4.60	68.00	0.0068	165.00	0.36
480.00	4.80	68.00	0.0068	165.00	0.36
500.00	5.00	68.00	0.0068	165.00	0.35

LUIS E. QUISPE LIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



Mz. 394 Lote 10 Asoc. 28 de Agosto III Etapa
Ciudad Nueva - Tacna - Perú
Cel. 961684843
analay.roxana@hotmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01 MUESTRA 02

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 106.70
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.48	Carga Adicionada	(kg.) 36.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	1.00
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 36.50
Peso	(gr.)	106.70	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.44	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 1.014

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 94.30	Natural	
P. Suelo Seco + Taca	(gr.) 91.90	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.02%
Contenido de Humedad	2.61%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-8.00	-0.0008	39.00	0.11
10.00	0.10	-10.00	-0.0010	52.00	0.15
15.00	0.15	-14.00	-0.0014	66.00	0.19
20.00	0.20	-18.00	-0.0018	78.00	0.22
30.00	0.30	-22.00	-0.0022	98.00	0.27
40.00	0.40	-24.00	-0.0024	114.00	0.32
50.00	0.50	-27.00	-0.0027	130.00	0.36
65.00	0.65	-22.00	-0.0022	148.00	0.41
80.00	0.80	-17.00	-0.0017	162.00	0.44
100.00	1.00	-13.00	-0.0013	178.00	0.48
120.00	1.20	-10.00	-0.0010	190.00	0.51
140.00	1.40	-6.00	-0.0006	201.00	0.53
160.00	1.60	-4.00	-0.0004	210.00	0.55
180.00	1.80	6.00	0.0006	216.00	0.56
200.00	2.00	9.00	0.0009	221.00	0.56
220.00	2.20	12.00	0.0012	224.00	0.56
240.00	2.40	15.00	0.0015	226.00	0.56
260.00	2.60	18.00	0.0018	228.00	0.56
280.00	2.80	22.00	0.0022	230.00	0.56
300.00	3.00	26.00	0.0026	231.00	0.56
320.00	3.20	28.00	0.0028	232.00	0.55
340.00	3.40	30.00	0.0030	233.00	0.55
360.00	3.60	32.00	0.0032	234.00	0.54
380.00	3.80	34.00	0.0034	235.00	0.54
400.00	4.00	36.00	0.0036	236.00	0.53
420.00	4.20	38.00	0.0038	237.00	0.53
440.00	4.40	40.00	0.0040	238.00	0.53
460.00	4.60	42.00	0.0042	239.00	0.52
480.00	4.80	44.00	0.0044	239.00	0.51
500.00	5.00	46.00	0.0046	239.00	0.51

LUIS E. QUISPE RIVERA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 01 MUESTRA 03

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE		
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.)	503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.)	106.70
Densidad Humeda	(gr/cm ³)	1.48	Carga Adicionada	(kg.)	54.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga		1.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.)	54.50
Peso	(gr.)	106.70	Velocidad de Carga	(mm/min)	0.14
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.44	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²)	1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.)	103.10	Natural
P. Suelo Seco + Tara	(gr.)	100.40	Compactado
P. de Tara	(gr.)	0.00	Humedad Natural
Contenido de Humedad		2.69%	Clasificación (SUCS)
			SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-12.00	-0.0012	74.00	0.21
10.00	0.10	-20.00	-0.0020	98.00	0.28
15.00	0.15	-24.00	-0.0024	112.00	0.31
20.00	0.20	-26.00	-0.0026	128.00	0.36
30.00	0.30	-30.00	-0.0030	145.00	0.40
40.00	0.40	-27.00	-0.0027	168.00	0.47
50.00	0.50	-25.00	-0.0025	179.00	0.49
65.00	0.65	-22.00	-0.0022	198.00	0.54
80.00	0.80	-18.00	-0.0018	215.00	0.58
100.00	1.00	-12.00	-0.0012	231.00	0.62
120.00	1.20	-10.00	-0.0010	245.00	0.65
140.00	1.40	-8.00	-0.0008	258.00	0.68
160.00	1.60	-2.00	-0.0002	265.00	0.69
180.00	1.80	8.00	0.0008	276.00	0.71
200.00	2.00	15.00	0.0015	279.00	0.71
220.00	2.20	18.00	0.0018	286.00	0.72
240.00	2.40	20.00	0.0020	291.00	0.73
260.00	2.60	24.00	0.0024	293.00	0.72
280.00	2.80	28.00	0.0028	297.00	0.72
300.00	3.00	30.00	0.0030	300.00	0.72
320.00	3.20	32.00	0.0032	301.00	0.72
340.00	3.40	34.00	0.0034	302.00	0.71
360.00	3.60	36.00	0.0036	304.00	0.71
380.00	3.80	38.00	0.0038	305.00	0.70
400.00	4.00	38.00	0.0038	308.00	0.70
420.00	4.20	38.00	0.0038	309.00	0.69
440.00	4.40	38.00	0.0038	310.00	0.68
460.00	4.60	38.00	0.0038	311.00	0.68
480.00	4.80	38.00	0.0038	311.00	0.67
500.00	5.00	38.00	0.0038	311.00	0.66


LUIS ENRIQUE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860

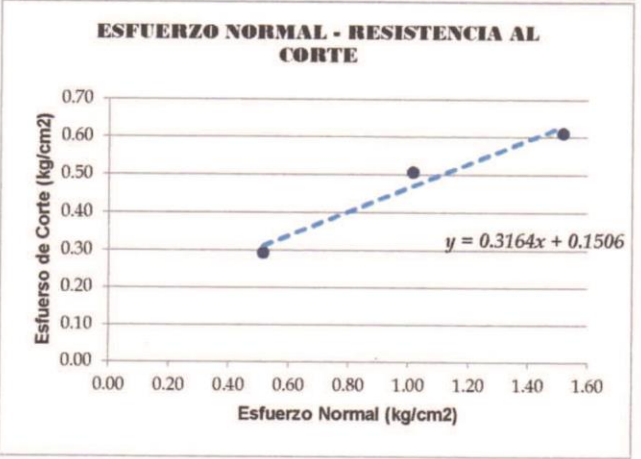
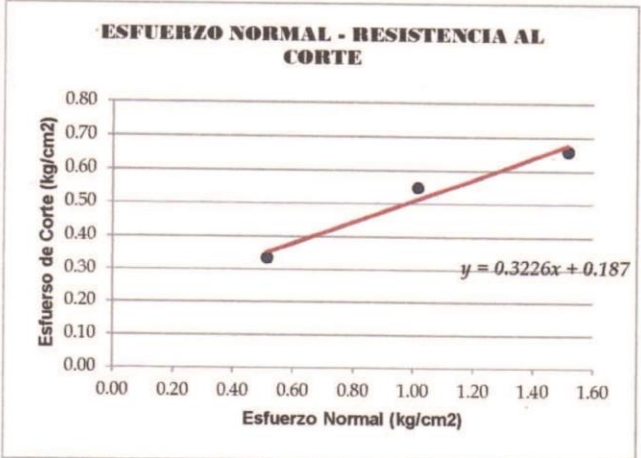
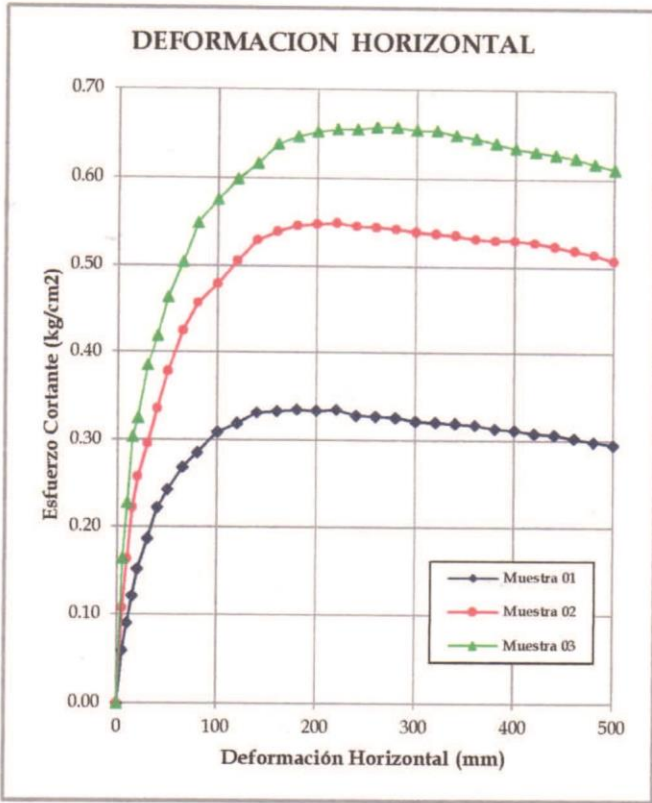


ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN (C)	0.222	0.187
ANGULO DE FRICCIÓN (φ)	17.71	17.38


 LUXE. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 01

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 109.51
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.52	Carga Adicionada	(kg.) 18.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	0.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 18.50
Peso	(gr.)	109.51	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.48	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 0.514

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 108.20	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 105.20	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.33%
Contenido de Humedad	2.85%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-5.00	-0.0005	21.00	0.06
10.00	0.10	-7.00	-0.0007	32.00	0.09
15.00	0.15	-9.00	-0.0009	43.00	0.12
20.00	0.20	-11.00	-0.0011	54.00	0.15
30.00	0.30	-10.50	-0.0011	67.00	0.19
40.00	0.40	-10.50	-0.0011	80.00	0.22
50.00	0.50	-10.50	-0.0011	88.00	0.24
65.00	0.65	-6.00	-0.0006	98.00	0.27
80.00	0.80	-5.00	-0.0005	105.00	0.29
100.00	1.00	6.00	0.0006	115.00	0.31
120.00	1.20	17.00	0.0017	120.00	0.32
140.00	1.40	26.00	0.0026	126.00	0.33
160.00	1.60	36.00	0.0036	128.00	0.33
180.00	1.80	45.00	0.0045	130.00	0.33
200.00	2.00	51.00	0.0051	131.00	0.33
220.00	2.20	58.00	0.0058	133.00	0.34
240.00	2.40	64.00	0.0064	132.00	0.33
260.00	2.60	68.00	0.0068	133.00	0.33
280.00	2.80	73.00	0.0073	134.00	0.33
300.00	3.00	73.00	0.0073	134.00	0.32
320.00	3.20	73.00	0.0073	135.00	0.32
340.00	3.40	73.00	0.0073	136.00	0.32
360.00	3.60	73.00	0.0073	137.00	0.32
380.00	3.80	73.00	0.0073	137.00	0.31
400.00	4.00	73.00	0.0073	138.00	0.31
420.00	4.20	73.00	0.0073	138.00	0.31
440.00	4.40	73.00	0.0073	139.00	0.31
460.00	4.60	73.00	0.0073	139.00	0.30
480.00	4.80	73.00	0.0073	139.00	0.30
500.00	5.00	73.00	0.0073	139.00	0.30

LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



Mz. 394 Lote 10 Asoc. 28 de Agosto III Etapa
Ciudad Nueva - Tacna - Perú
Cel. 961684843
analay_roxana@hotmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02


FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 02

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 109.51
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.52	Carga Adicionada	(kg.) 36.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	1.00
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 36.50
Peso	(gr.)	109.51	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.48	Esfuerzo Normal	(kg/cm²) 1.014

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 98.20	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 95.50	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.32%
Contenido de Humedad	2.83%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-5.00	-0.0005	38.00	0.11
10.00	0.10	-9.00	-0.0009	58.00	0.16
15.00	0.15	-11.00	-0.0011	79.00	0.22
20.00	0.20	-15.00	-0.0015	92.00	0.26
30.00	0.30	-20.00	-0.0020	106.00	0.30
40.00	0.40	-18.00	-0.0018	121.00	0.34
50.00	0.50	-20.00	-0.0020	137.00	0.38
65.00	0.65	-24.00	-0.0024	155.00	0.42
80.00	0.80	-25.00	-0.0025	168.00	0.46
100.00	1.00	-24.00	-0.0024	178.00	0.48
120.00	1.20	-19.00	-0.0019	190.00	0.51
140.00	1.40	-16.00	-0.0016	201.00	0.53
160.00	1.60	-12.00	-0.0012	207.00	0.54
180.00	1.80	-8.00	-0.0008	212.00	0.55
200.00	2.00	-2.00	-0.0002	215.00	0.55
220.00	2.20	5.00	0.0005	218.00	0.55
240.00	2.40	10.00	0.0010	219.00	0.55
260.00	2.60	18.00	0.0018	221.00	0.54
280.00	2.80	25.00	0.0025	223.00	0.54
300.00	3.00	30.00	0.0030	224.00	0.54
320.00	3.20	35.00	0.0035	226.00	0.54
340.00	3.40	41.00	0.0041	228.00	0.54
360.00	3.60	48.50	0.0049	229.00	0.53
380.00	3.80	51.50	0.0052	231.00	0.53
400.00	4.00	59.00	0.0059	234.00	0.53
420.00	4.20	63.00	0.0063	236.00	0.53
440.00	4.40	63.00	0.0063	237.00	0.52
460.00	4.60	68.00	0.0068	238.00	0.52
480.00	4.80	68.00	0.0068	239.00	0.51
500.00	5.00	68.00	0.0068	239.00	0.51


 LUIS QUIPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 02


FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 03

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE		
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.)	503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.)	109.51
Densidad Humeda	(gr/cm ³)	1.52	Carga Adicionada	(kg.)	54.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga		1.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.)	54.50
Peso	(gr.)	109.51	Velocidad de Carga	(mm/min)	0.14
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.48	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²)	1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.)	91.80	Natural	
P. Suelo Seco + Taca	(gr.)	89.30	Compactado	X
P. de Tara	(gr.)	0.00	Humedad Natural	2.42%
Contenido de Humedad		2.80%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-9.00	-0.0009	58.00	0.16
10.00	0.10	-9.00	-0.0009	81.00	0.23
15.00	0.15	-9.00	-0.0009	108.00	0.30
20.00	0.20	-9.00	-0.0009	116.00	0.33
30.00	0.30	-6.00	-0.0006	138.00	0.38
40.00	0.40	-6.00	-0.0006	151.00	0.42
50.00	0.50	-6.00	-0.0006	168.00	0.46
65.00	0.65	-6.00	-0.0006	184.00	0.50
80.00	0.80	-6.00	-0.0006	202.00	0.55
100.00	1.00	-5.00	-0.0005	214.00	0.58
120.00	1.20	-3.00	-0.0003	225.00	0.60
140.00	1.40	1.00	0.0001	234.00	0.62
160.00	1.60	9.00	0.0009	245.00	0.64
180.00	1.80	12.00	0.0012	251.00	0.65
200.00	2.00	14.00	0.0014	256.00	0.65
220.00	2.20	20.00	0.0020	260.00	0.66
240.00	2.40	26.00	0.0026	263.00	0.66
260.00	2.60	30.00	0.0030	267.00	0.66
280.00	2.80	33.00	0.0033	270.00	0.66
300.00	3.00	39.00	0.0039	272.00	0.65
320.00	3.20	39.00	0.0039	275.00	0.65
340.00	3.40	39.00	0.0039	276.00	0.65
360.00	3.60	39.00	0.0039	278.00	0.65
380.00	3.80	39.00	0.0039	279.00	0.64
400.00	4.00	39.00	0.0039	280.00	0.63
420.00	4.20	39.00	0.0039	282.00	0.63
440.00	4.40	39.00	0.0039	284.00	0.63
460.00	4.60	39.00	0.0039	286.00	0.62
480.00	4.80	39.00	0.0039	287.00	0.62
500.00	5.00	39.00	0.0039	288.00	0.61


 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

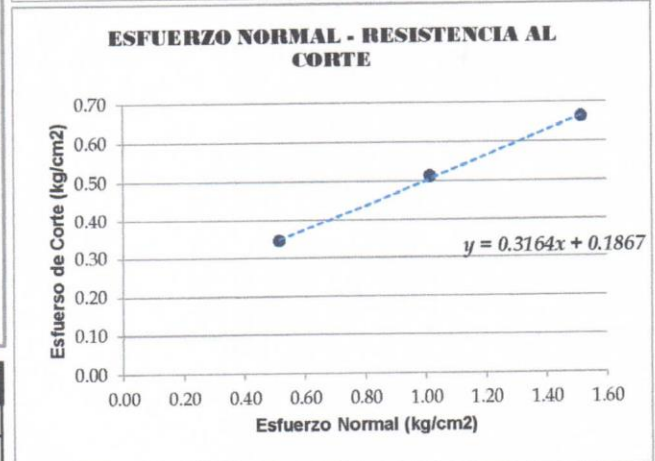
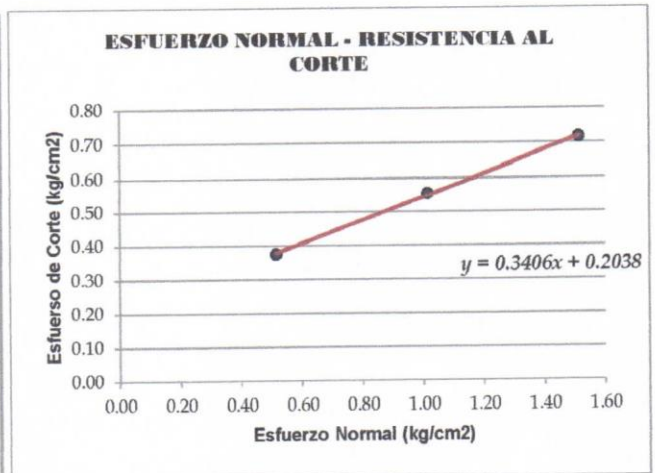
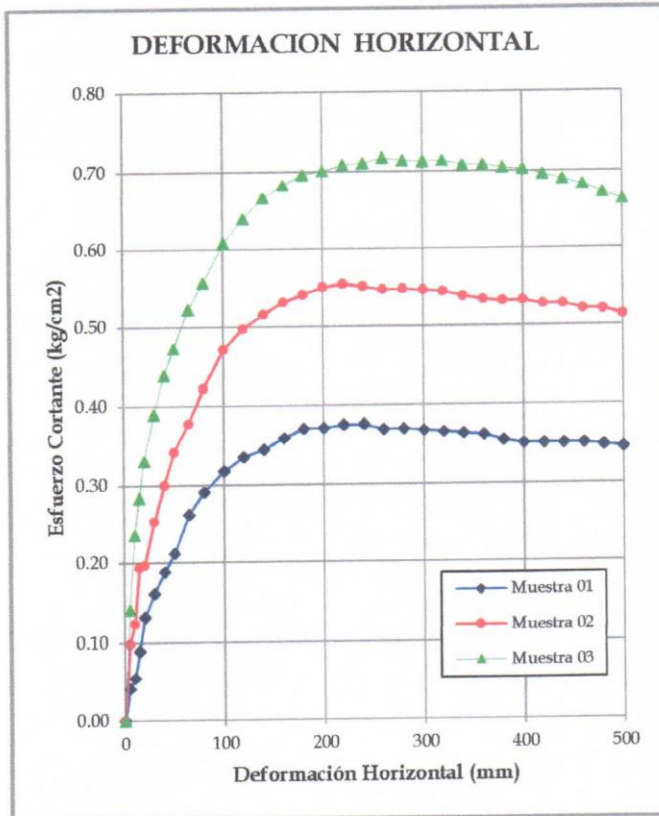


Mz. 394 Lote 10 Asoc. 28 de Agosto III Etapa
 Ciudad Nueva - Tacna - Perú
 Cel. 961684843
 analy_roxana@hotmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN (C)
ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ)

	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN (C)	0.209	0.193
ANGULO DE FRICCIÓN (ϕ)	18.81	17.55

LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 01

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 110.74
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.54	Carga Adicionada	(kg.) 18.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	0.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 18.50
Peso	(gr.)	110.74	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.48	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 0.514

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 101.50	Natural	
P. Suelo Seco + Taca	(gr.) 97.90	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	3.12%
Contenido de Humedad	3.68%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-5.00	-0.0005	15.00	0.04
10.00	0.10	-11.00	-0.0011	20.00	0.06
15.00	0.15	-15.00	-0.0015	32.00	0.09
20.00	0.20	-16.00	-0.0016	47.00	0.13
30.00	0.30	-18.00	-0.0018	58.00	0.16
40.00	0.40	-16.00	-0.0016	68.00	0.19
50.00	0.50	-12.00	-0.0012	77.00	0.21
65.00	0.65	-8.00	-0.0008	96.00	0.26
80.00	0.80	-4.00	-0.0004	107.00	0.29
100.00	1.00	2.00	0.0002	118.00	0.32
120.00	1.20	8.00	0.0008	126.00	0.34
140.00	1.40	12.00	0.0012	131.00	0.34
160.00	1.60	15.00	0.0015	138.00	0.36
180.00	1.80	22.00	0.0022	144.00	0.37
200.00	2.00	34.00	0.0034	146.00	0.37
220.00	2.20	44.00	0.0044	149.00	0.38
240.00	2.40	50.00	0.0050	151.00	0.38
260.00	2.60	54.00	0.0054	150.00	0.37
280.00	2.80	58.00	0.0058	152.00	0.37
300.00	3.00	62.00	0.0062	153.00	0.37
320.00	3.20	68.00	0.0068	154.00	0.37
340.00	3.40	70.00	0.0070	155.00	0.36
360.00	3.60	72.00	0.0072	156.00	0.36
380.00	3.80	73.00	0.0073	155.00	0.36
400.00	4.00	74.00	0.0074	155.00	0.35
420.00	4.20	74.00	0.0074	157.00	0.35
440.00	4.40	76.00	0.0076	159.00	0.35
460.00	4.60	76.00	0.0076	161.00	0.35
480.00	4.80	76.00	0.0076	162.00	0.35
500.00	5.00	76.00	0.0076	163.00	0.35


 LUIS E. QUIROZ JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860





ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 02

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 110.74
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.54	Carga Adicionada	(kg.) 36.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	1.00
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 36.50
Peso	(gr.)	110.74	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.48	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 1.014

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 122.50	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 118.20	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	3.12%
Contenido de Humedad	3.64%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-12.00	-0.0012	35.00	0.10
10.00	0.10	-14.00	-0.0014	44.00	0.12
15.00	0.15	-20.00	-0.0020	69.00	0.19
20.00	0.20	-22.00	-0.0022	70.00	0.20
30.00	0.30	-25.00	-0.0025	91.00	0.25
40.00	0.40	-28.00	-0.0028	108.00	0.30
50.00	0.50	-32.00	-0.0032	124.00	0.34
65.00	0.65	-28.00	-0.0028	138.00	0.38
80.00	0.80	-20.00	-0.0020	155.00	0.42
100.00	1.00	-18.00	-0.0018	175.00	0.47
120.00	1.20	-16.00	-0.0016	187.00	0.50
140.00	1.40	-12.00	-0.0012	196.00	0.52
160.00	1.60	-8.00	-0.0008	204.00	0.53
180.00	1.80	-6.00	-0.0006	210.00	0.54
200.00	2.00	6.00	0.0006	216.00	0.55
220.00	2.20	10.00	0.0010	220.00	0.55
240.00	2.40	16.00	0.0016	221.00	0.55
260.00	2.60	22.00	0.0022	222.00	0.55
280.00	2.80	26.00	0.0026	225.00	0.55
300.00	3.00	30.00	0.0030	227.00	0.55
320.00	3.20	34.00	0.0034	229.00	0.54
340.00	3.40	36.00	0.0036	229.00	0.54
360.00	3.60	40.00	0.0040	230.00	0.53
380.00	3.80	42.00	0.0042	232.00	0.53
400.00	4.00	43.00	0.0043	235.00	0.53
420.00	4.20	44.00	0.0044	236.00	0.53
440.00	4.40	45.00	0.0045	239.00	0.53
460.00	4.60	45.00	0.0045	239.00	0.52
480.00	4.80	45.00	0.0045	242.00	0.52
500.00	5.00	45.00	0.0045	242.00	0.51

LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78360



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 03 MUESTRA 03

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE		
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.)	503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.)	110.74
Densidad Humeda	(gr/cm ³)	1.54	Carga Adicionada	(kg.)	54.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga		1.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.)	54.50
Peso	(gr.)	110.74	Velocidad de Carga	(mm/min)	0.14
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.49	Esfuerzo Normal	(kg/cm²)	1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD			TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.)	102.60	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.)	100.30	Compactado	X
P. de Tara	(gr.)	35.60	Humedad Natural	3.17%
Contenido de Humedad		3.55%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-12.00	-0.0012	50.00	0.14
10.00	0.10	-18.00	-0.0018	84.00	0.24
15.00	0.15	-20.00	-0.0020	101.00	0.28
20.00	0.20	-24.00	-0.0024	118.00	0.33
30.00	0.30	-27.00	-0.0027	140.00	0.39
40.00	0.40	-30.00	-0.0030	158.00	0.44
50.00	0.50	-32.00	-0.0032	171.00	0.47
65.00	0.65	-22.00	-0.0022	191.00	0.52
80.00	0.80	-16.00	-0.0016	205.00	0.56
100.00	1.00	-14.00	-0.0014	226.00	0.61
120.00	1.20	-12.00	-0.0012	240.00	0.64
140.00	1.40	-8.00	-0.0008	253.00	0.67
160.00	1.60	-6.00	-0.0006	262.00	0.68
180.00	1.80	-2.00	-0.0002	270.00	0.70
200.00	2.00	6.00	0.0006	275.00	0.70
220.00	2.20	10.00	0.0010	281.00	0.71
240.00	2.40	14.00	0.0014	285.00	0.71
260.00	2.60	19.00	0.0019	291.00	0.72
280.00	2.80	22.00	0.0022	293.00	0.71
300.00	3.00	28.00	0.0028	296.00	0.71
320.00	3.20	30.00	0.0030	300.00	0.71
340.00	3.40	32.00	0.0032	301.00	0.71
360.00	3.60	33.00	0.0033	305.00	0.71
380.00	3.80	34.00	0.0034	307.00	0.70
400.00	4.00	35.00	0.0035	310.00	0.70
420.00	4.20	35.00	0.0035	311.00	0.70
440.00	4.40	35.00	0.0035	312.00	0.69
460.00	4.60	36.00	0.0036	313.00	0.68
480.00	4.80	36.00	0.0036	312.00	0.67
500.00	5.00	36.00	0.0036	312.00	0.66

LUIS X QUISPE VIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860

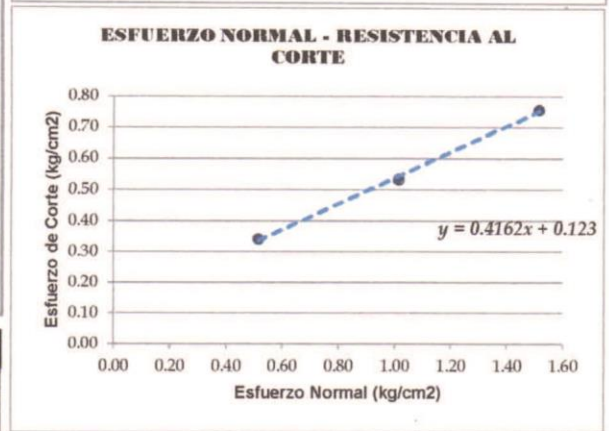
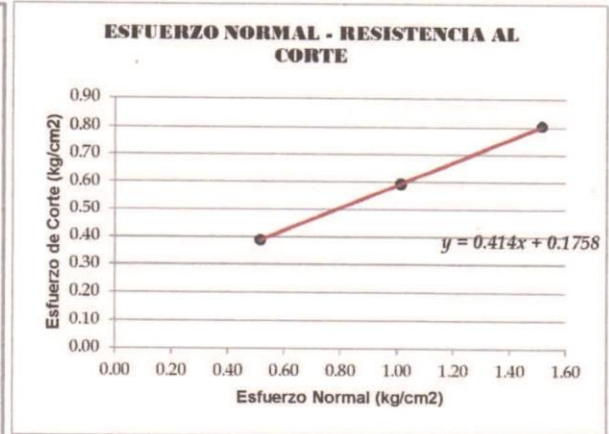
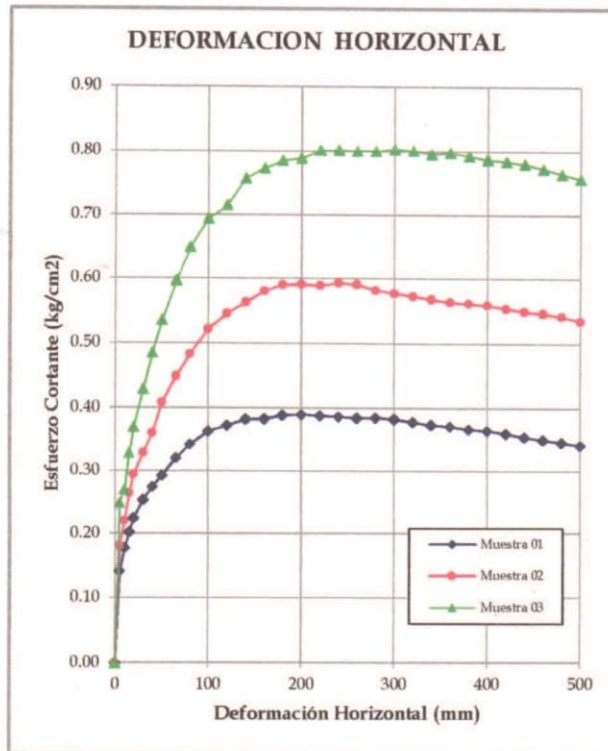


ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
 UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
 SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 04
 FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN (C)
 ANGULO DE FRICCIÓN (φ)

	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN (C)	0.173	0.113
ANGULO DE FRICCIÓN (φ)	22.49	22.58

[Firma]
 LUIS E. QUIRPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 04

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021 MUESTRA 01

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE		
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.)	503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.)	115.06
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.60	Carga Adicionada	(kg.)	18.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga		0.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.)	18.50
Peso	(gr.)	115.06	Velocidad de Carga	(mm/min)	0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.55	Esfuerzo Normal	(kg/cm²)	0.514

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA		
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.)	91.20	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.)	88.30	Compactado	X
P. de Tara	(gr.)	0.00	Humedad Natural	2.80%
Contenido de Humedad		3.28%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-8.00	-0.0008	50.00	0.14
10.00	0.10	-8.00	-0.0008	63.00	0.18
15.00	0.15	-12.00	-0.0012	72.00	0.20
20.00	0.20	-14.00	-0.0014	80.00	0.22
30.00	0.30	-16.00	-0.0016	91.00	0.25
40.00	0.40	-19.00	-0.0019	99.00	0.27
50.00	0.50	-13.00	-0.0013	106.00	0.29
65.00	0.65	-6.00	-0.0006	117.00	0.32
80.00	0.80	5.00	0.0005	126.00	0.34
100.00	1.00	8.00	0.0008	135.00	0.36
120.00	1.20	12.00	0.0012	140.00	0.37
140.00	1.40	17.00	0.0017	145.00	0.38
160.00	1.60	23.00	0.0023	147.00	0.38
180.00	1.80	29.00	0.0029	151.00	0.39
200.00	2.00	33.00	0.0033	153.00	0.39
220.00	2.20	37.00	0.0037	154.00	0.39
240.00	2.40	45.00	0.0045	155.00	0.39
260.00	2.60	48.00	0.0048	156.00	0.38
280.00	2.80	50.00	0.0050	158.00	0.38
300.00	3.00	54.00	0.0054	159.00	0.38
320.00	3.20	56.00	0.0056	159.00	0.38
340.00	3.40	58.00	0.0058	159.00	0.37
360.00	3.60	61.00	0.0061	160.00	0.37
380.00	3.80	63.00	0.0063	160.00	0.37
400.00	4.00	64.00	0.0064	161.00	0.36
420.00	4.20	65.00	0.0065	161.00	0.36
440.00	4.40	66.00	0.0066	161.00	0.36
460.00	4.60	66.00	0.0066	161.00	0.35
480.00	4.80	66.00	0.0066	161.00	0.35
500.00	5.00	66.00	0.0066	161.00	0.34


 LUIS E. ROJAS JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860





ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 04

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 02

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 115.06
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.60	Carga Adicionada	(kg.) 36.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	1.00
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 36.50
Peso	(gr.)	115.06	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.55	Esfuerzo Normal	(kg/cm²) 1.014

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 105.10	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 101.70	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.81%
Contenido de Humedad	3.34%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-5.00	-0.0005	64.00	0.18
10.00	0.10	-10.00	-0.0010	78.00	0.22
15.00	0.15	-15.00	-0.0015	94.00	0.26
20.00	0.20	-16.00	-0.0016	105.00	0.29
30.00	0.30	-18.00	-0.0018	118.00	0.33
40.00	0.40	-20.00	-0.0020	130.00	0.36
50.00	0.50	-21.00	-0.0021	148.00	0.41
65.00	0.65	-15.00	-0.0015	164.00	0.45
80.00	0.80	-10.00	-0.0010	178.00	0.48
100.00	1.00	-2.00	-0.0002	194.00	0.52
120.00	1.20	6.00	0.0006	205.00	0.55
140.00	1.40	10.00	0.0010	214.00	0.56
160.00	1.60	15.00	0.0015	223.00	0.58
180.00	1.80	16.00	0.0016	229.00	0.59
200.00	2.00	18.00	0.0018	232.00	0.59
220.00	2.20	22.00	0.0022	234.00	0.59
240.00	2.40	24.00	0.0024	238.00	0.59
260.00	2.60	28.00	0.0028	240.00	0.59
280.00	2.80	32.00	0.0032	239.00	0.58
300.00	3.00	35.00	0.0035	240.00	0.58
320.00	3.20	38.00	0.0038	241.00	0.57
340.00	3.40	42.00	0.0042	242.00	0.57
360.00	3.60	45.00	0.0045	243.00	0.56
380.00	3.80	47.00	0.0047	245.00	0.56
400.00	4.00	50.00	0.0050	247.00	0.56
420.00	4.20	51.00	0.0051	248.00	0.55
440.00	4.40	52.00	0.0052	249.00	0.55
460.00	4.60	53.00	0.0053	251.00	0.55
480.00	4.80	53.00	0.0053	252.00	0.54
500.00	5.00	53.00	0.0053	252.00	0.54


LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 04 MUESTRA 03

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro (cm.)	6.00		Sobre carga (gr.)	503.50
Altura (cm.)	2.00		Peso de Muestra (gr.)	115.06
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.60		Carga Adicionada (kg.)	54.00
Area (cm ²)	36.00		Relación de Carga	1.50
Volumen (cm ³)	72.00		Carga Normal Total (kg.)	54.50
Peso (gr.)	115.06		Velocidad de Carga (mm/min)	0.14
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.55		Esfuerzo Normal (kg/cm²)	1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara (gr.)	102.70	Natural	
P. Suelo Seco + Tara (gr.)	99.40	Compactado	X
P. de Tara (gr.)	0.00	Humedad Natural	2.77%
Contenido de Humedad	3.32%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-10.00	-0.0010	88.00	0.25
10.00	0.10	-15.00	-0.0015	96.00	0.27
15.00	0.15	-16.00	-0.0016	117.00	0.33
20.00	0.20	-20.00	-0.0020	132.00	0.37
30.00	0.30	-20.00	-0.0020	154.00	0.43
40.00	0.40	-20.00	-0.0020	175.00	0.49
50.00	0.50	-15.00	-0.0015	194.00	0.54
65.00	0.65	-13.00	-0.0013	218.00	0.60
80.00	0.80	-8.00	-0.0008	239.00	0.65
100.00	1.00	-4.00	-0.0004	258.00	0.69
120.00	1.20	5.00	0.0005	269.00	0.72
140.00	1.40	10.00	0.0010	288.00	0.76
160.00	1.60	15.00	0.0015	297.00	0.77
180.00	1.80	19.00	0.0019	305.00	0.79
200.00	2.00	22.00	0.0022	310.00	0.79
220.00	2.20	25.00	0.0025	318.00	0.80
240.00	2.40	26.00	0.0026	322.00	0.80
260.00	2.60	27.00	0.0027	325.00	0.80
280.00	2.80	29.00	0.0029	329.00	0.80
300.00	3.00	30.00	0.0030	334.00	0.80
320.00	3.20	32.00	0.0032	337.00	0.80
340.00	3.40	34.00	0.0034	339.00	0.80
360.00	3.60	35.00	0.0035	344.00	0.80
380.00	3.80	36.00	0.0036	346.00	0.79
400.00	4.00	36.00	0.0036	348.00	0.79
420.00	4.20	37.00	0.0037	351.00	0.79
440.00	4.40	37.00	0.0037	354.00	0.78
460.00	4.60	37.00	0.0037	355.00	0.77
480.00	4.80	37.00	0.0037	356.00	0.77
500.00	5.00	37.00	0.0037	357.00	0.76


LUIS E. QUISPE JIMENEZ
INGENIERO CIVIL
CIP N° 78860

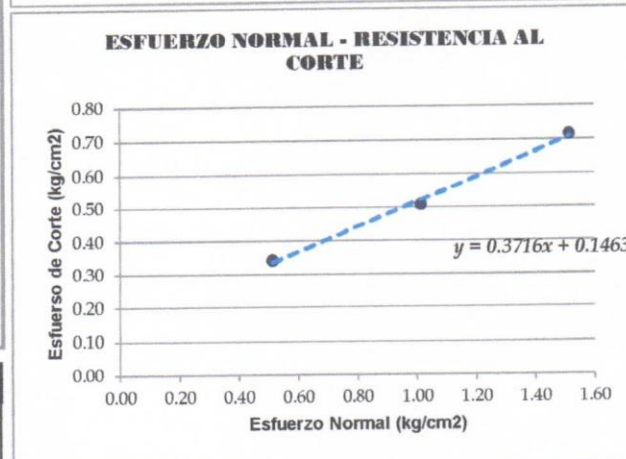
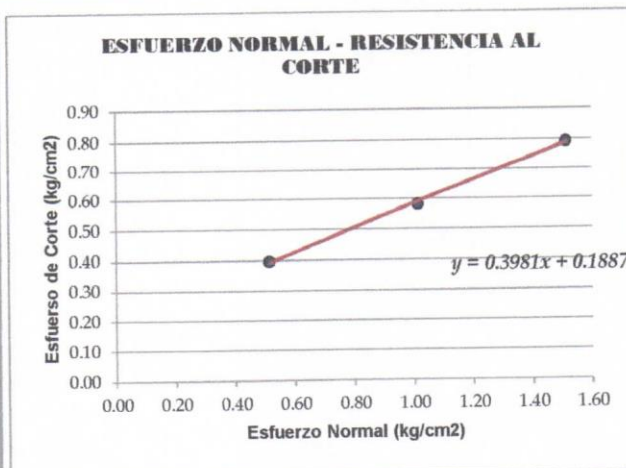
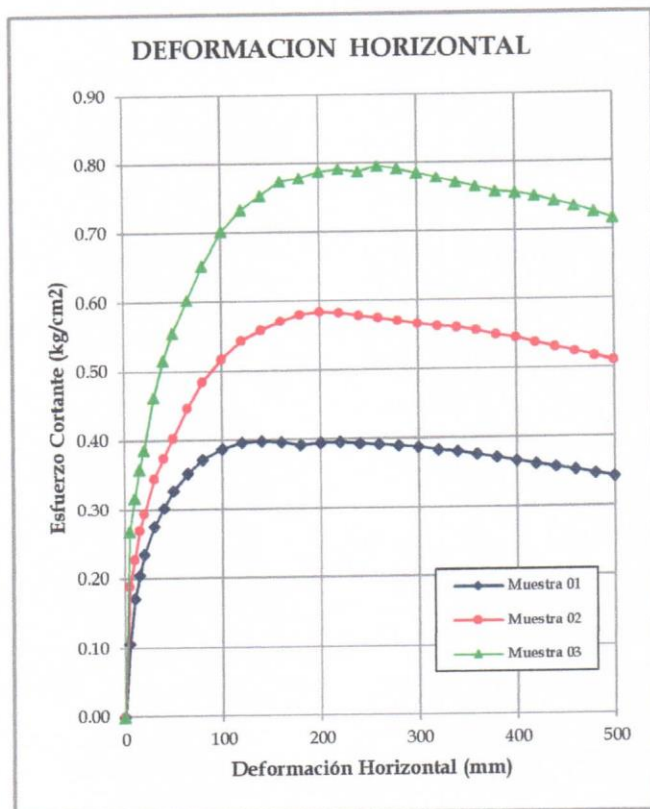


ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
 UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
 SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
 MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05
 FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

GRAFICO DE CORTE DIRECTO



COHESIÓN (c)
 ANGULO DE FRICCIÓN (φ)

	MAXIMO	RESIDUAL
COHESIÓN (c)	0.180	0.133
ANGULO DE FRICCIÓN (φ)	21.69	20.36

[Firma]
 LUIS E. QUISE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 01

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 113.40
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.58	Carga Adicionada	(kg.) 18.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	0.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 18.50
Peso	(gr.)	113.40	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 0.514

CONTENIDO DE HUMEDAD FINAL		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 108.50	Natural	
P. Suelo Seco + Taca	(gr.) 105.50	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.52%
Contenido de Humedad	2.84%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-4.00	-0.0004	38.00	0.11
10.00	0.10	-6.00	-0.0006	61.00	0.17
15.00	0.15	-12.00	-0.0012	73.00	0.21
20.00	0.20	-15.00	-0.0015	84.00	0.24
30.00	0.30	-16.00	-0.0016	99.00	0.28
40.00	0.40	-10.00	-0.0010	109.00	0.30
50.00	0.50	-5.00	-0.0005	119.00	0.33
65.00	0.65	5.00	0.0005	129.00	0.35
80.00	0.80	12.00	0.0012	137.00	0.37
100.00	1.00	18.00	0.0018	144.00	0.39
120.00	1.20	25.00	0.0025	149.00	0.40
140.00	1.40	30.00	0.0030	151.00	0.40
160.00	1.60	35.00	0.0035	152.00	0.40
180.00	1.80	39.00	0.0039	152.00	0.39
200.00	2.00	46.00	0.0046	155.00	0.40
220.00	2.20	50.00	0.0050	157.00	0.40
240.00	2.40	56.00	0.0056	158.00	0.39
260.00	2.60	60.00	0.0060	159.00	0.39
280.00	2.80	68.00	0.0068	160.00	0.39
300.00	3.00	74.00	0.0074	161.00	0.39
320.00	3.20	78.00	0.0078	161.00	0.38
340.00	3.40	82.00	0.0082	162.00	0.38
360.00	3.60	84.00	0.0084	162.00	0.38
380.00	3.80	86.00	0.0086	162.00	0.37
400.00	4.00	87.00	0.0087	162.00	0.37
420.00	4.20	87.00	0.0087	162.00	0.36
440.00	4.40	87.00	0.0087	162.00	0.36
460.00	4.60	87.00	0.0087	162.00	0.35
480.00	4.80	87.00	0.0087	162.00	0.35
500.00	5.00	87.00	0.0087	162.00	0.34


 LUIS E. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



Mz. 394 Lote 10 Asoc. 28 de Agosto III Etapa
 Ciudad Nueva - Tacna - Perú
 Cel. 961684843
 analy_roxana@hotmail.com

ENSAYO DE CORTE DIRECTO

(ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA

UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA

SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA

MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05

FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021

MUESTRA 02

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 113.40
Densidad Natural	(gr/cm ³)	1.58	Carga Adicionada	(kg.) 36.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	1.00
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 36.50
Peso	(gr.)	113.40	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.138
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm ²) 1.014

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 105.20	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 102.30	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.47%
Contenido de Humedad	2.83%	Clasificación (SUCS)	SM

DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-7.00	-0.0007	67.00	0.19
10.00	0.10	-10.00	-0.0010	81.00	0.23
15.00	0.15	-12.00	-0.0012	96.00	0.27
20.00	0.20	-16.00	-0.0016	105.00	0.29
30.00	0.30	-20.00	-0.0020	124.00	0.35
40.00	0.40	-13.00	-0.0013	135.00	0.37
50.00	0.50	-7.00	-0.0007	146.00	0.40
65.00	0.65	-4.00	-0.0004	163.00	0.45
80.00	0.80	5.00	0.0005	178.00	0.48
100.00	1.00	10.00	0.0010	192.00	0.52
120.00	1.20	14.00	0.0014	204.00	0.54
140.00	1.40	16.00	0.0016	212.00	0.56
160.00	1.60	20.00	0.0020	219.00	0.57
180.00	1.80	25.00	0.0025	225.00	0.58
200.00	2.00	28.00	0.0028	229.00	0.58
220.00	2.20	32.00	0.0032	231.00	0.58
240.00	2.40	39.00	0.0039	232.00	0.58
260.00	2.60	42.00	0.0042	233.00	0.57
280.00	2.80	48.00	0.0048	234.00	0.57
300.00	3.00	52.00	0.0052	235.00	0.57
320.00	3.20	55.00	0.0055	236.00	0.56
340.00	3.40	57.00	0.0057	238.00	0.56
360.00	3.60	59.00	0.0059	239.00	0.55
380.00	3.80	61.00	0.0061	239.00	0.55
400.00	4.00	63.00	0.0063	240.00	0.54
420.00	4.20	63.00	0.0063	240.00	0.54
440.00	4.40	63.00	0.0063	240.00	0.53
460.00	4.60	63.00	0.0063	240.00	0.52
480.00	4.80	63.00	0.0063	240.00	0.52
500.00	5.00	63.00	0.0063	240.00	0.51


 LUIS A. QUISPE JIMENEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



ENSAYO DE CORTE DIRECTO (ASTM - D3080)

TESIS : IDENTIFICACION DE ZONAS VULNERABLES MEDIANTE EL MODELAMIENTO HIDRAULICO EN EL CAUCE DE LA QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA DE TACNA
UBICACIÓN : QUEBRADA DEL DIABLO, PROVINCIA Y DEPARTAMENTO DE TACNA
SOLICITA : LUIS CARLOS JUCULACA INCACUTIPA
MUESTRA : SUELO DE FUNDACIÓN CALICATA N° 05
FECHA : TACNA , 10 DE FEBRERO DEL 2021 MUESTRA 03

CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA			DATOS DE CORTE	
Diametro	(cm.)	6.00	Sobre carga	(gr.) 503.50
Altura	(cm.)	2.00	Peso de Muestra	(gr.) 113.40
Densidad Humeda	(gr/cm ³)	1.58	Carga Adicionada	(kg.) 54.00
Area	(cm ²)	36.00	Relación de Carga	1.50
Volumen	(cm ³)	72.00	Carga Normal Total	(kg.) 54.50
Peso	(gr.)	113.40	Velocidad de Carga	(mm/min) 0.14
Densidad Seca	(gr/cm ³)	1.53	Esfuerzo Normal	(kg/cm²) 1.51

CONTENIDO DE HUMEDAD		TIPO DE MUESTRA	
P. Suelo Humedo + Tara	(gr.) 101.70	Natural	
P. Suelo Seco + Tara	(gr.) 98.80	Compactado	X
P. de Tara	(gr.) 0.00	Humedad Natural	2.54%
Contenido de Humedad	2.94%	Clasificación (SUCS)	SM

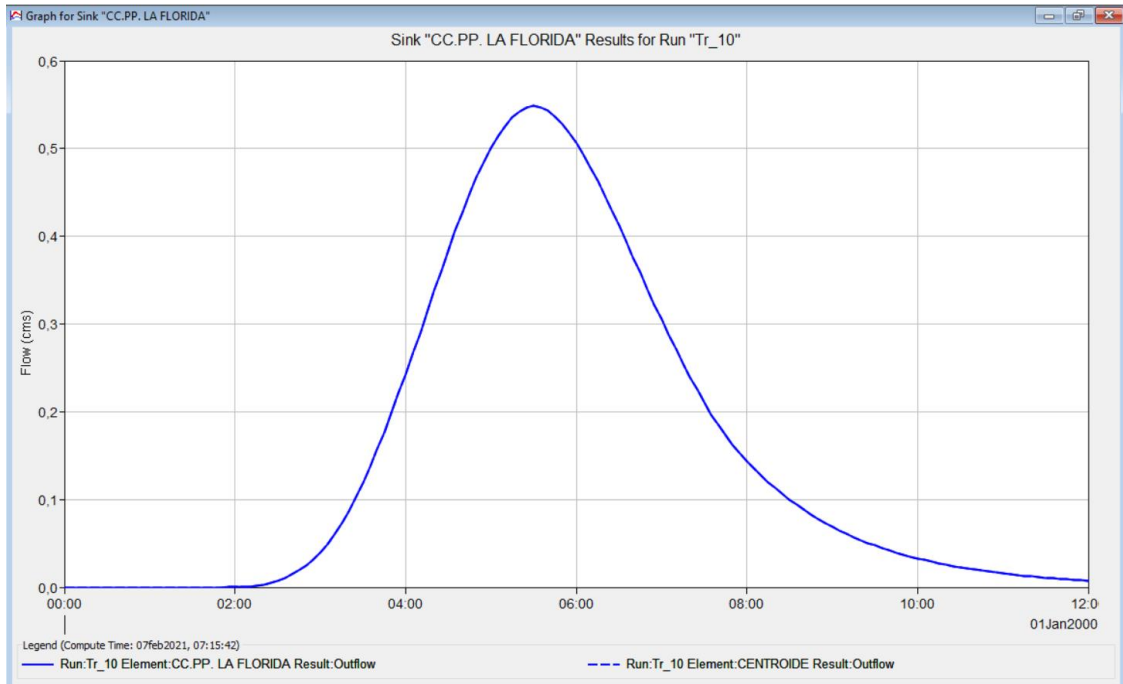
DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL		DEFORMACION VERTICAL		FUERZA CORTANTE (N)	ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)
DIAL	mm	DIAL	mm		
0.00	0.00	0.00	0.0000	0.00	0.00
5.00	0.05	-8.00	-0.0008	95.00	0.27
10.00	0.10	-12.00	-0.0012	113.00	0.32
15.00	0.15	-18.00	-0.0018	128.00	0.36
20.00	0.20	-22.00	-0.0022	138.00	0.39
30.00	0.30	-24.00	-0.0024	166.00	0.46
40.00	0.40	-26.00	-0.0026	186.00	0.52
50.00	0.50	-22.00	-0.0022	201.00	0.55
65.00	0.65	-18.00	-0.0018	220.00	0.60
80.00	0.80	-16.00	-0.0016	240.00	0.65
100.00	1.00	-10.00	-0.0010	261.00	0.70
120.00	1.20	-6.00	-0.0006	275.00	0.73
140.00	1.40	12.00	0.0012	286.00	0.75
160.00	1.60	18.00	0.0018	297.00	0.77
180.00	1.80	22.00	0.0022	302.00	0.78
200.00	2.00	26.00	0.0026	309.00	0.79
220.00	2.20	30.00	0.0030	314.00	0.79
240.00	2.40	32.00	0.0032	316.00	0.79
260.00	2.60	34.00	0.0034	323.00	0.80
280.00	2.80	36.00	0.0036	325.00	0.79
300.00	3.00	38.00	0.0038	326.00	0.78
320.00	3.20	40.00	0.0040	327.00	0.78
340.00	3.40	42.00	0.0042	328.00	0.77
360.00	3.60	44.00	0.0044	329.00	0.76
380.00	3.80	46.00	0.0046	330.00	0.76
400.00	4.00	48.00	0.0048	333.00	0.75
420.00	4.20	50.00	0.0050	335.00	0.75
440.00	4.40	50.00	0.0050	336.00	0.74
460.00	4.60	50.00	0.0050	337.00	0.73
480.00	4.80	50.00	0.0050	337.00	0.73
500.00	5.00	50.00	0.0050	337.00	0.72


 LUIS E. QUIPE JIMÉNEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 78860



Anexo 5. Resultados de Simulación Hidráulica HEC HMS

Gráfico N° 1 Resultado Simulación Hidrológica Tr 10 años



Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"

Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_10
Sink: CC.PP. LA FLORIDA

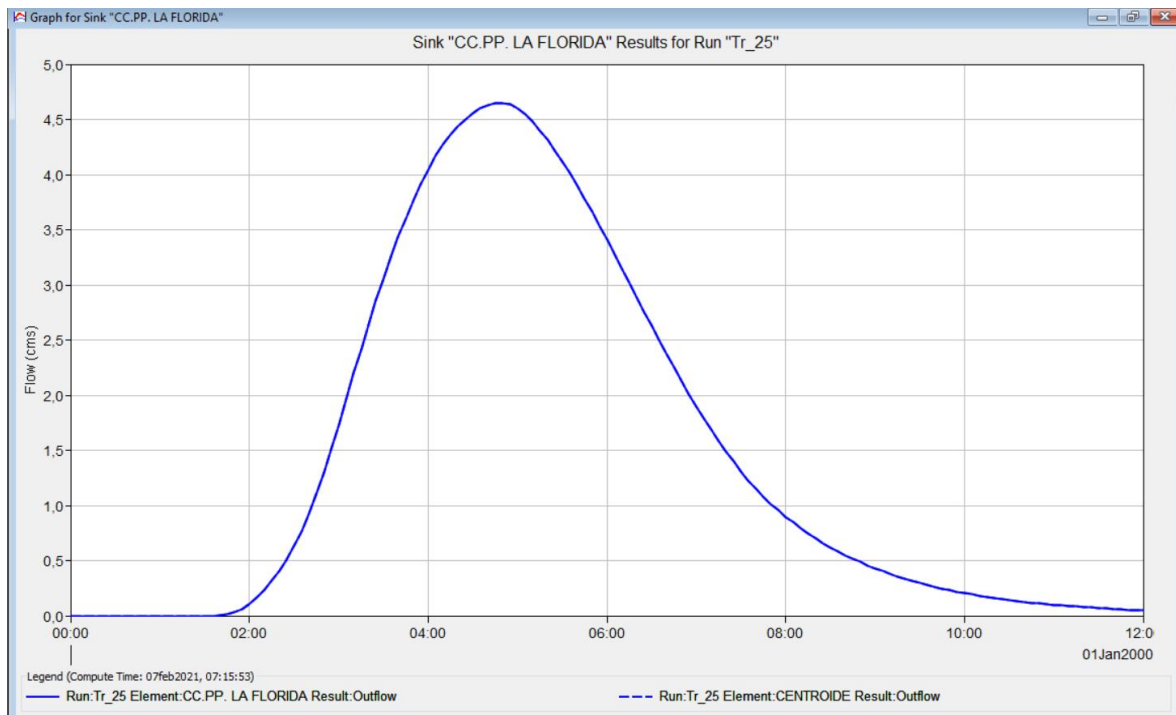
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00 Meteorologic Model: Tr_10
Compute Time: 07feb2021, 07:15:42 Control Specifications: Especificaciones_Control

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

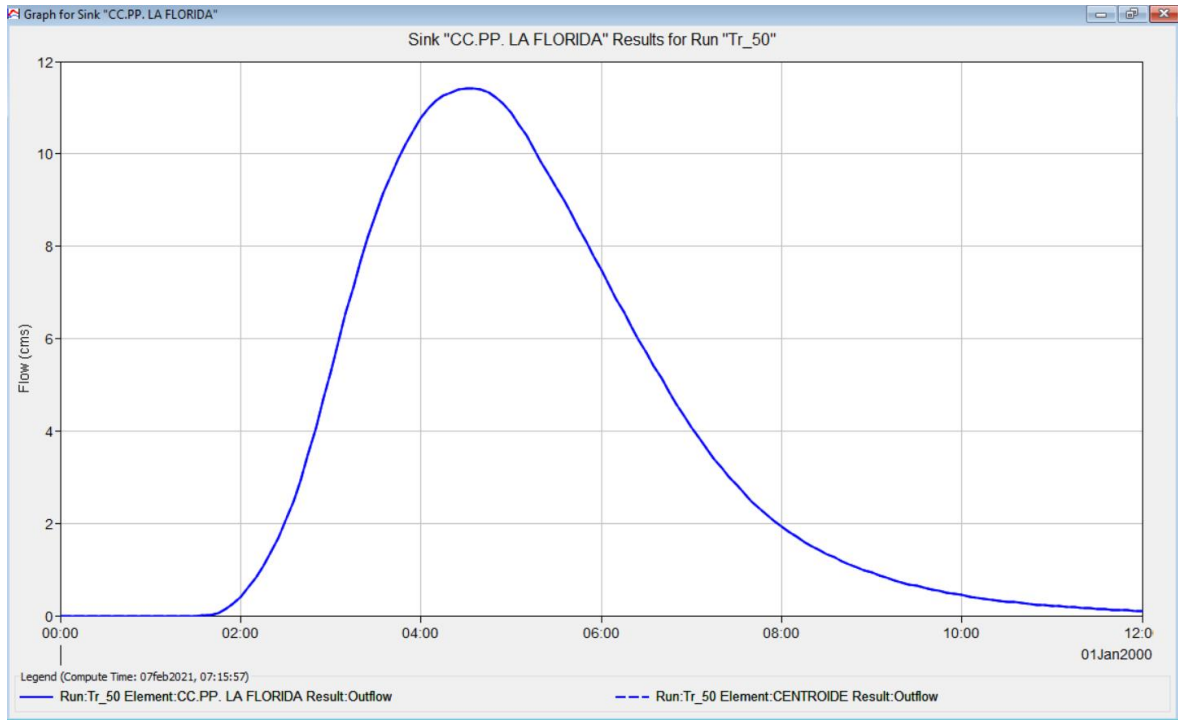
Peak Discharge: 0.55 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 05:30
Volume: 0.12 (MM)

Gráfico N° ¡Error! No hay texto con el estilo especificado en el documento. Resultado Simulación
Hidrológica Tr 25 años



Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"	
Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_25	
Sink: CC.PP. LA FLORIDA	
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00	Meteorologic Model: Tr_25
Compute Time:07feb2021, 07:15:53	Control Specifications:Especificaciones_Control
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge:4.65 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge01ene2000, 04:50
Volume: 1.11 (MM)	

Gráfico N° 3 Resultado Simulación Hidrológica Tr 50 años



Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"

Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_50
Sink: CC.PP. LA FLORIDA

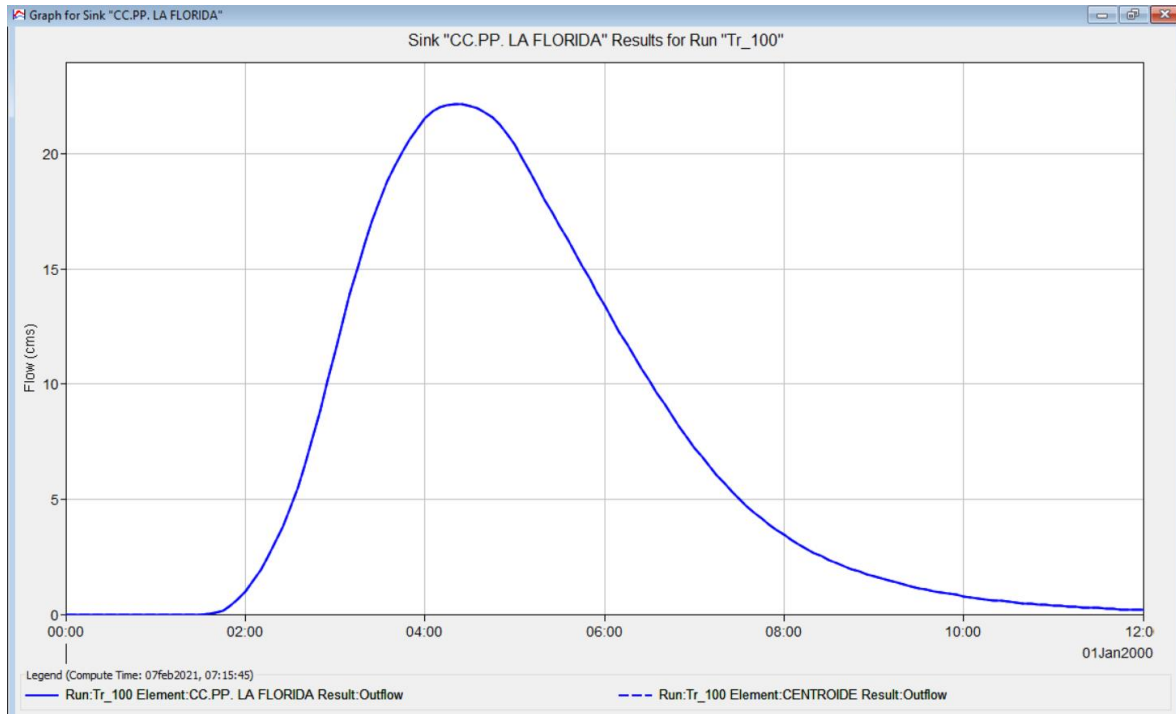
Start of Run: 01ene2000, 00:00 Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00 Meteorologic Model: Tr_50
Compute Time: 07feb2021, 07:15:57 Control Specifications: Especificaciones_Control

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

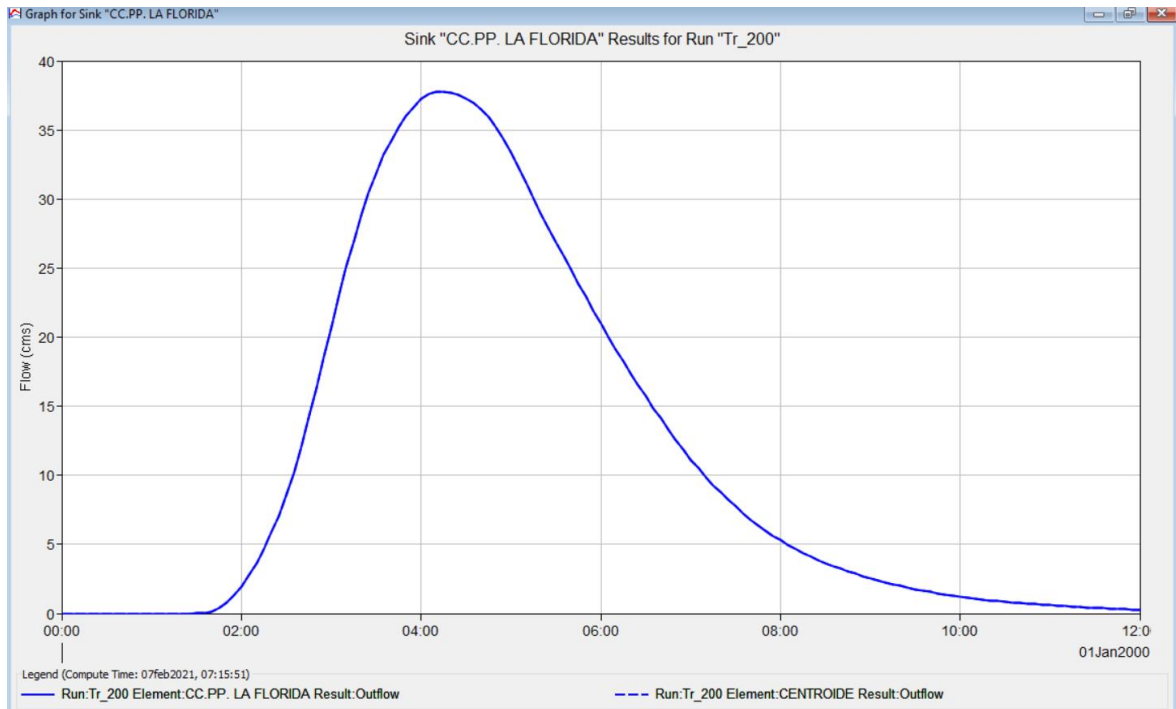
Peak Discharge: 11.42 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ene2000, 04:35
Volume: 2.70 (MM)

Gráfico N° 4 Resultado Simulación Hidrológica Tr 100 años



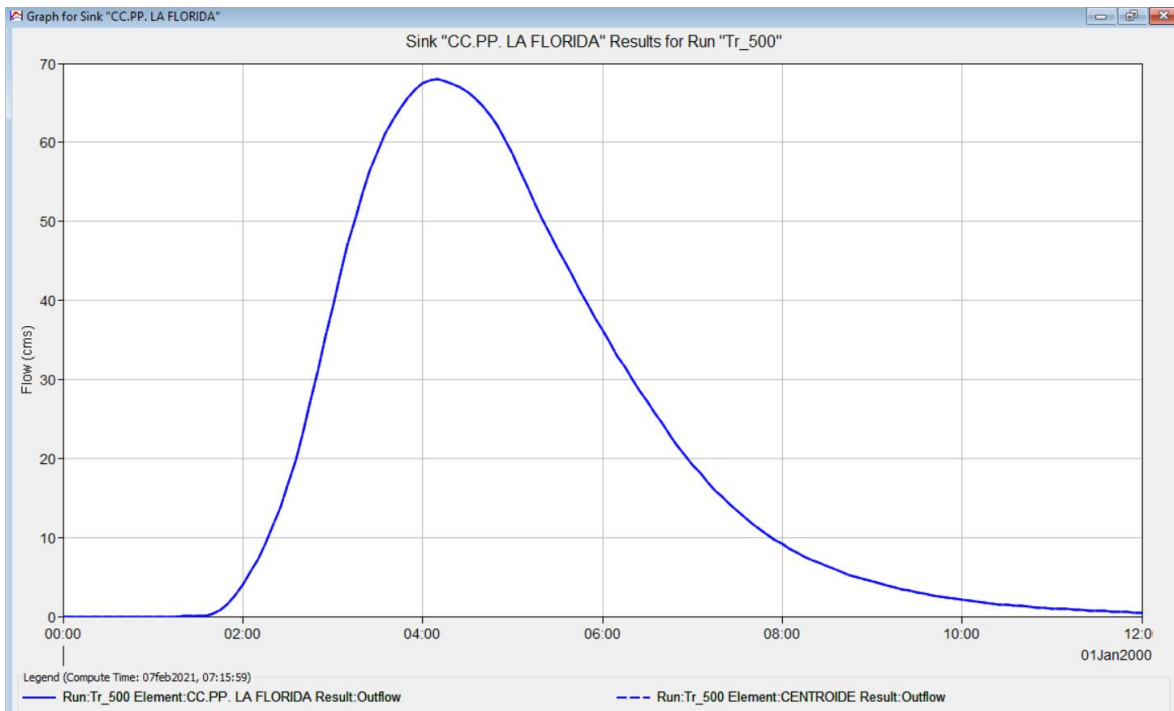
Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"	
Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_100	
Sink: CC.PP. LA FLORIDA	
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00	Meteorologic Model: Tr_100
Compute Time:07feb2021, 07:15:45	Control Specifications:Especificaciones_Control
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge:22.16 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:01ene2000, 04:20
Volume: 5.17 (MM)	

Gráfico N° 5 Resultado Simulación Hidrológica Tr 200 años



Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"	
Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_200	
Sink: CC.PP. LA FLORIDA	
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00	Meteorologic Model: Tr_200
Compute Time:07feb2021, 07:15:51	Control Specifications:Especificaciones_Control
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge:37.78 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge01ene2000, 04:10
Volume: 8.59 (MM)	

Gráfico N° 6 Resultado Simulación Hidrológica Tr 500 años



Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"

Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_500
Sink: CC.PP. LA FLORIDA

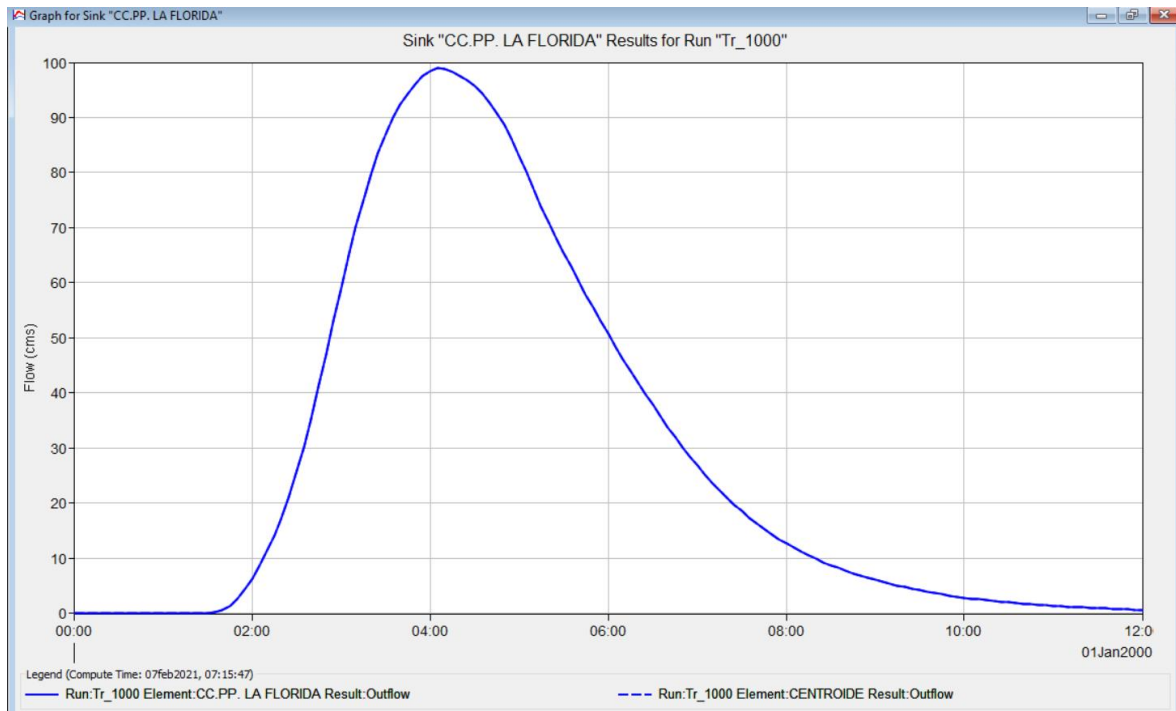
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00	Meteorologic Model: Tr_500
Compute Time:07Feb2021, 07:15:59	Control Specifications:Especificaciones_Control

Volume Units: MM 1000 M3

Computed Results

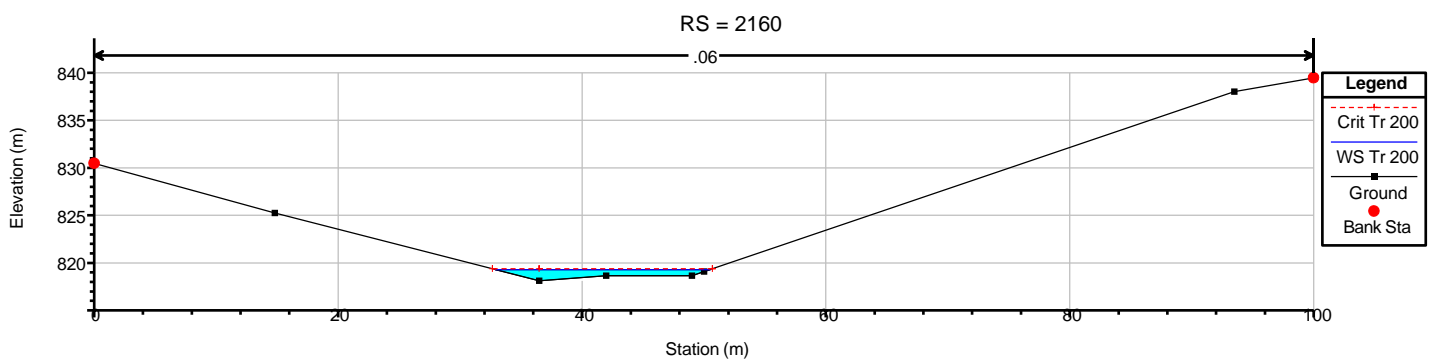
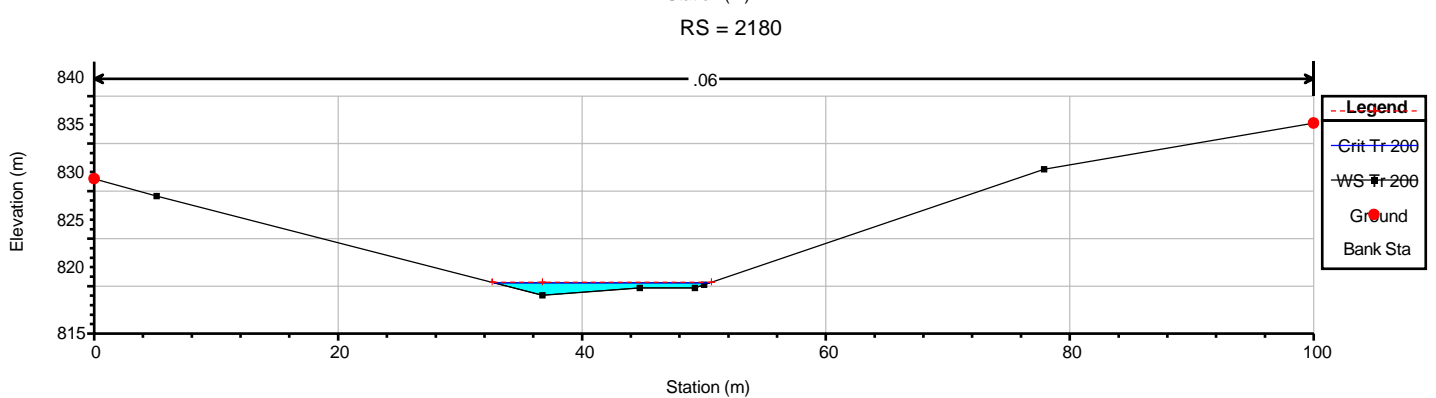
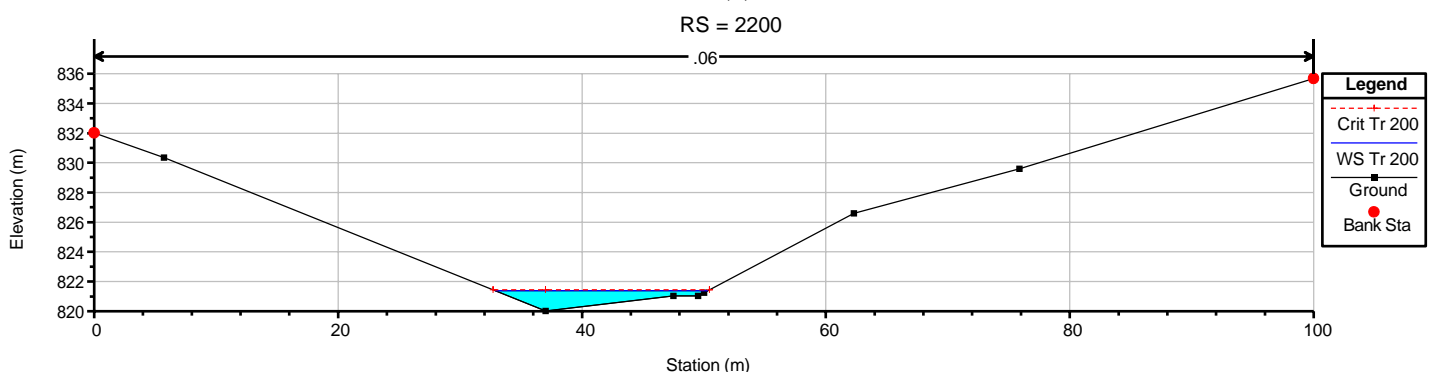
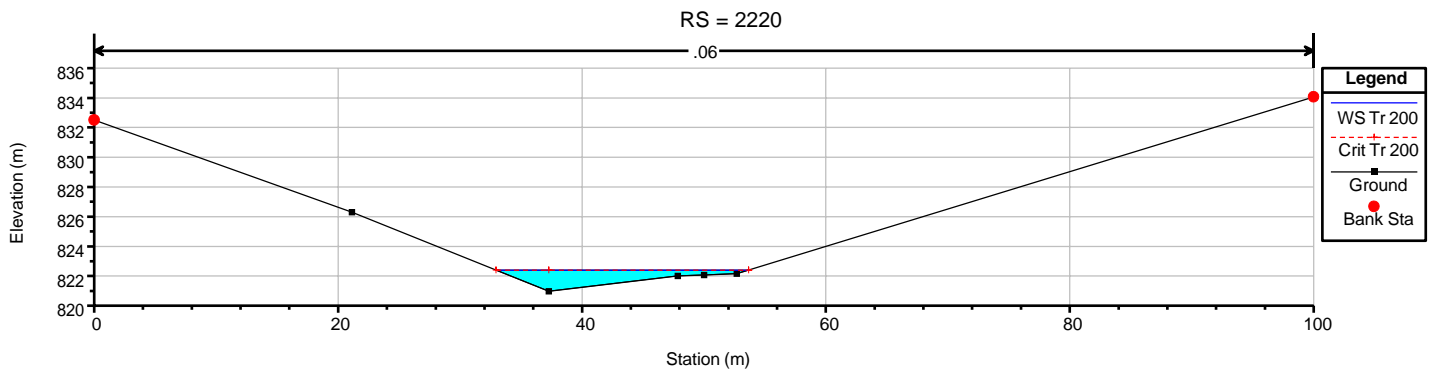
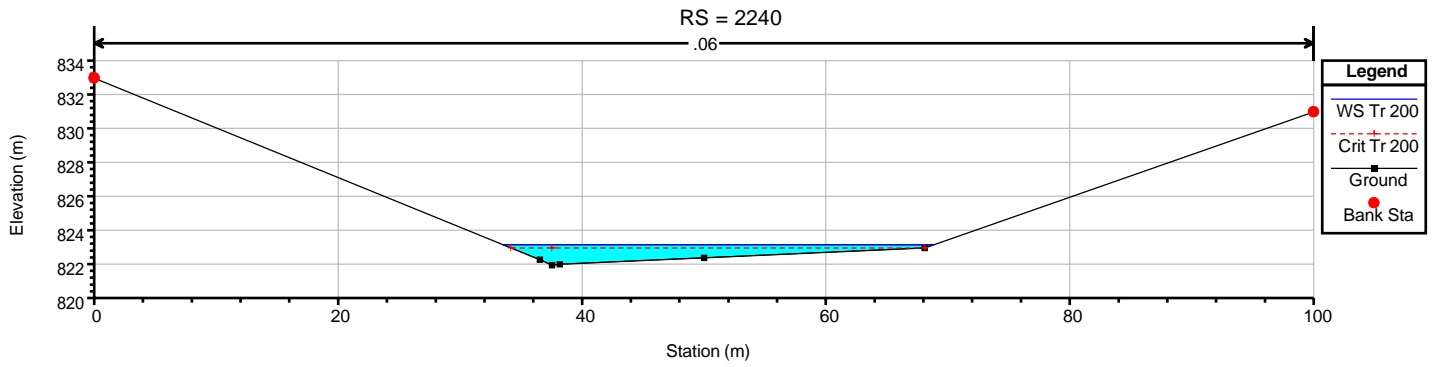
Peak Discharge:67.98 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge01ene2000, 04:10
Volume: 15.33 (MM)	

Gráfico N° 7 Resultado Simulación Hidrológica Tr 1000 años



Summary Results for Sink "CC.PP. LA FLORIDA"	
Project: QUEBRADA_DEL_DIABLO Simulation Run: Tr_1000	
Sink: CC.PP. LA FLORIDA	
Start of Run: 01ene2000, 00:00	Basin Model: QUEBRADA_DEL_DIABLO
End of Run: 01ene2000, 12:00	Meteorologic Model: Tr_1000
Compute Time:07Feb2021, 07:15:47	Control Specifications:Especificaciones_Control
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3	
Computed Results	
Peak Discharge:98.91 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge01ene2000, 04:05
Volume: 22.08 (MM)	

Anexo 6. Secciones transversales para 200 años HEC RAS



815

RS = 2240

0

20

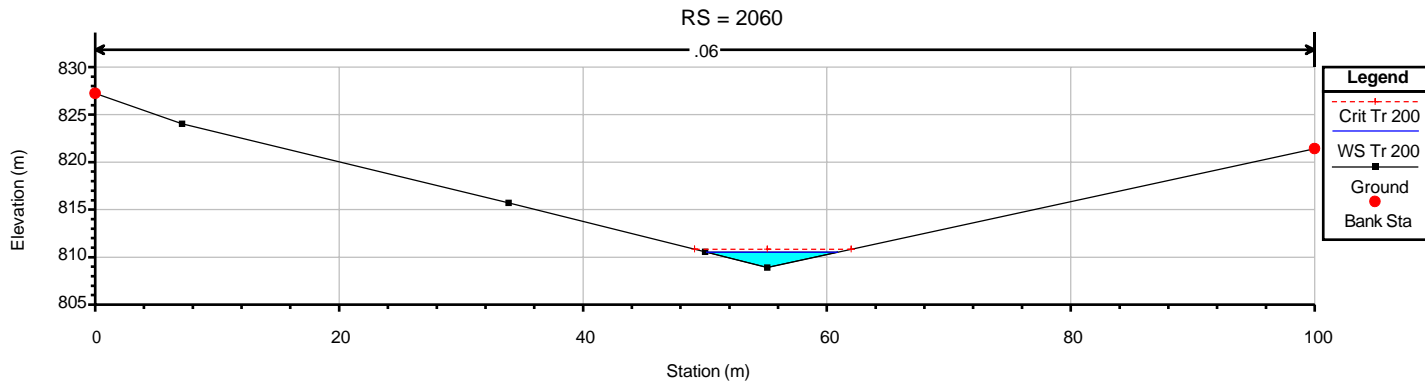
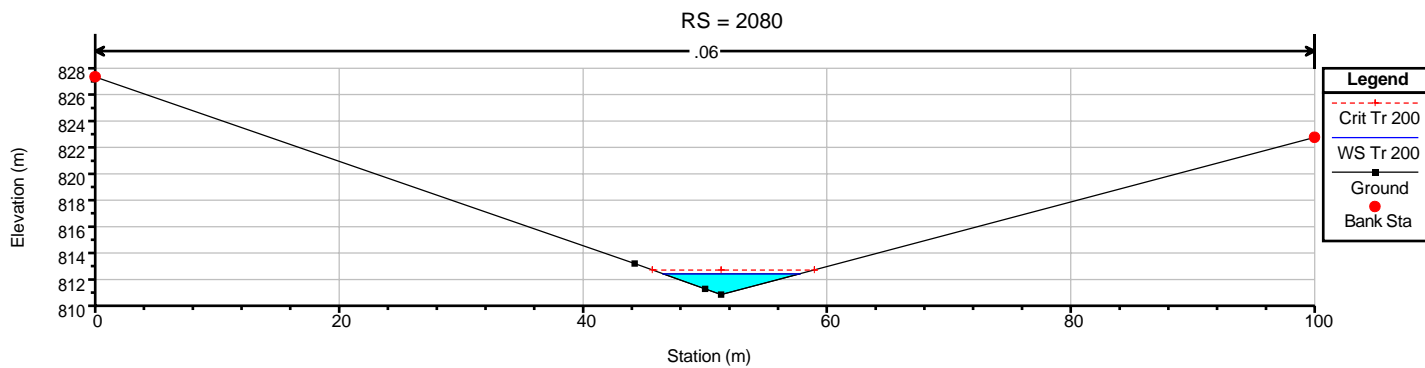
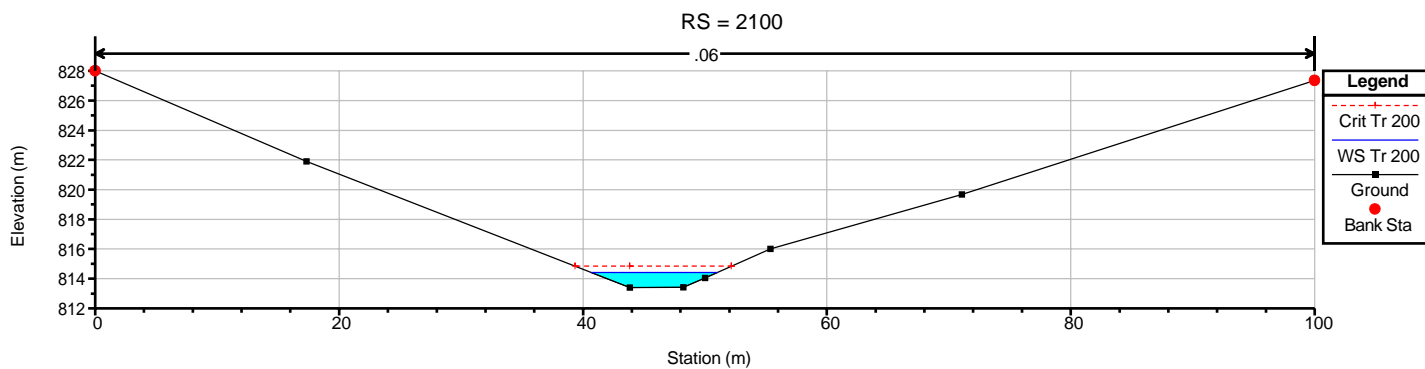
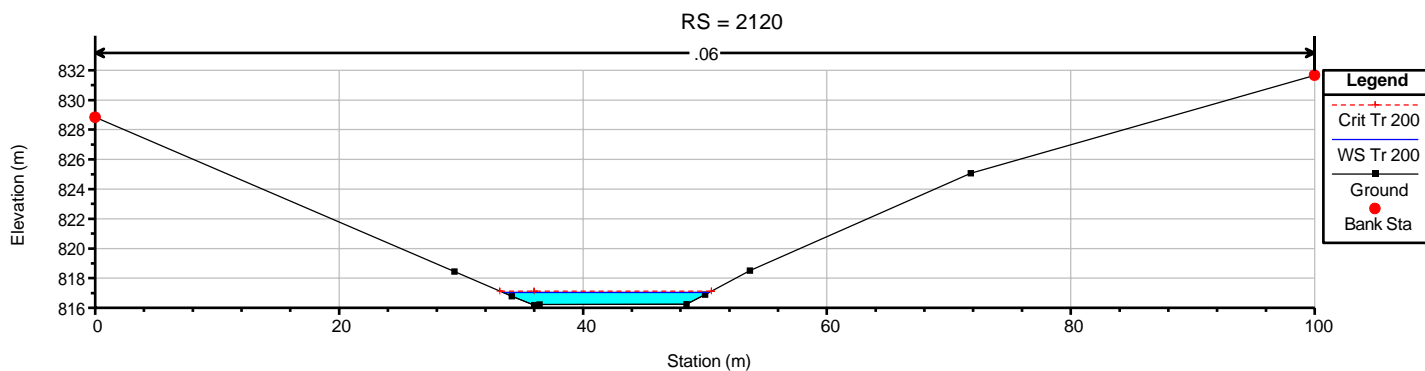
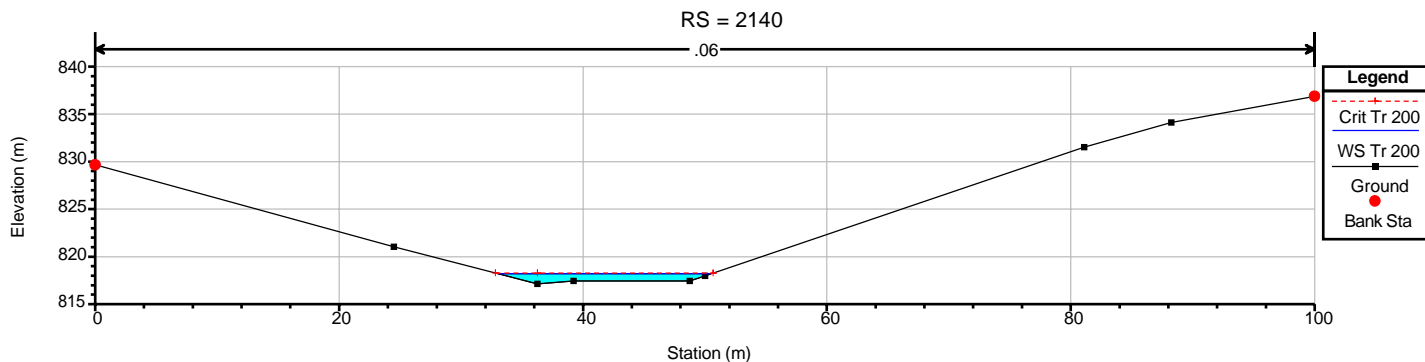
40

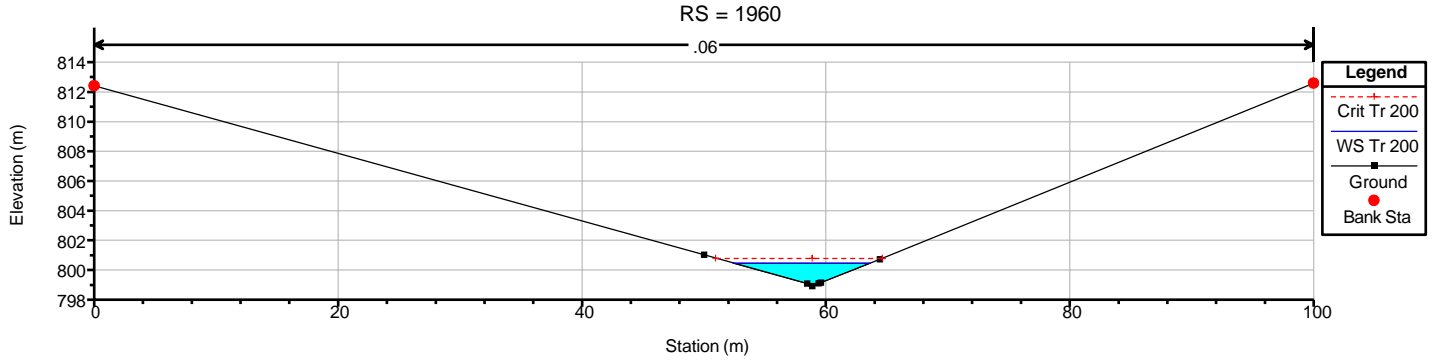
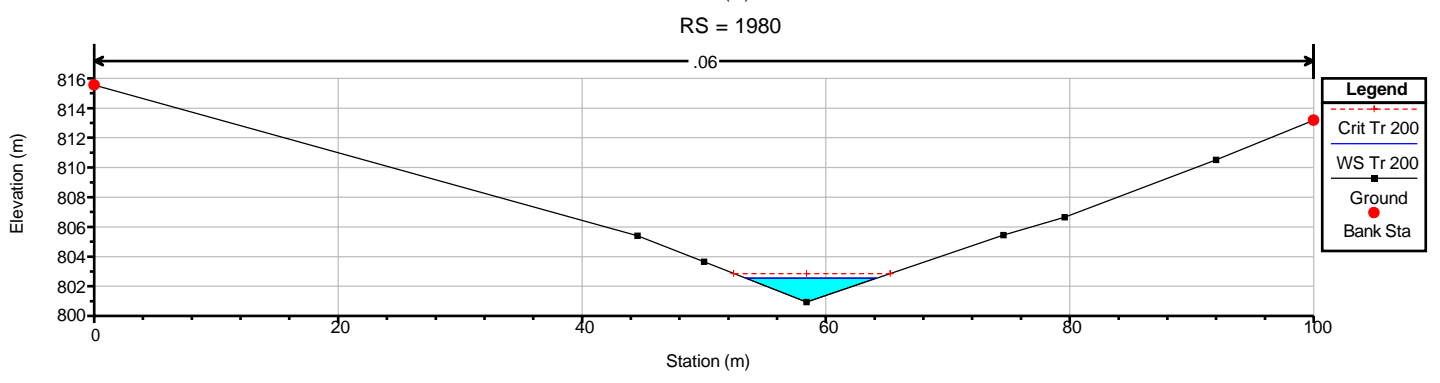
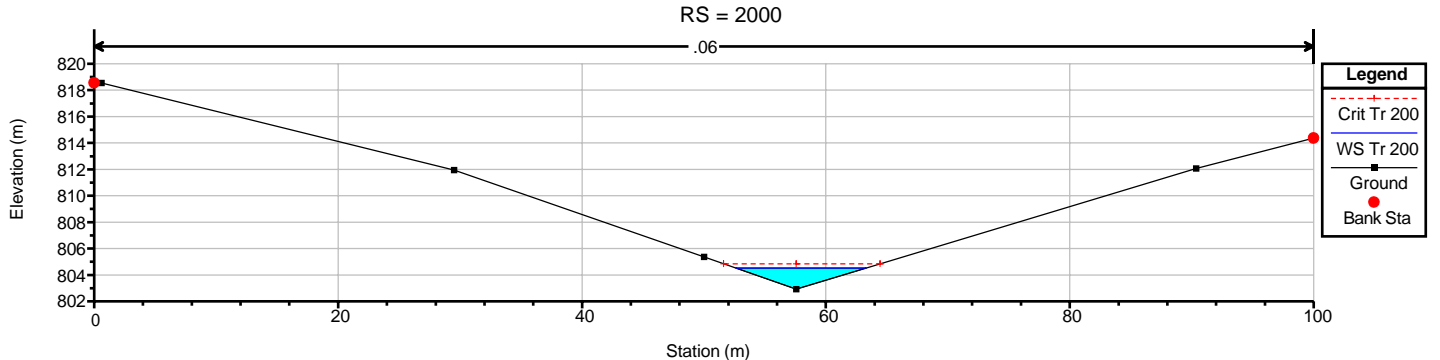
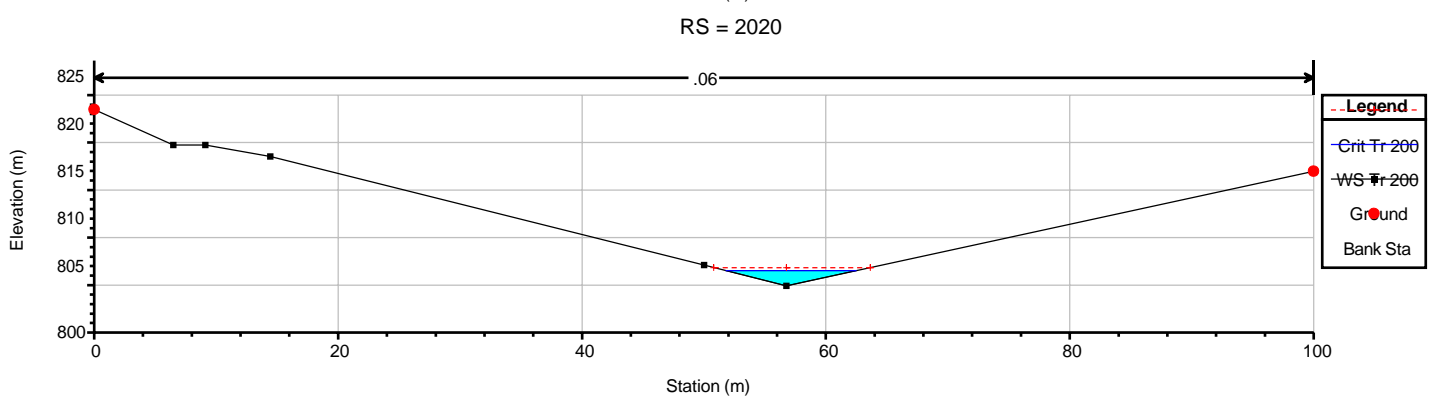
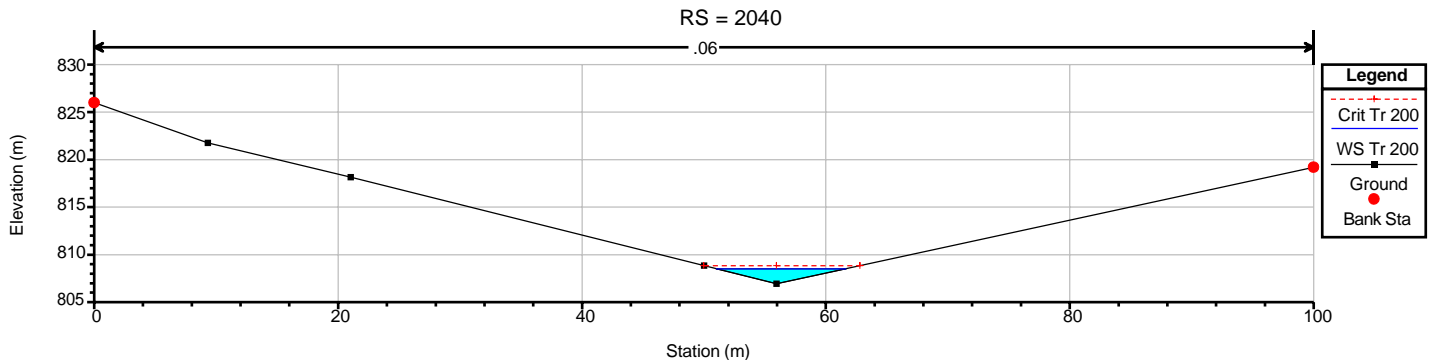
60

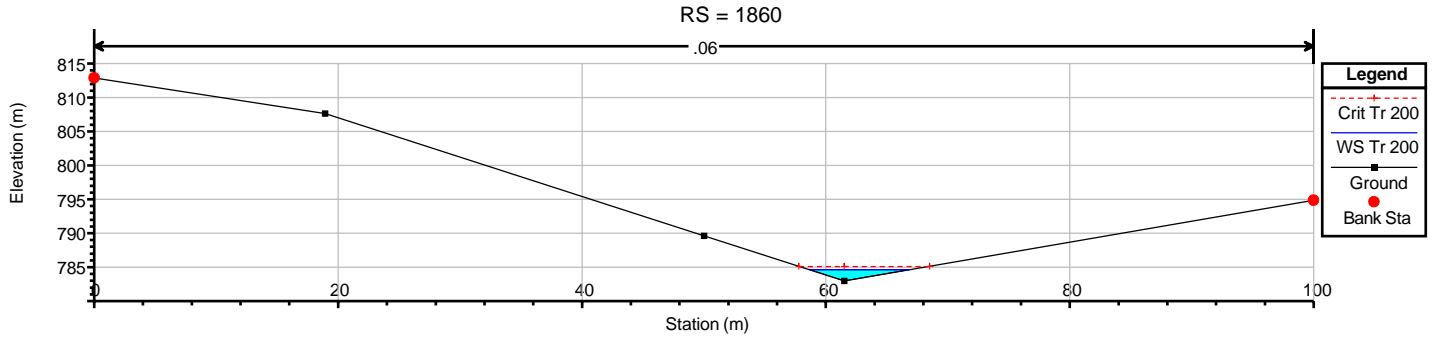
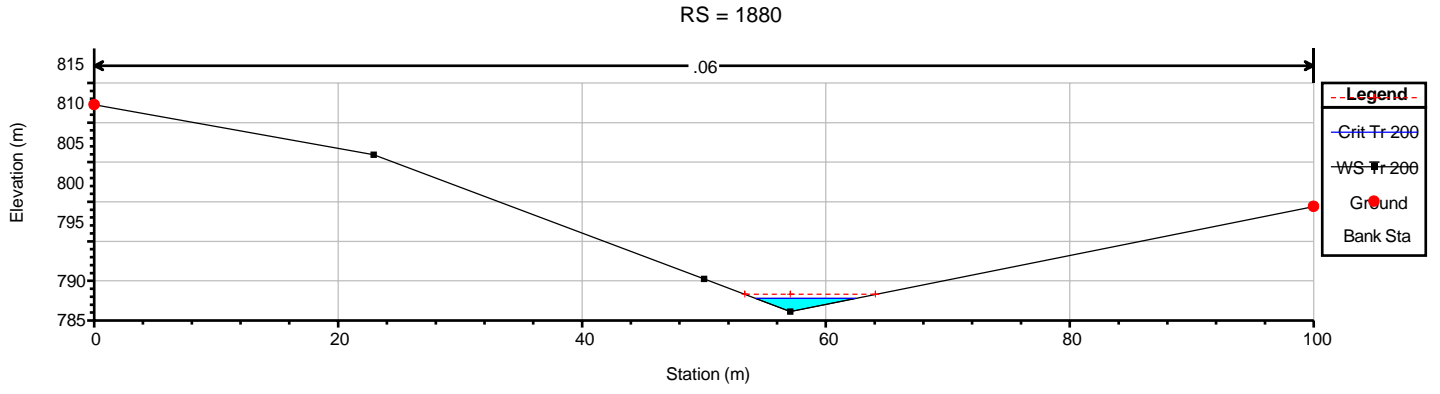
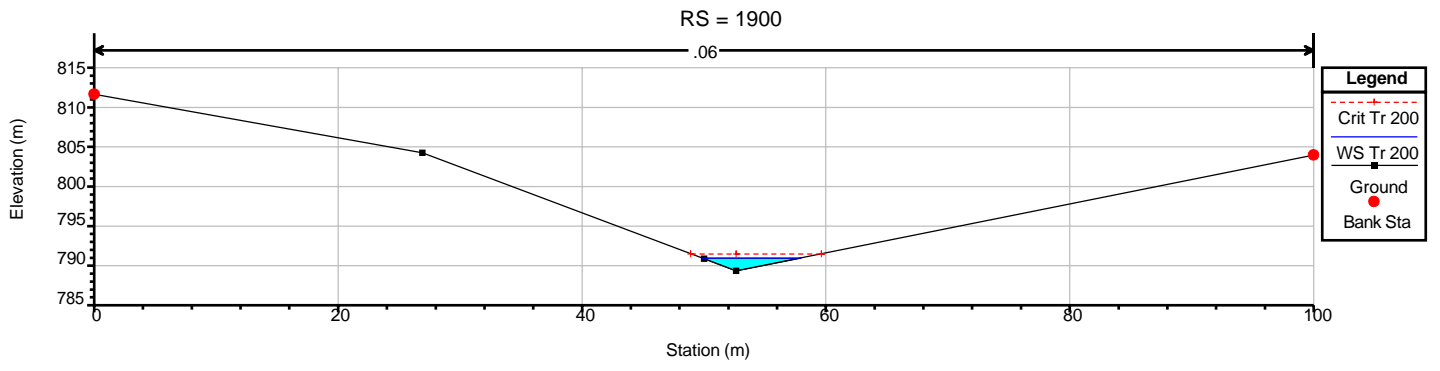
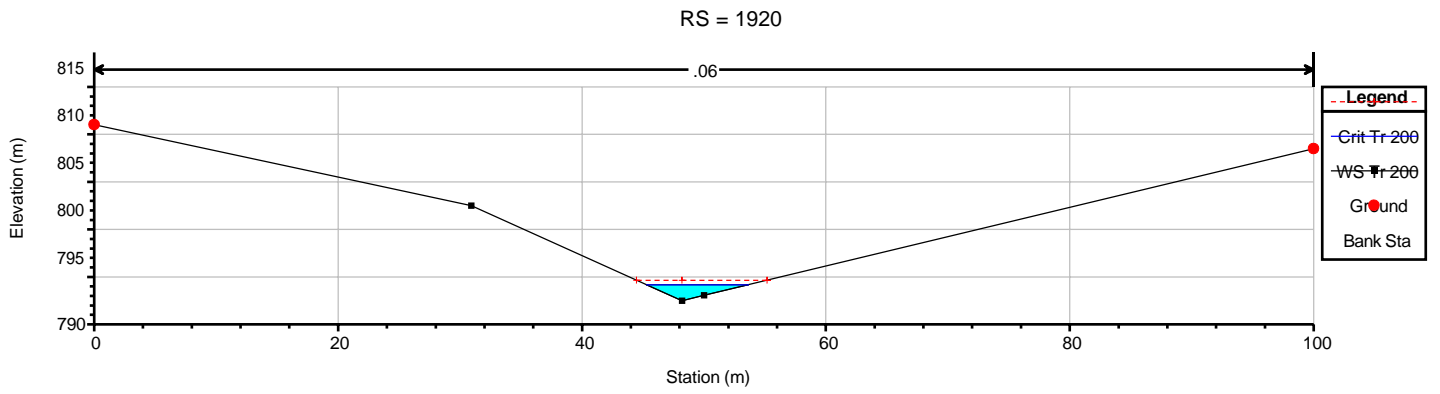
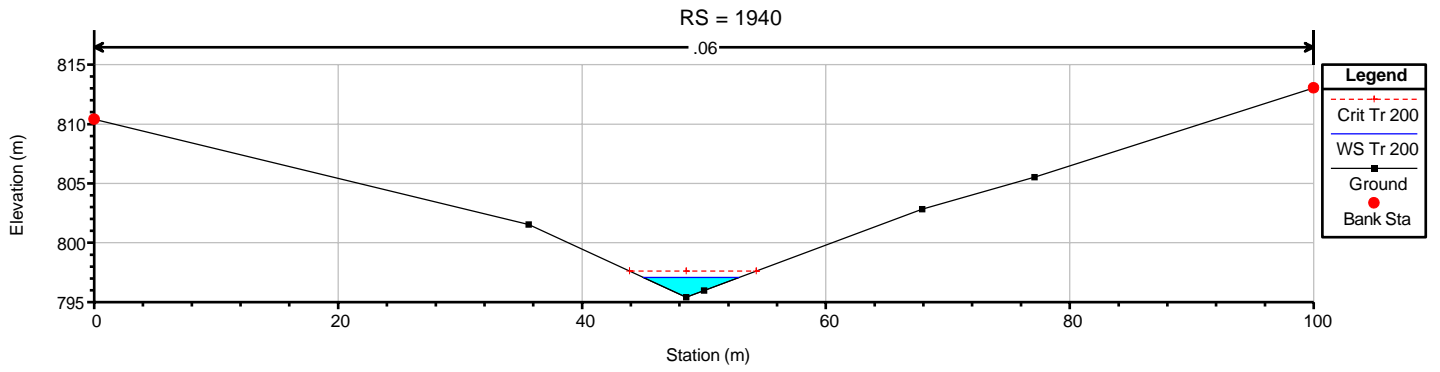
80

100

Station (m)







780

RS = 1940

0

20

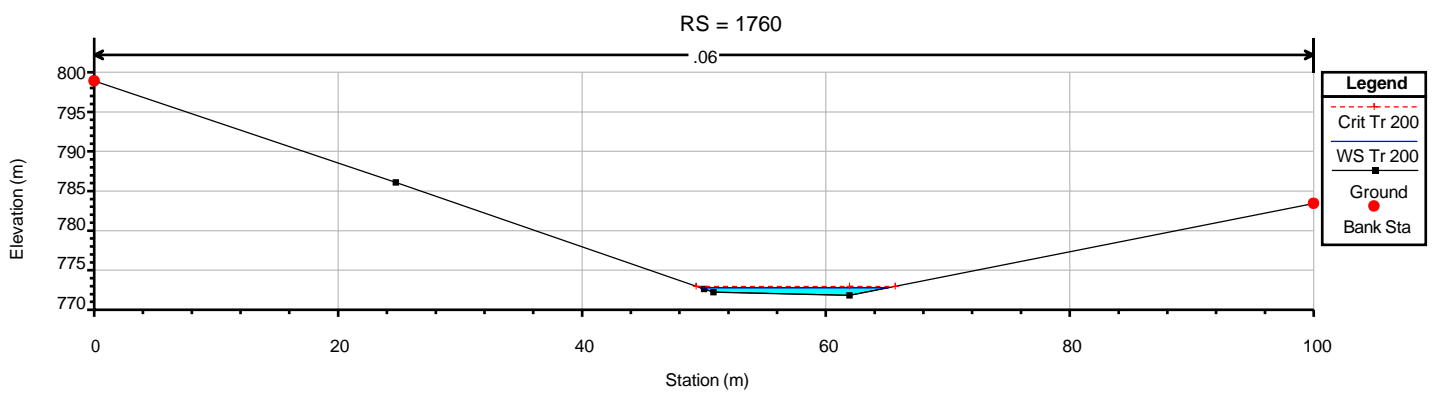
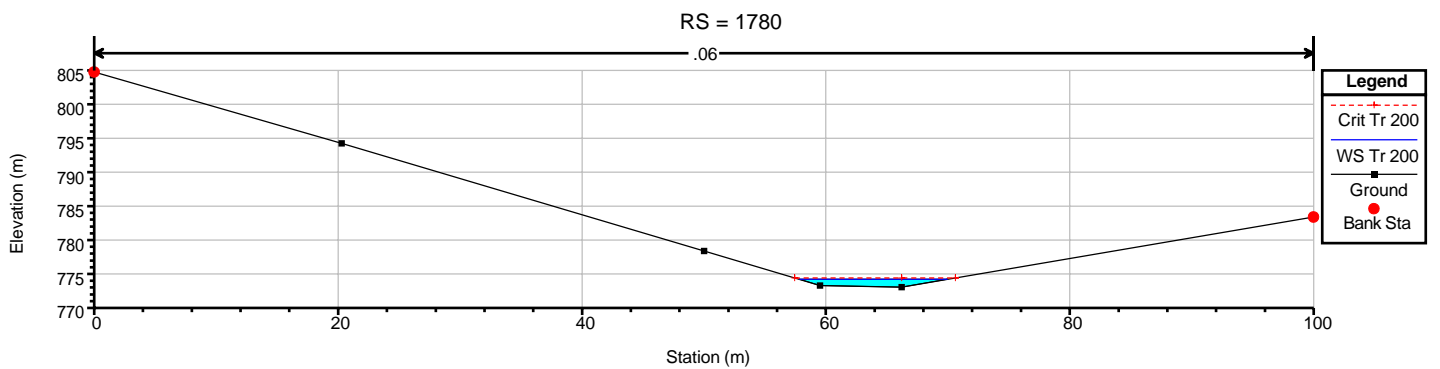
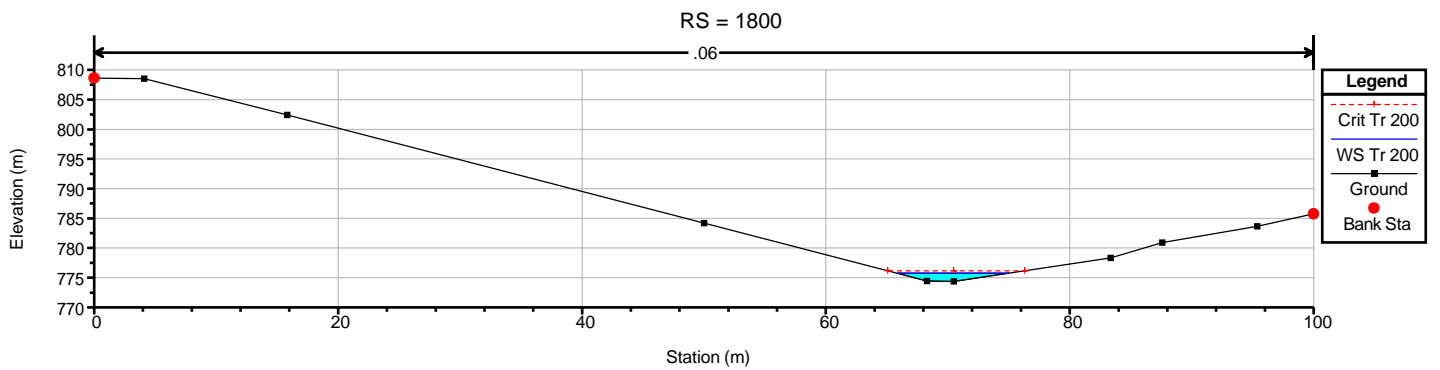
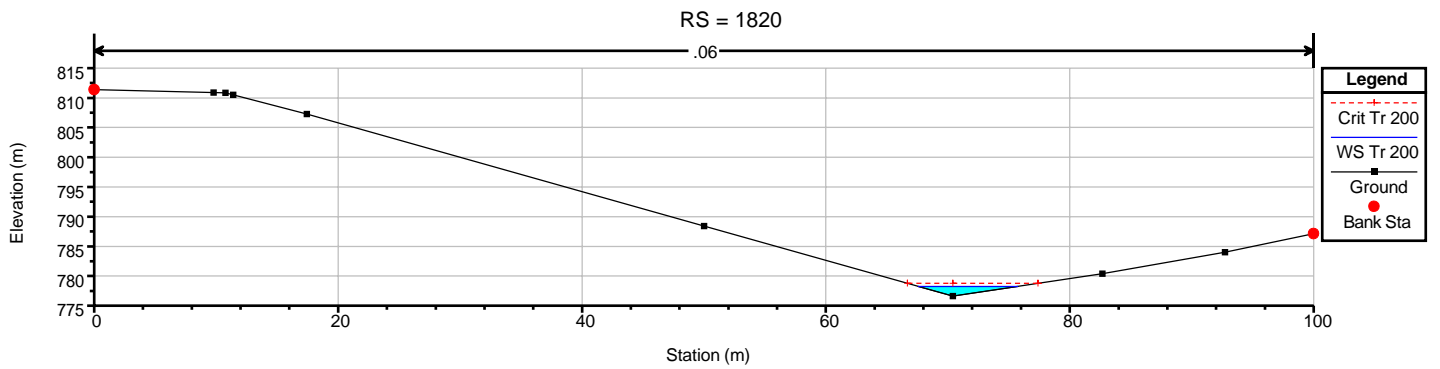
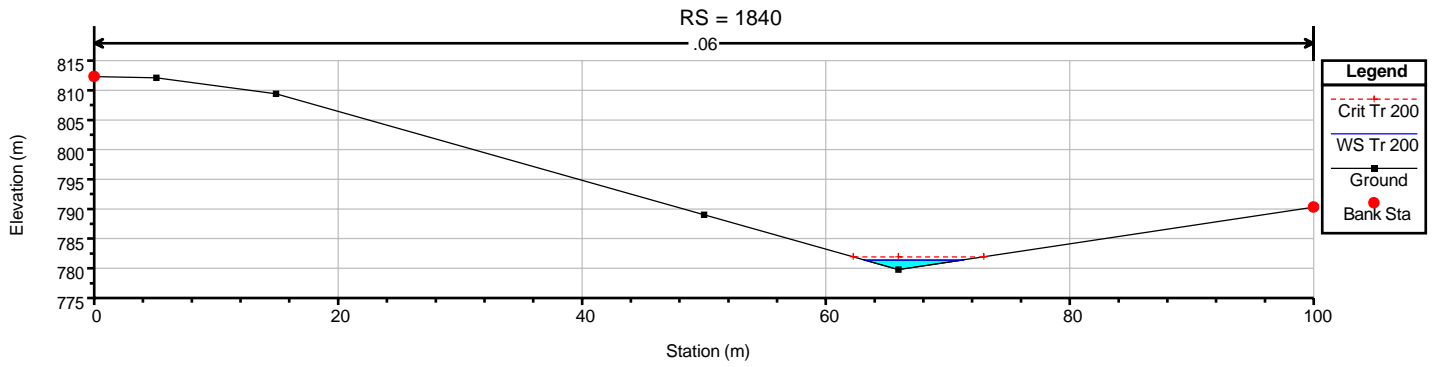
40

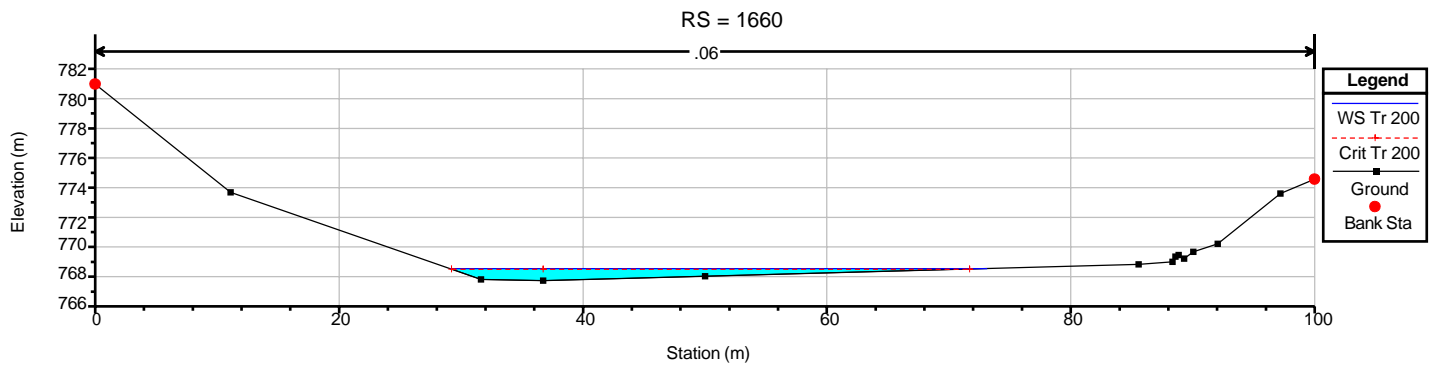
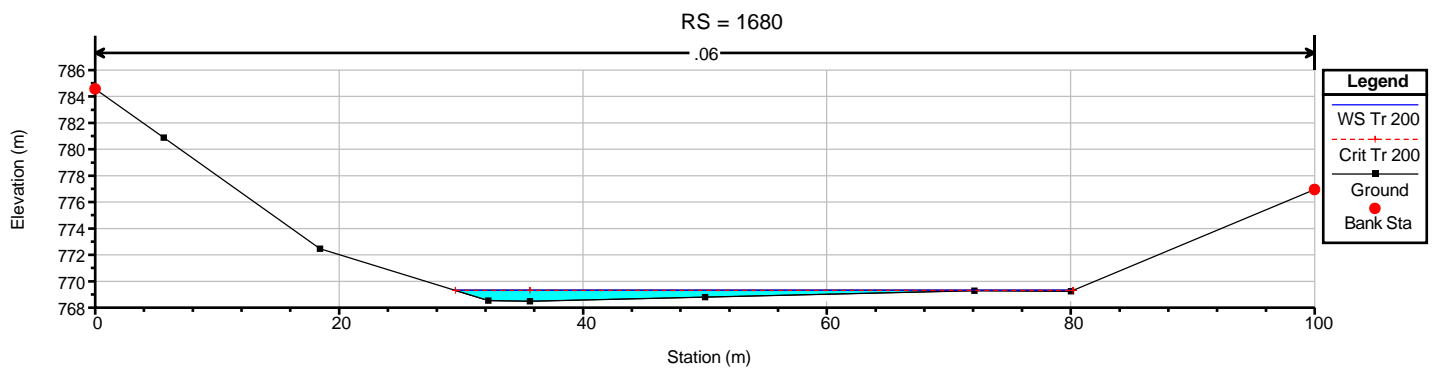
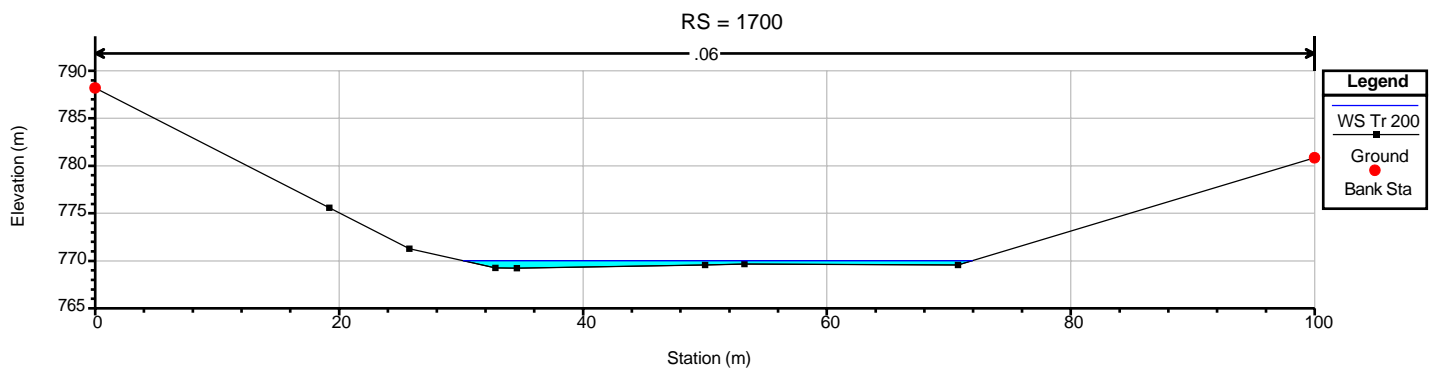
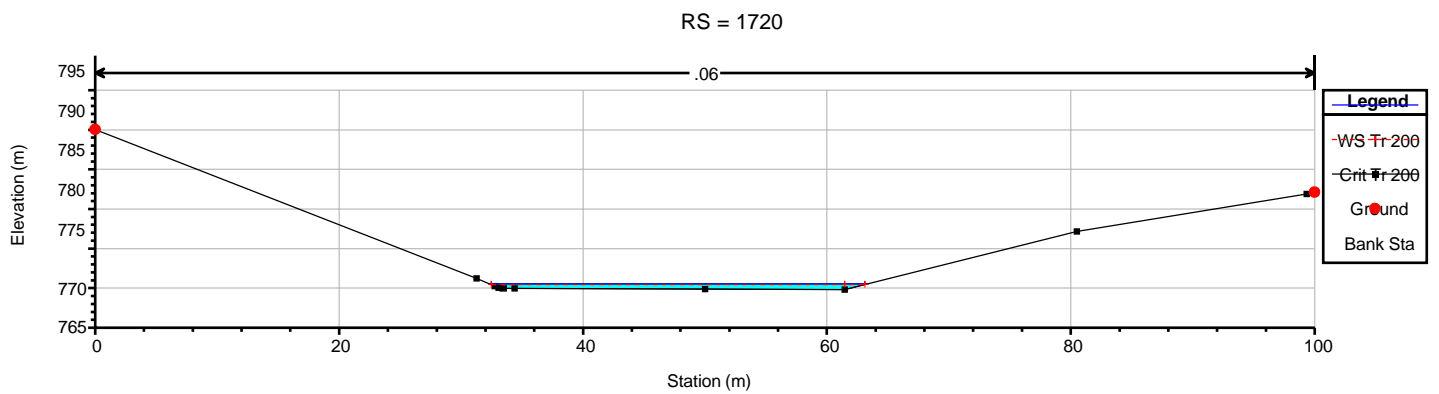
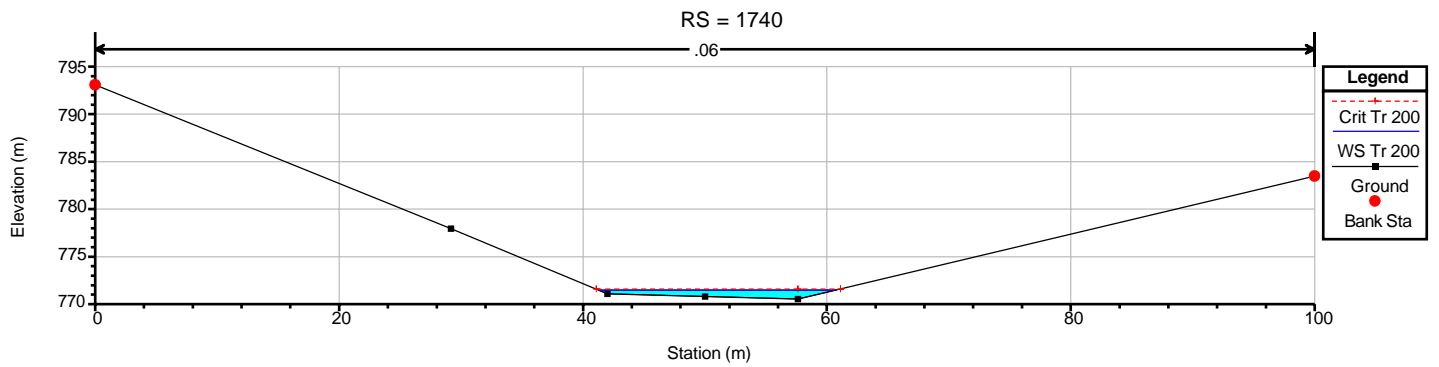
60

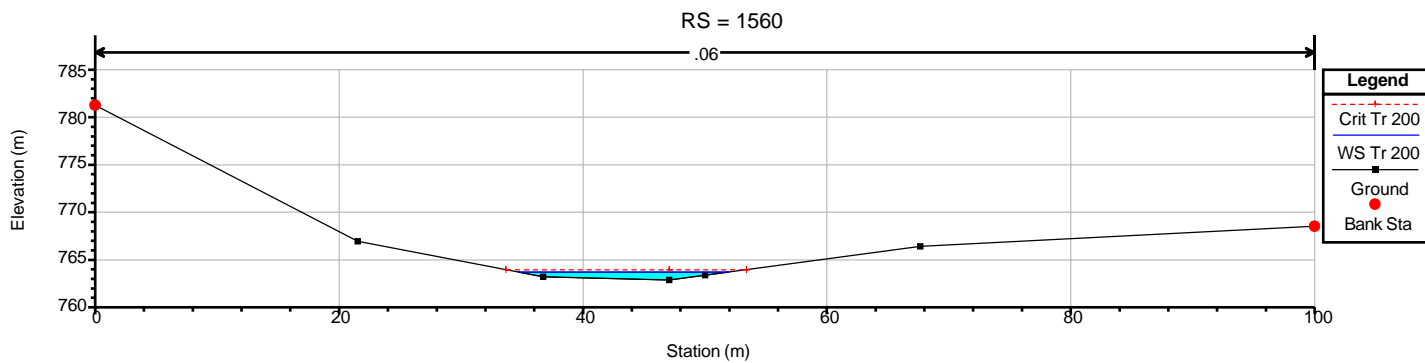
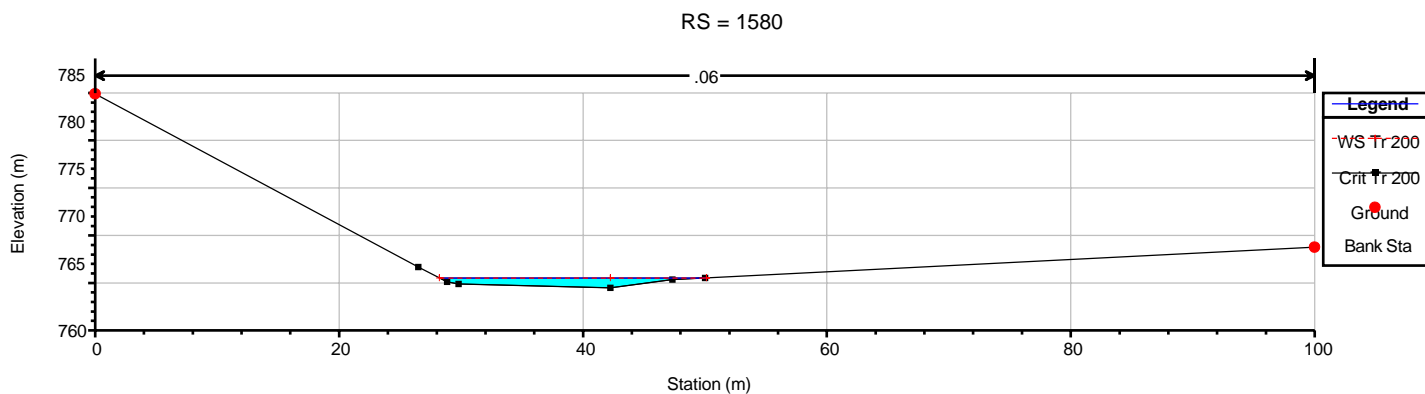
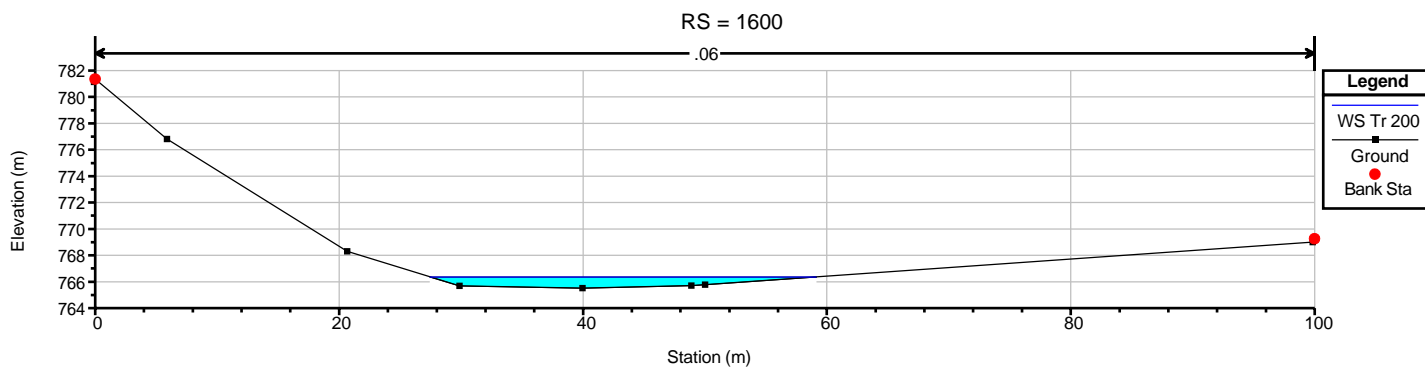
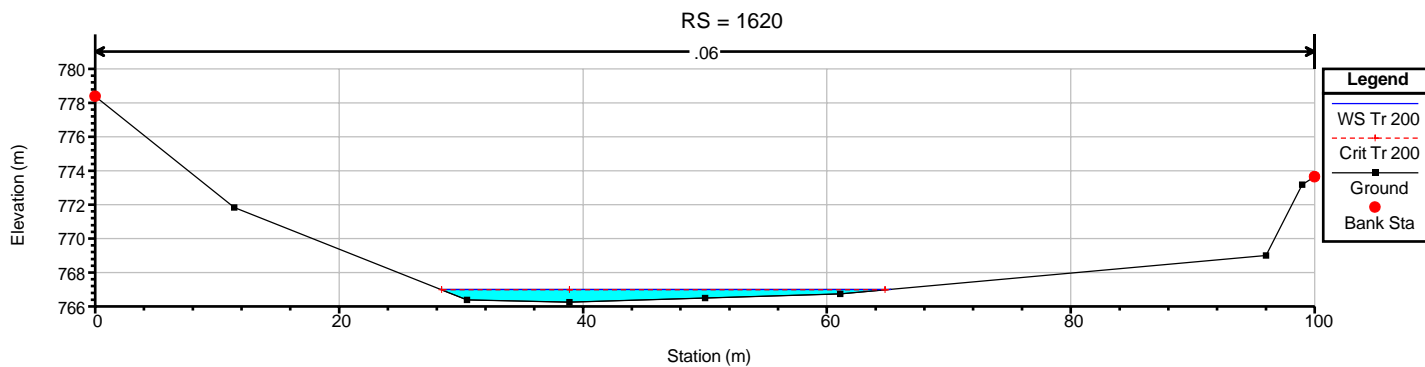
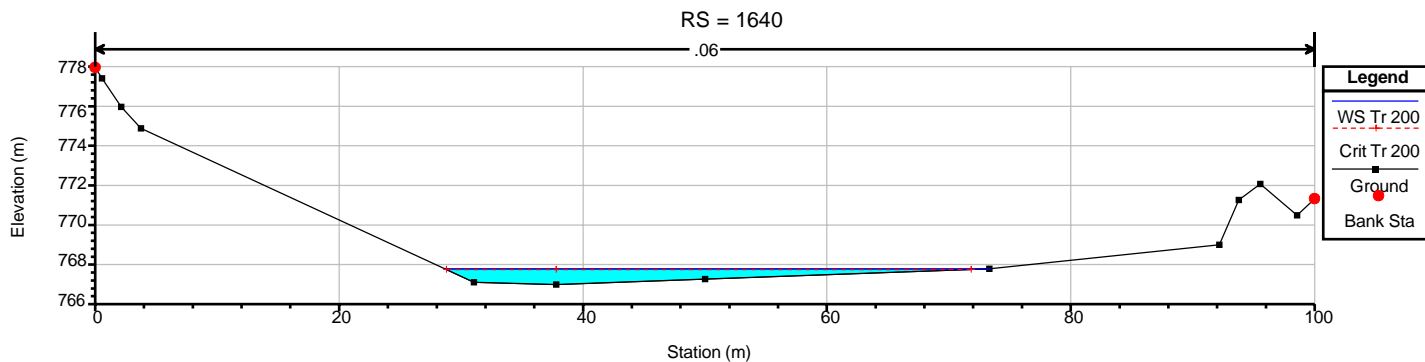
80

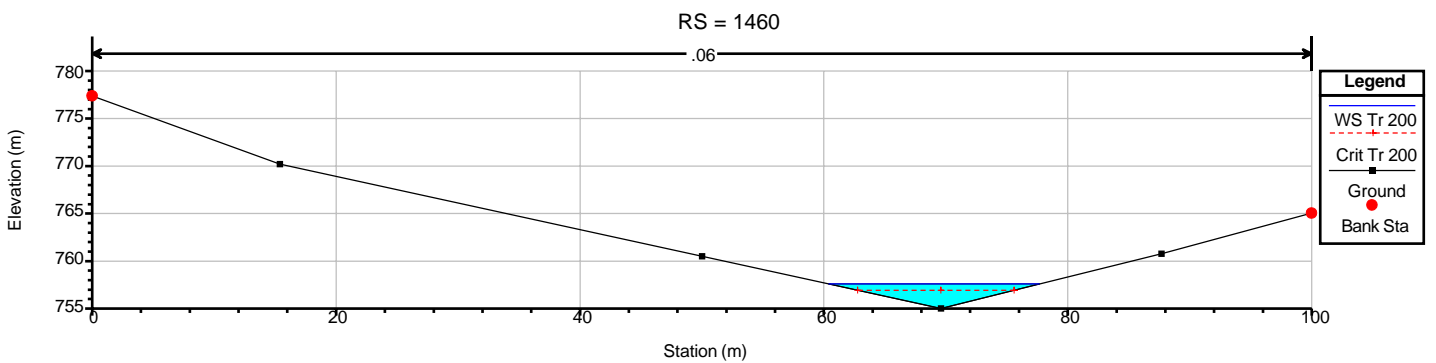
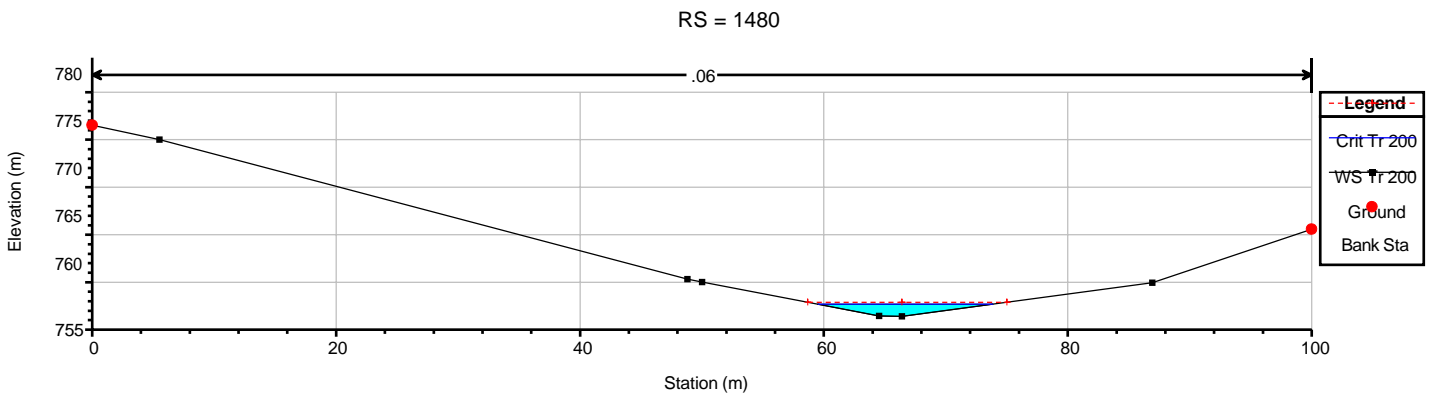
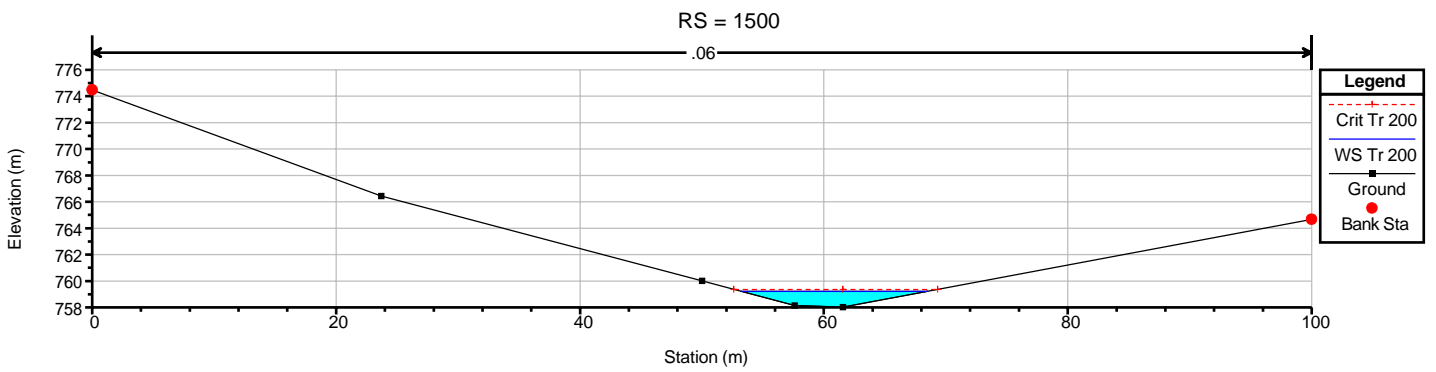
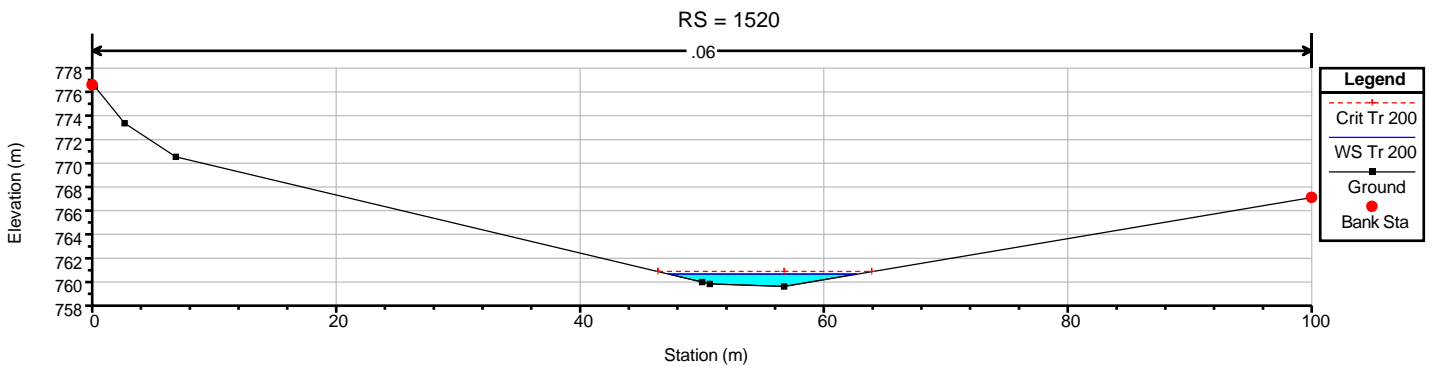
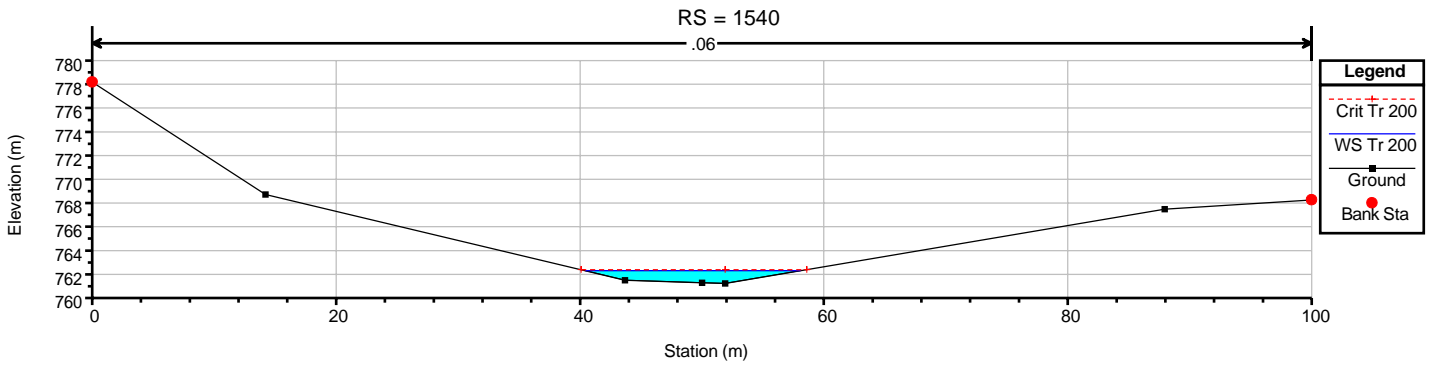
100

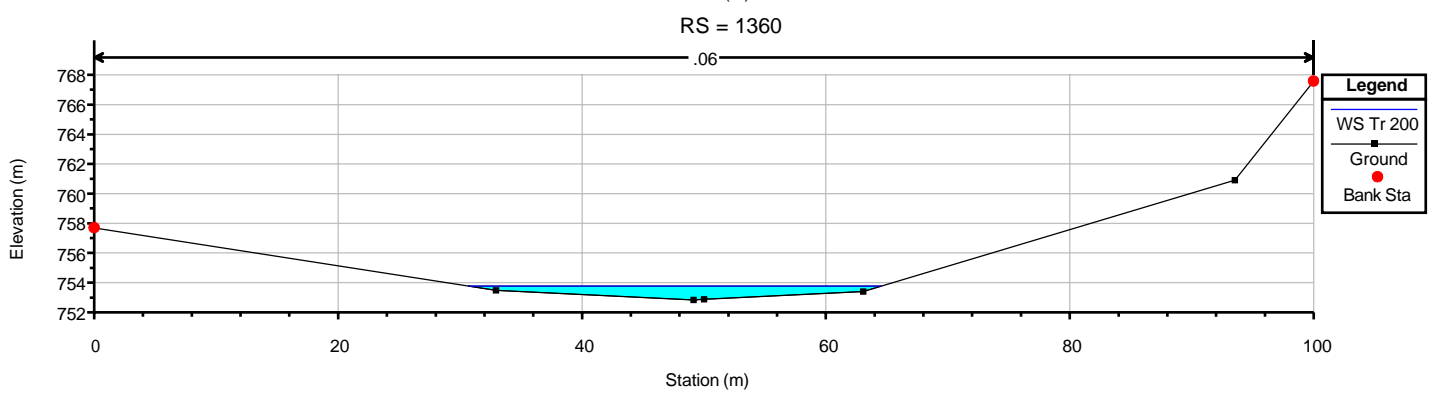
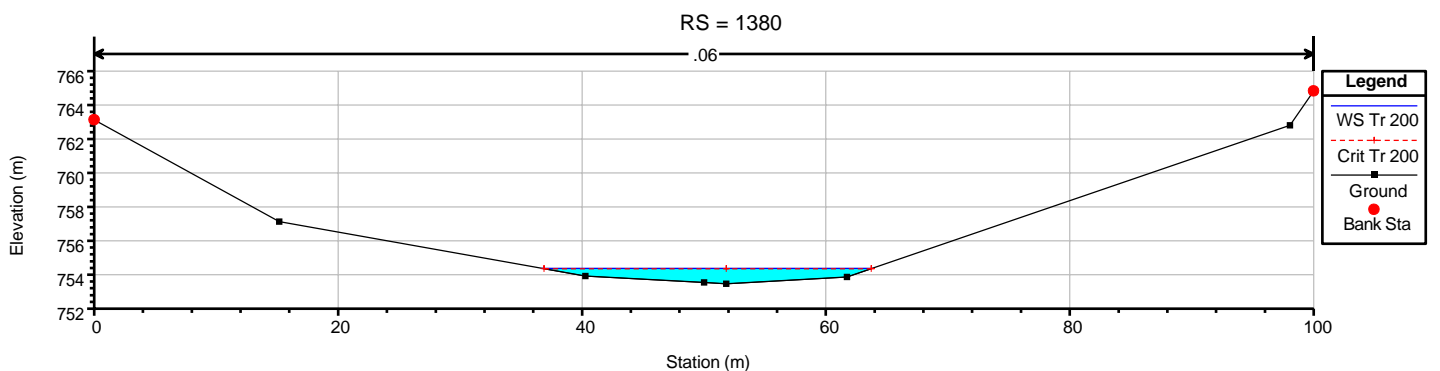
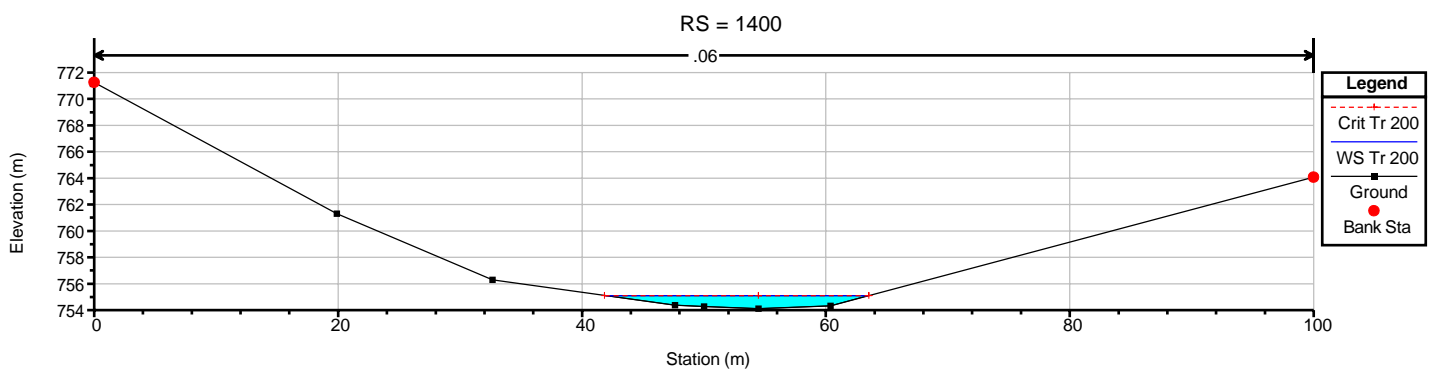
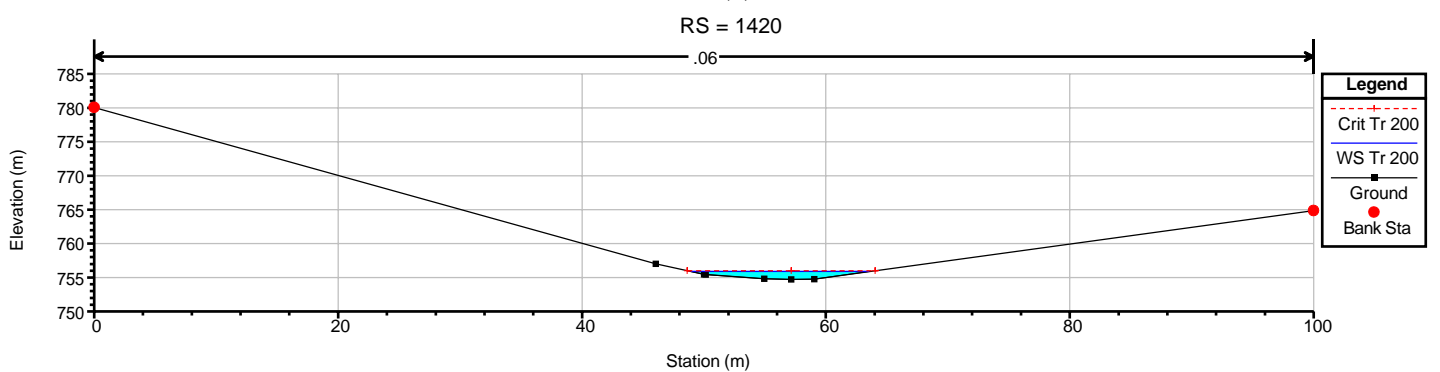
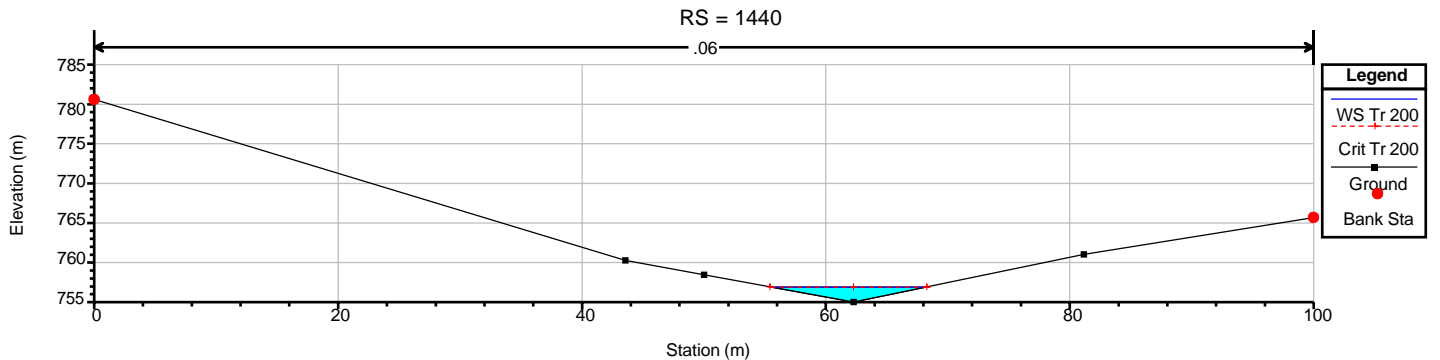
Station (m)

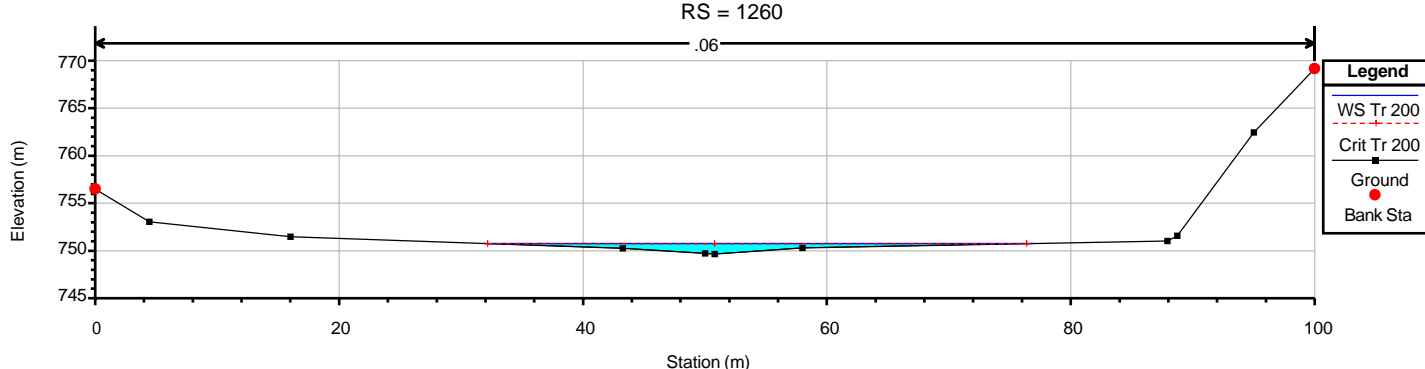
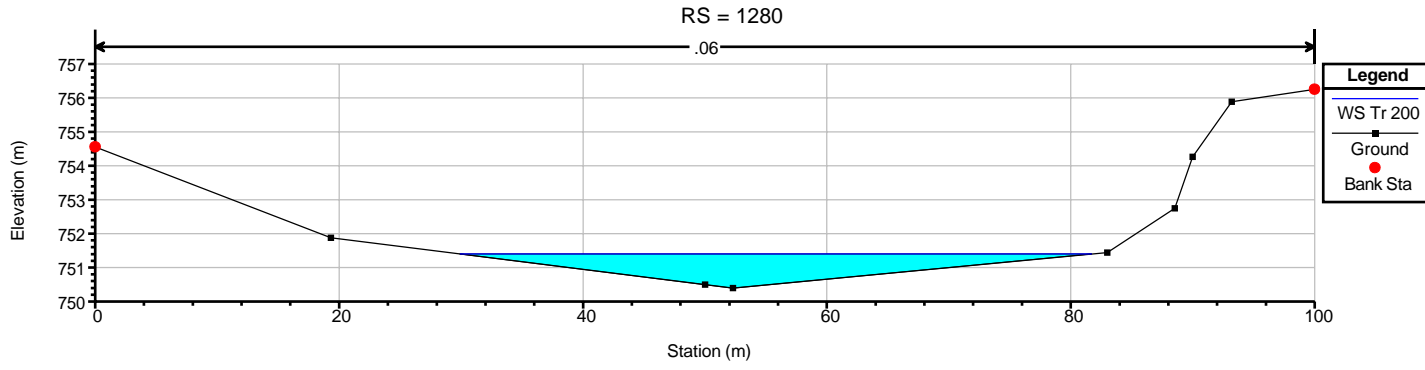
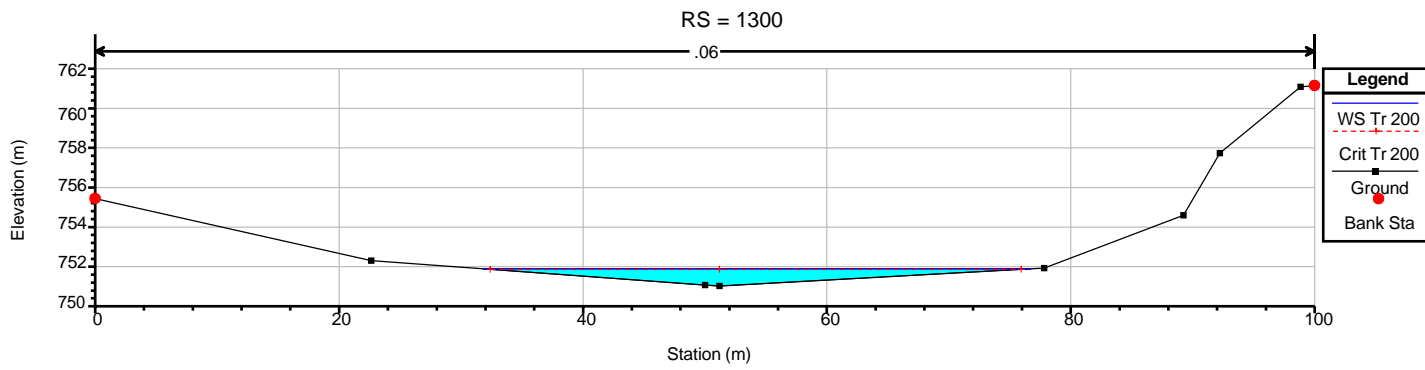
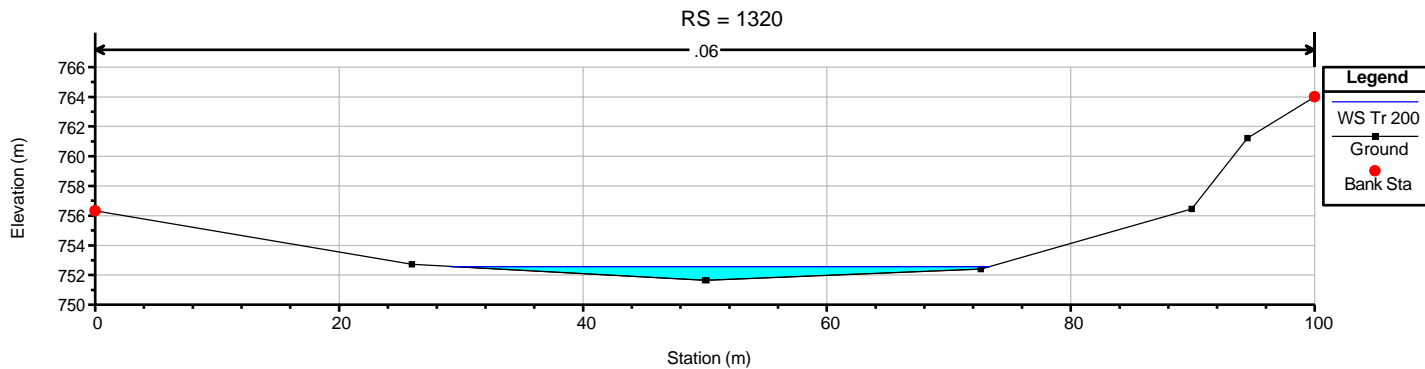
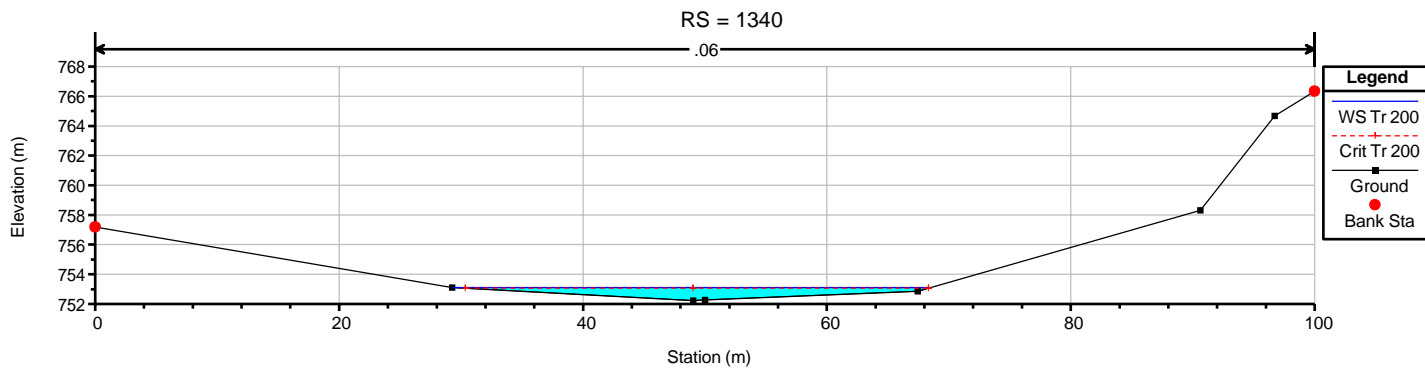


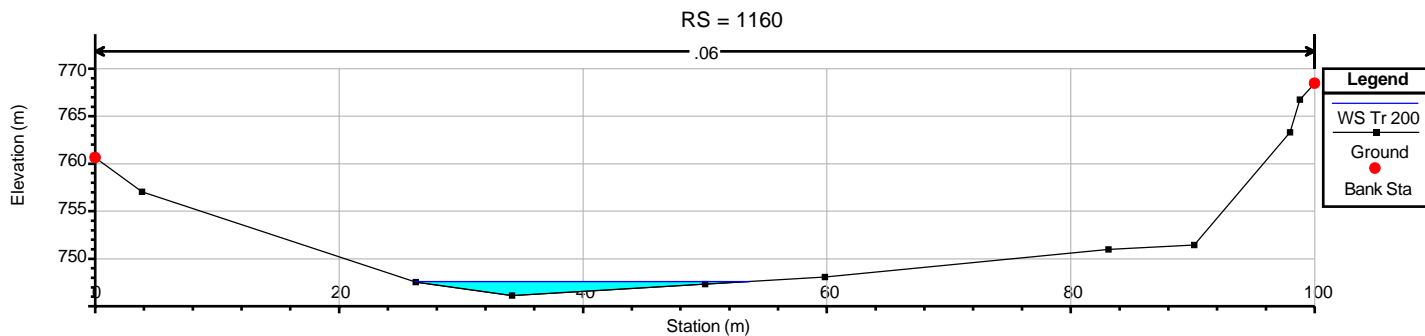
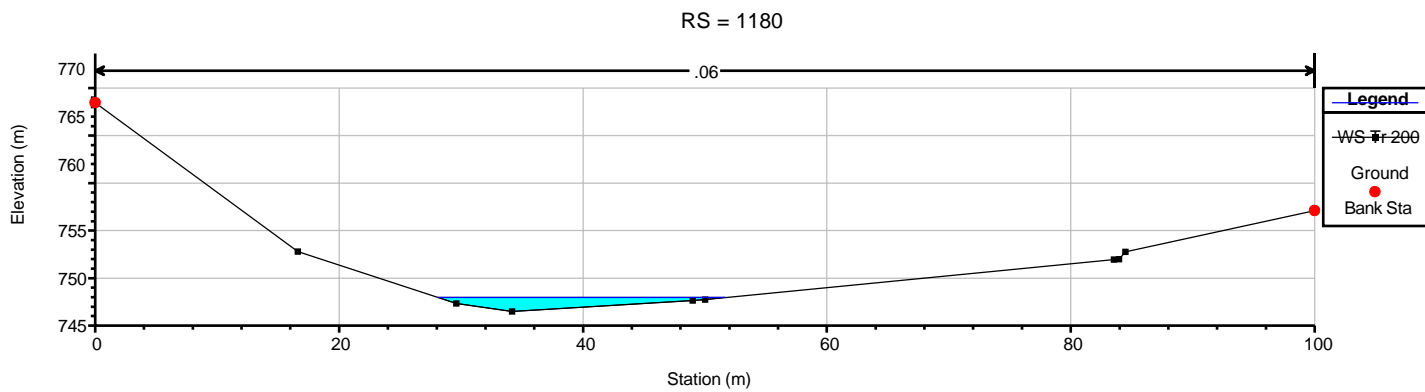
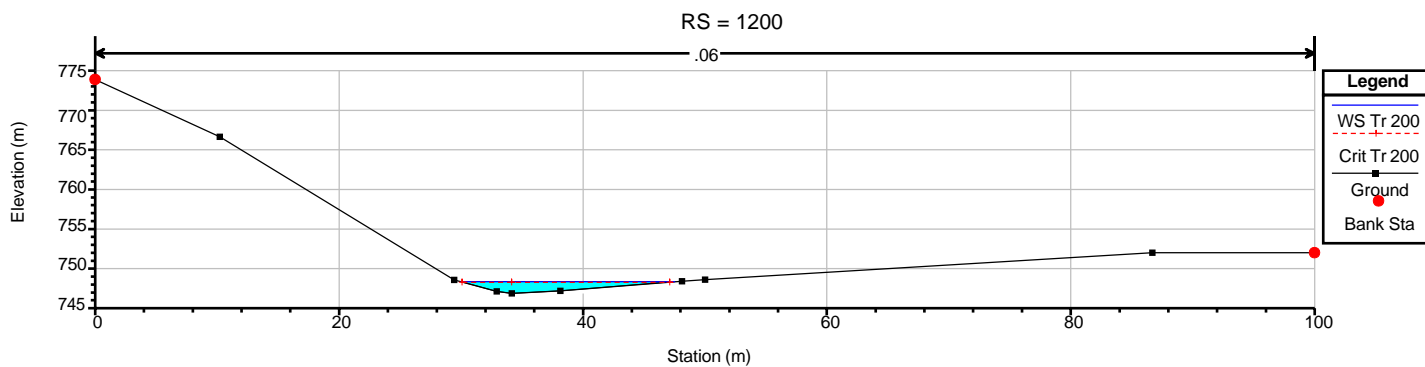
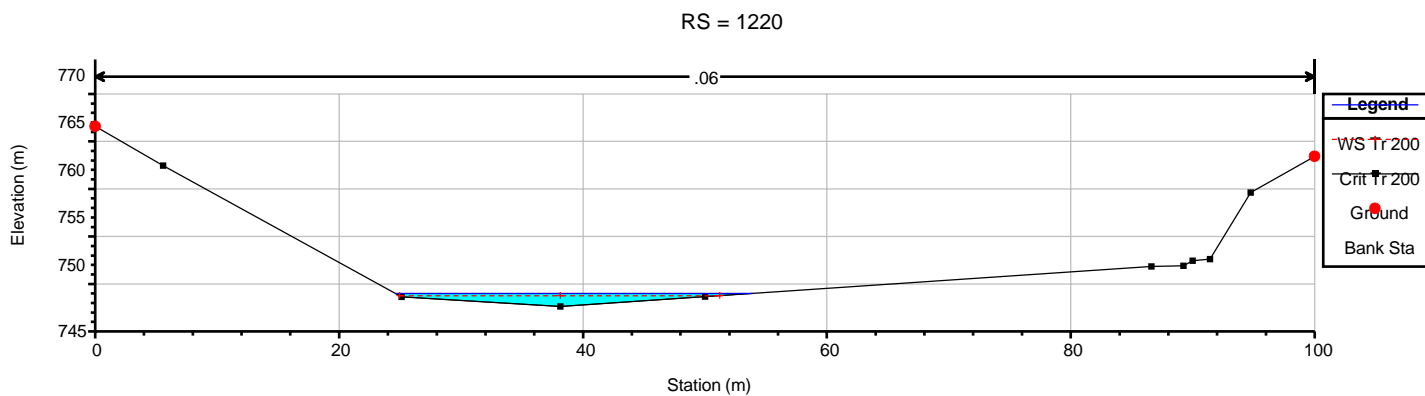
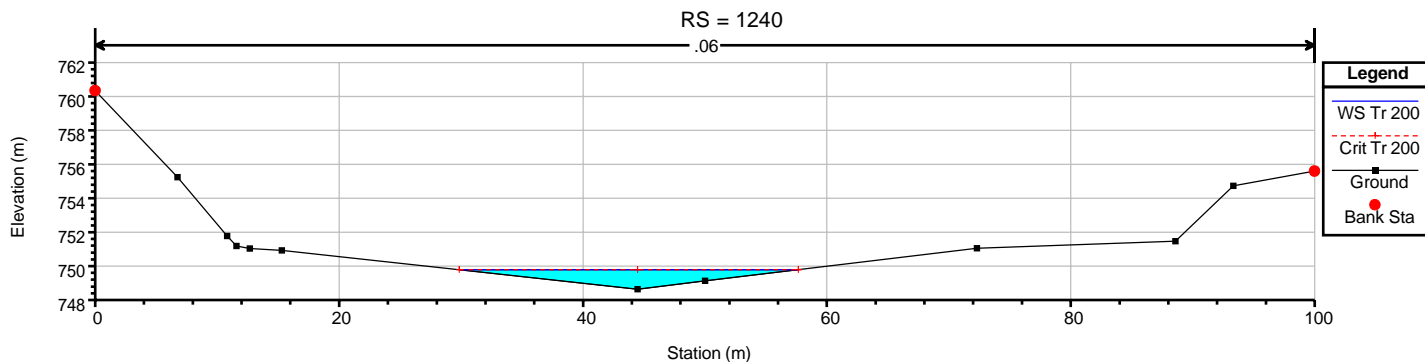












745

RS = 1240

0

20

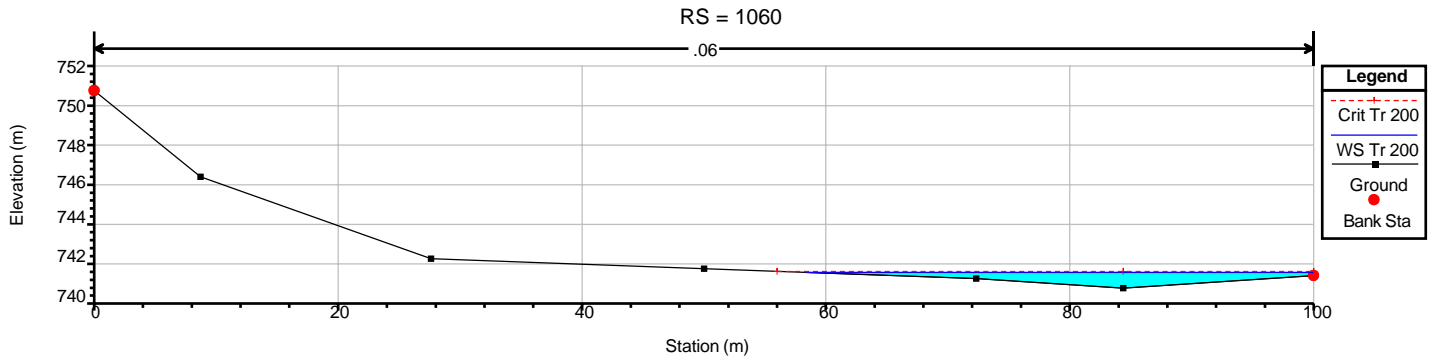
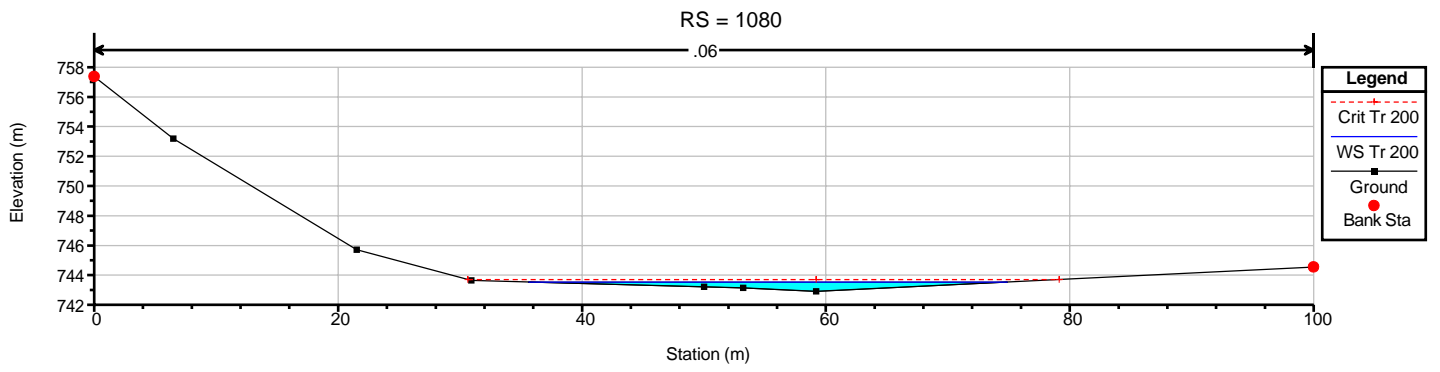
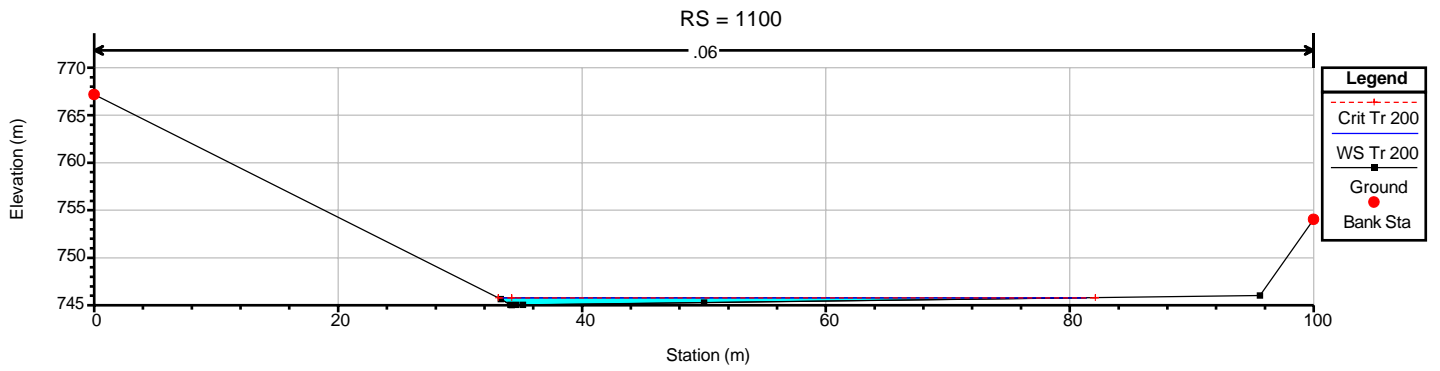
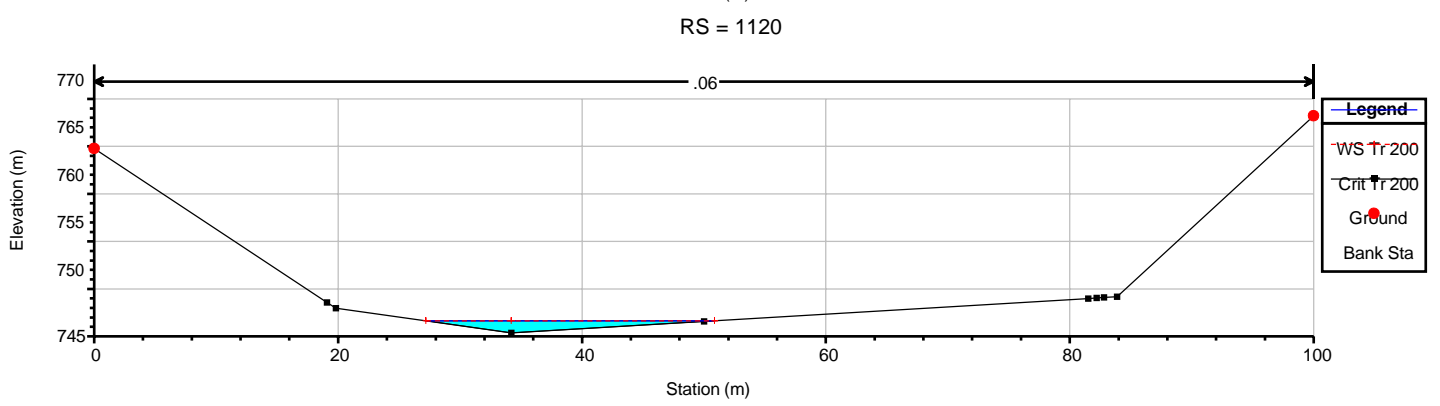
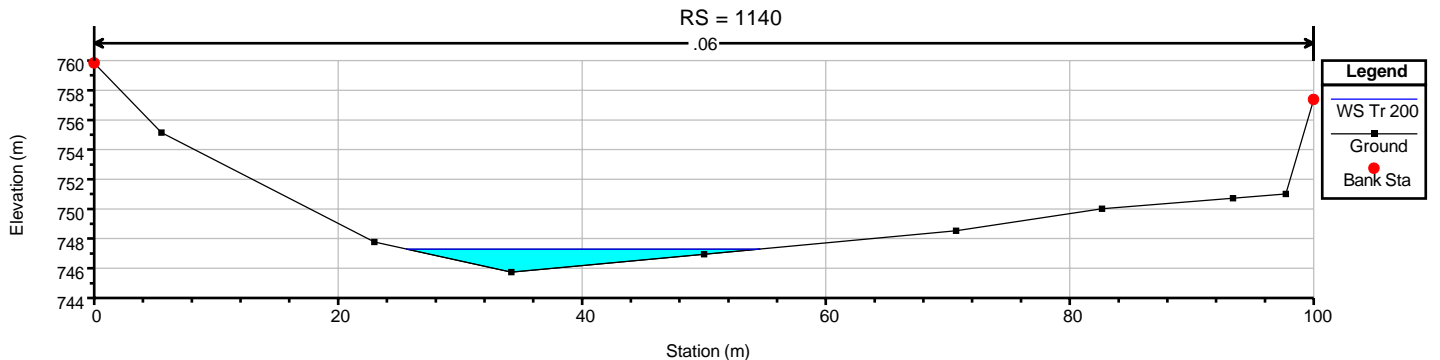
40

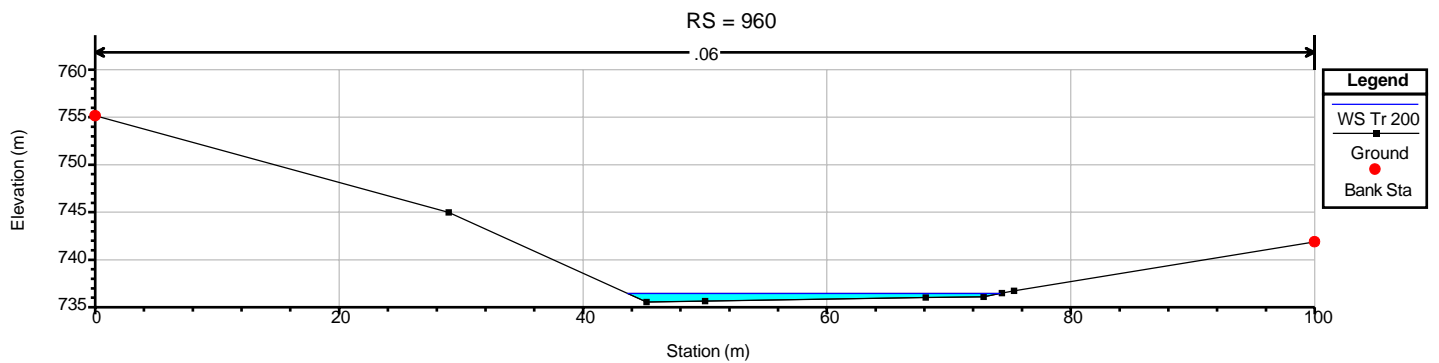
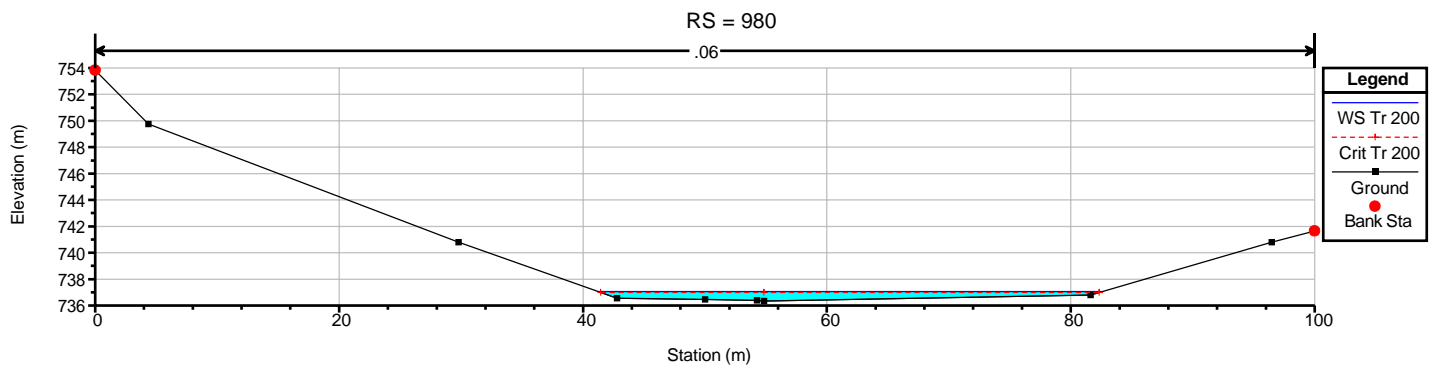
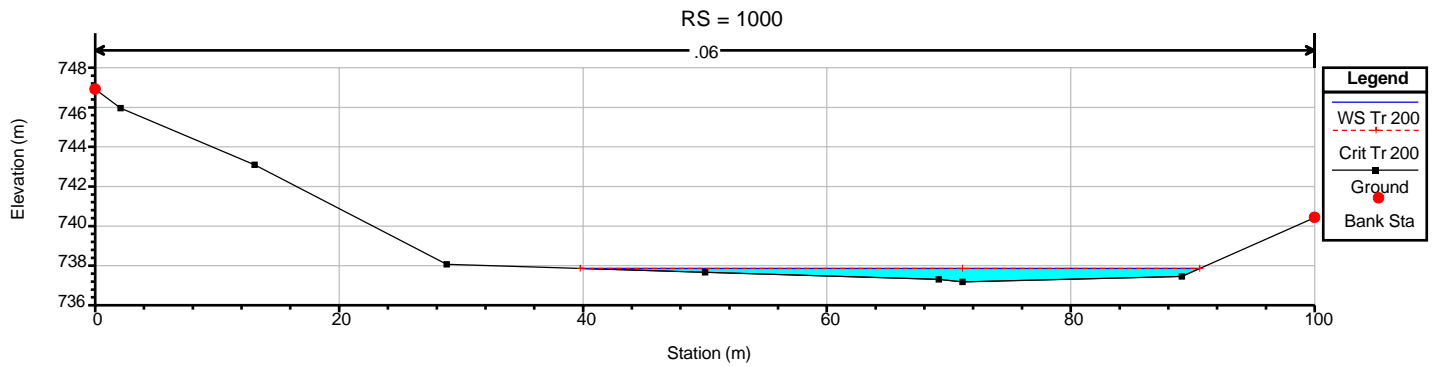
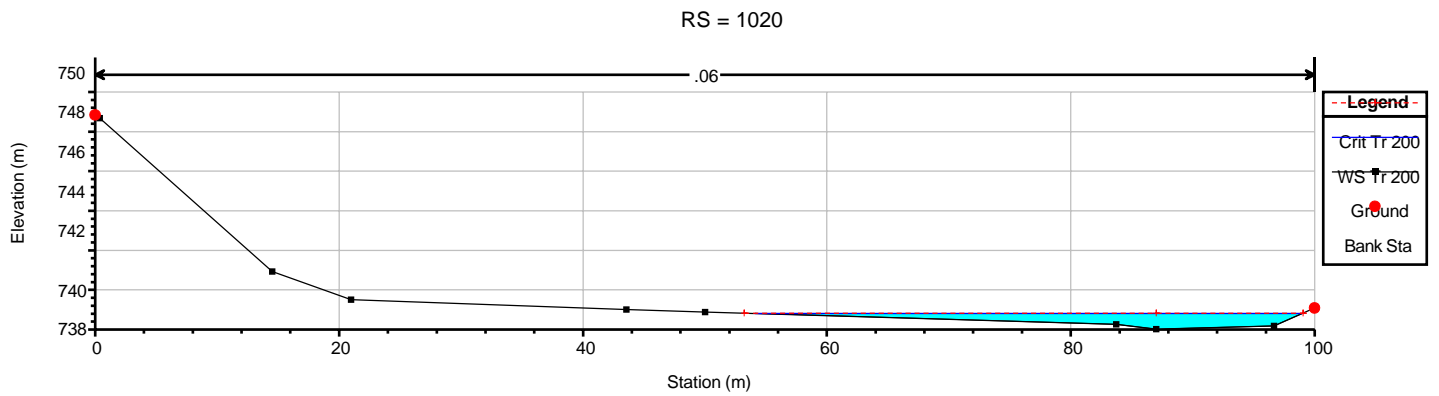
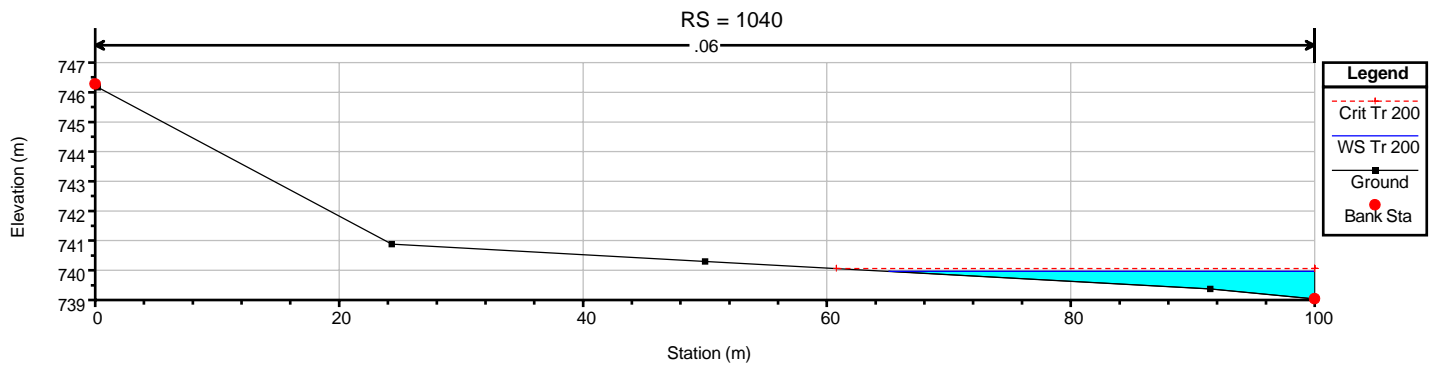
60

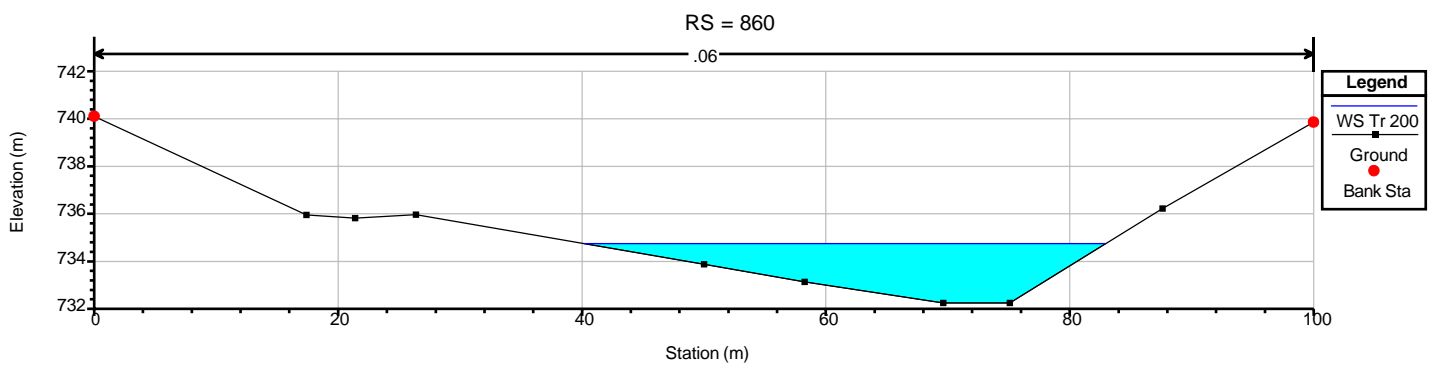
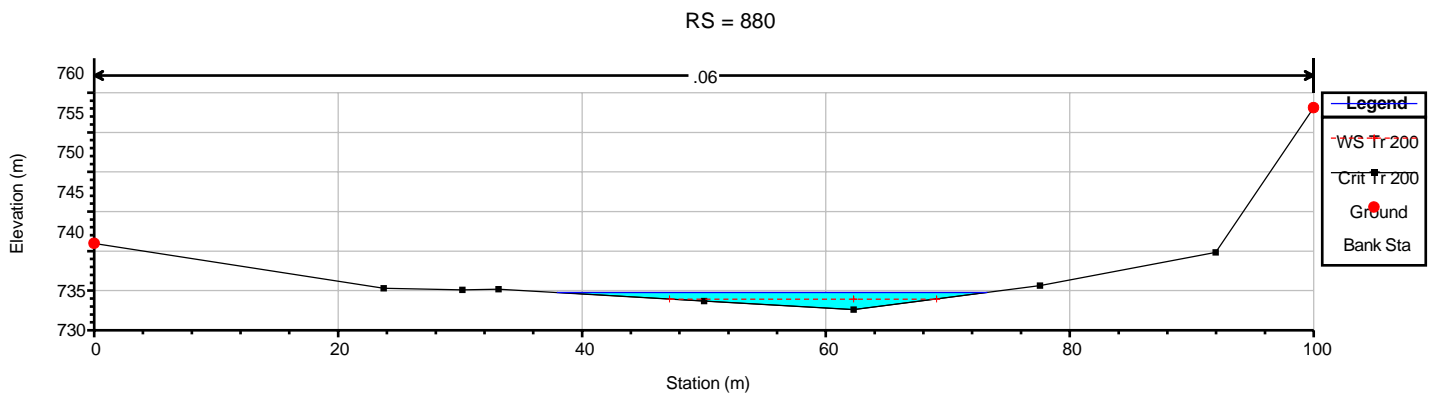
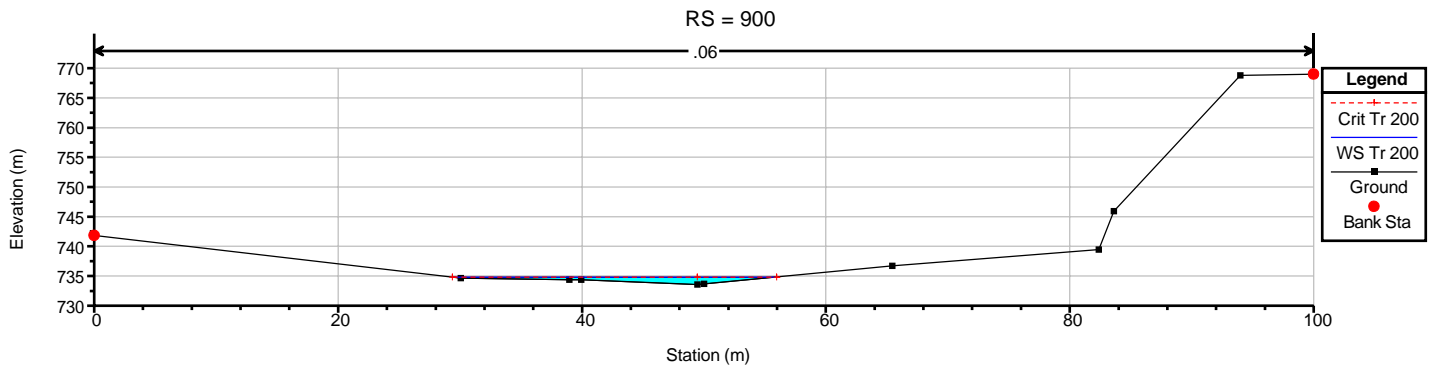
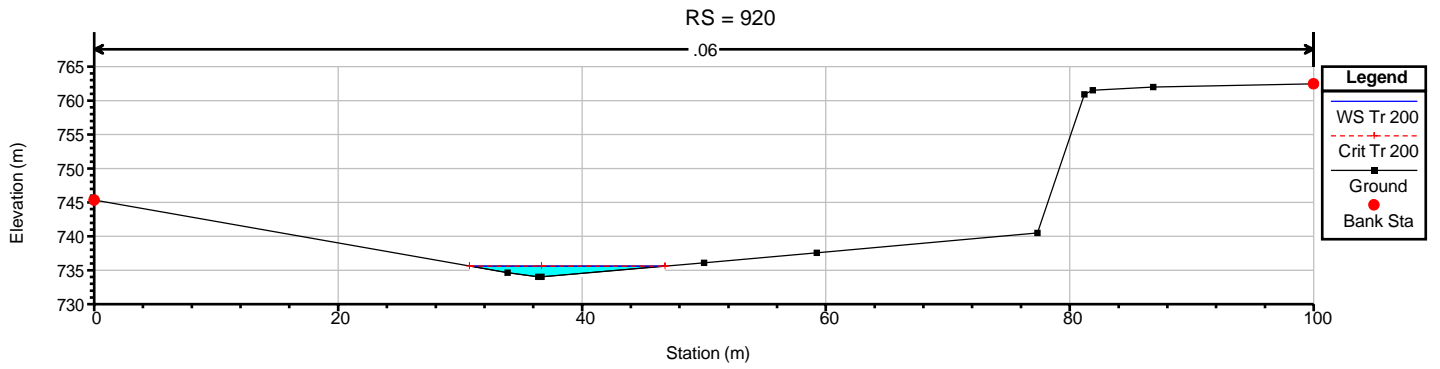
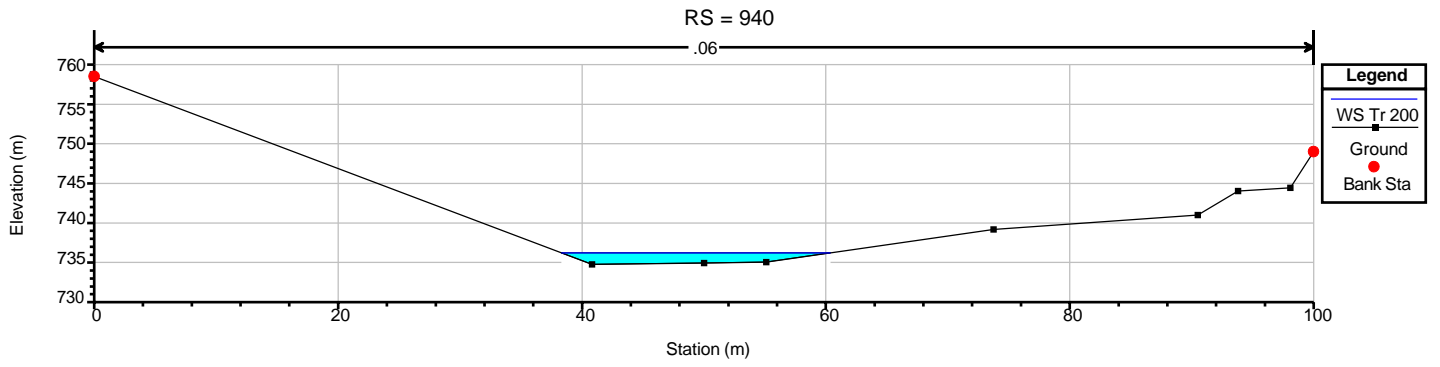
80

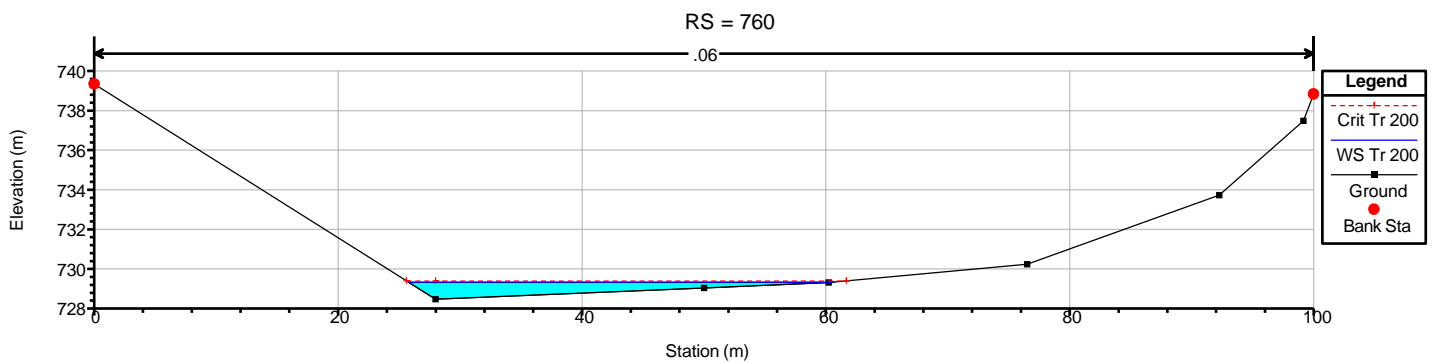
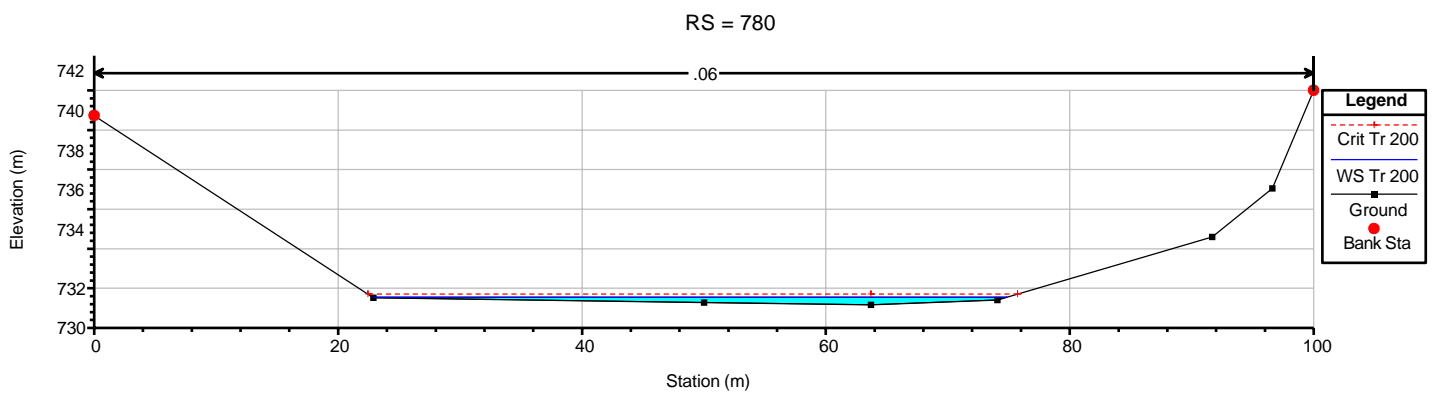
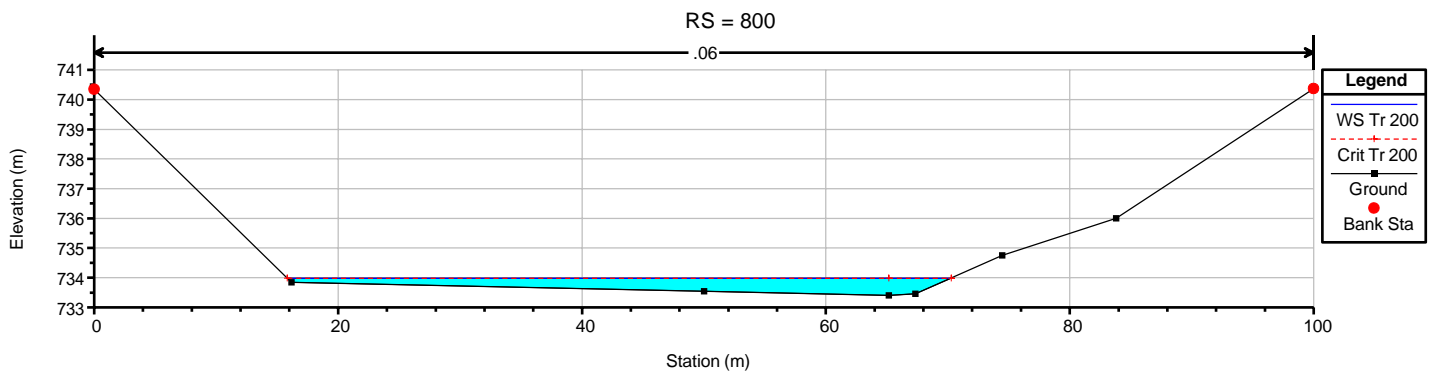
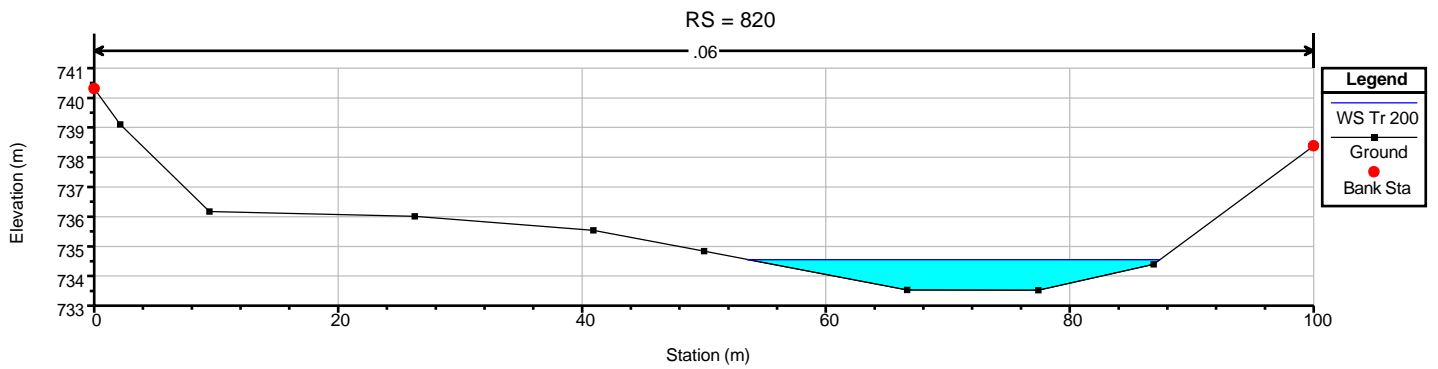
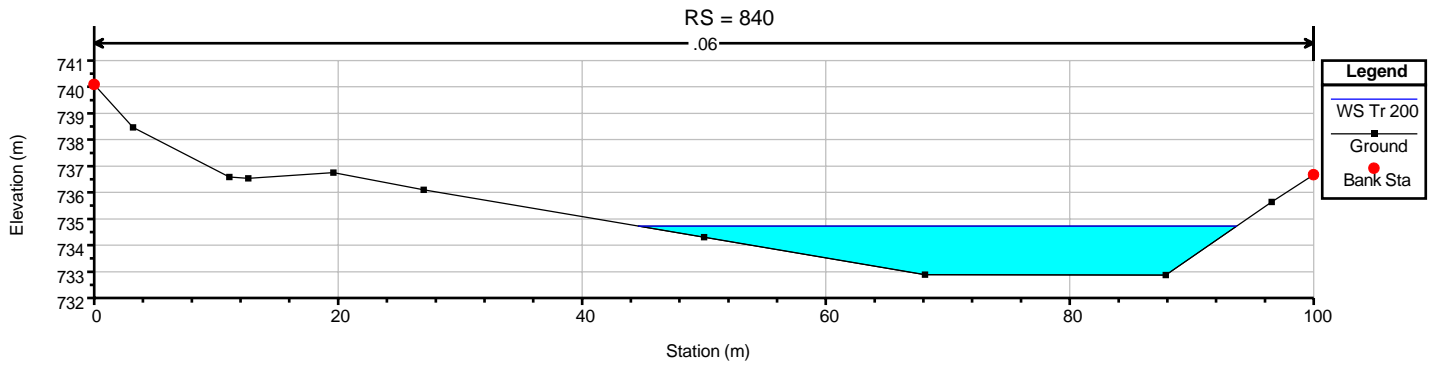
100

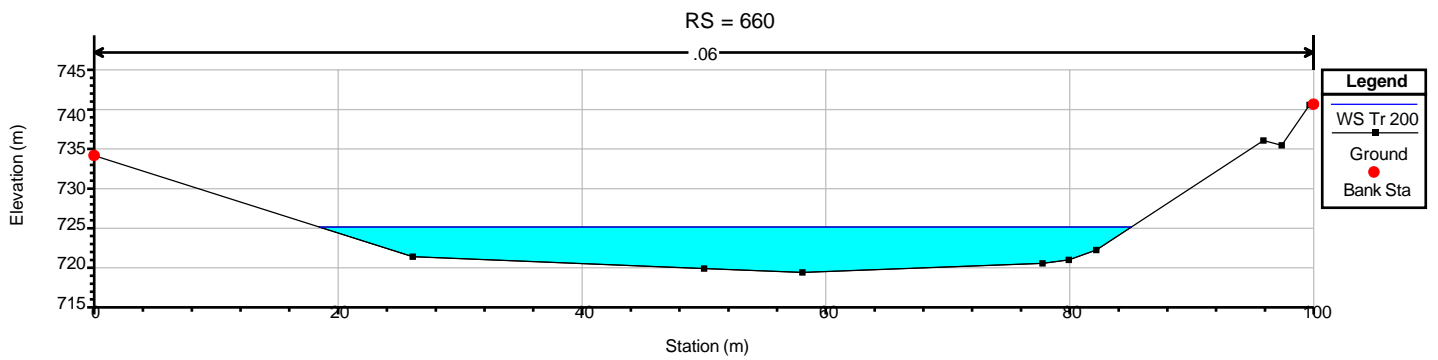
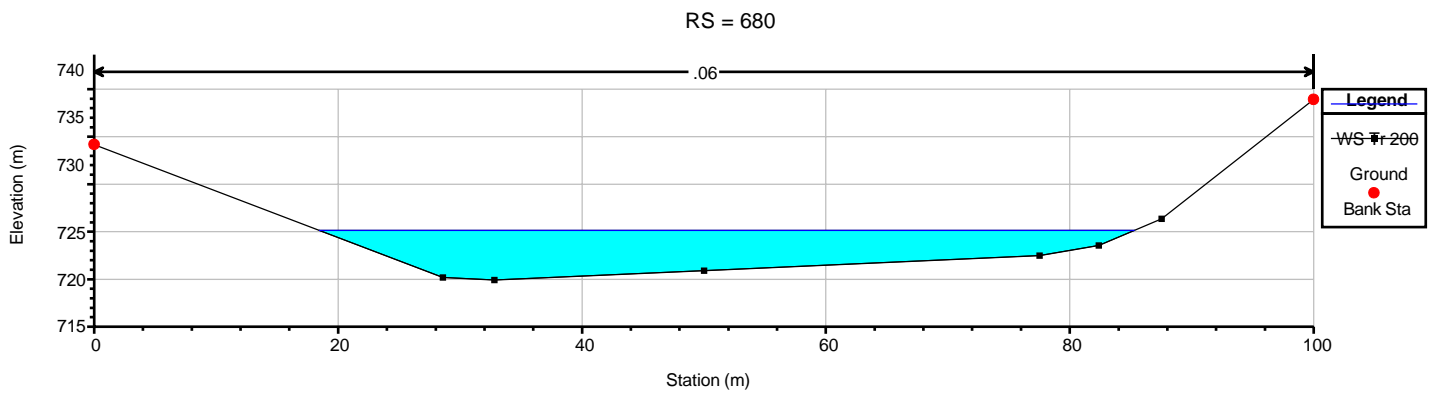
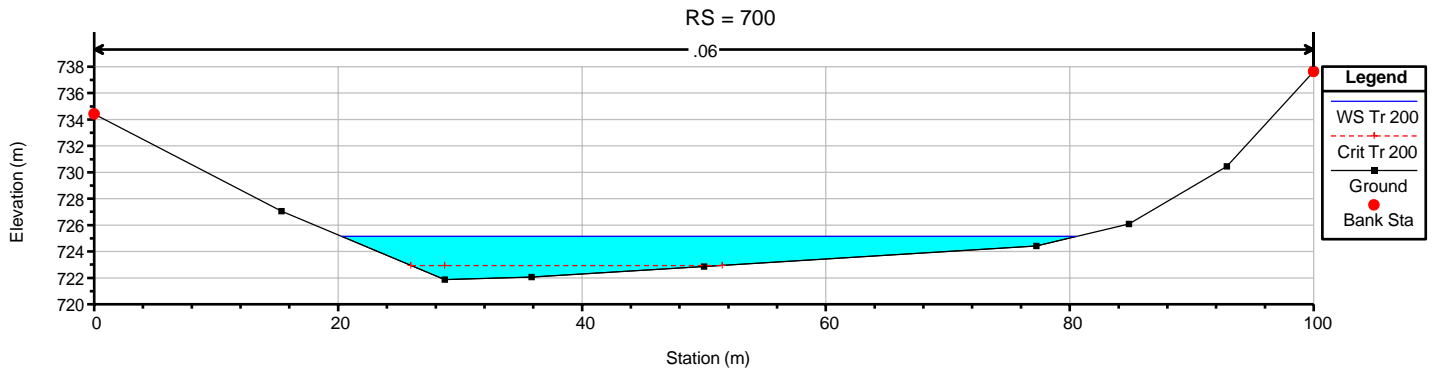
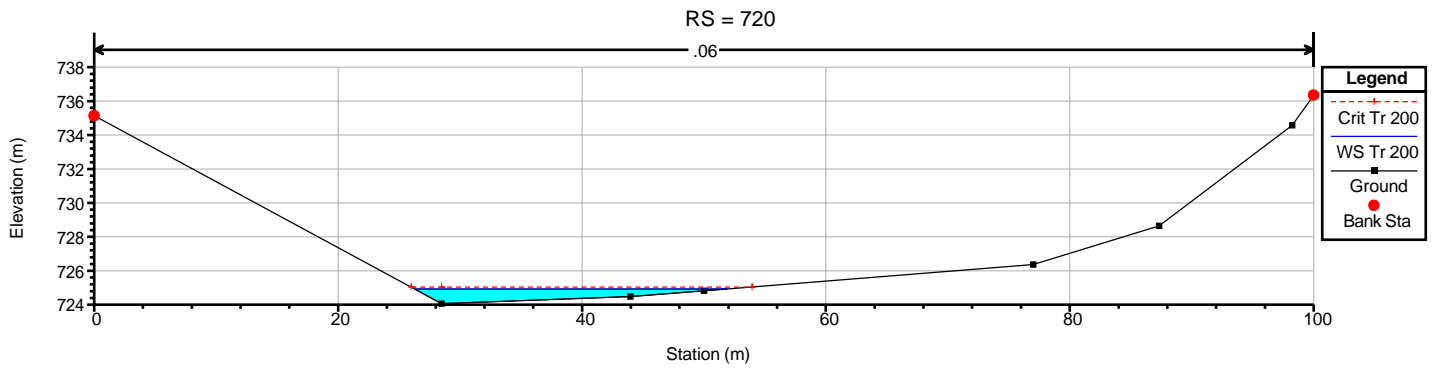
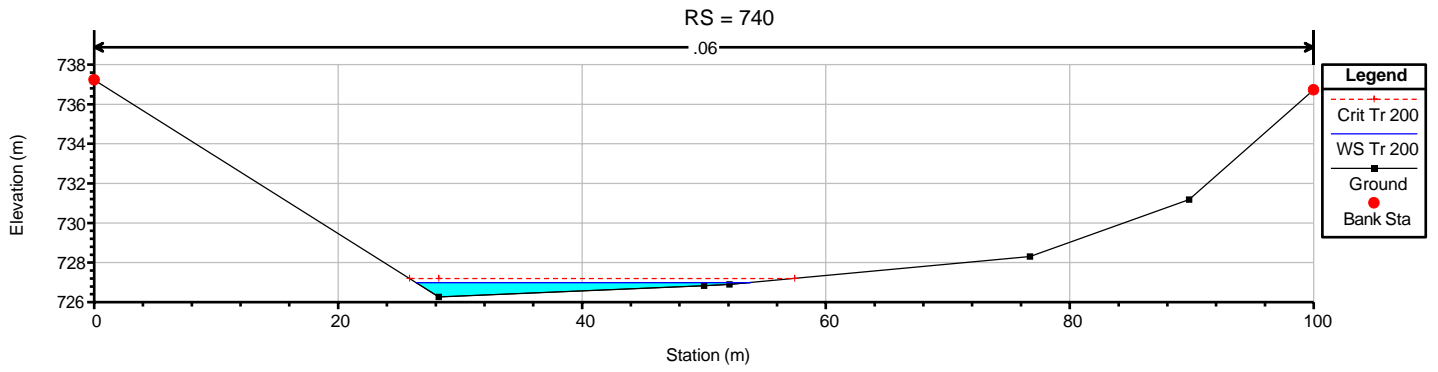
Station (m)

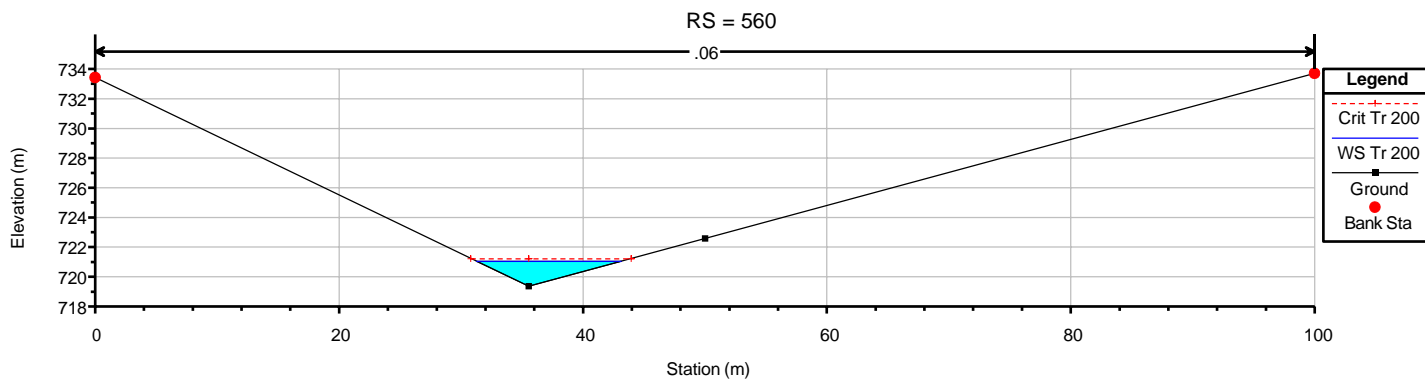
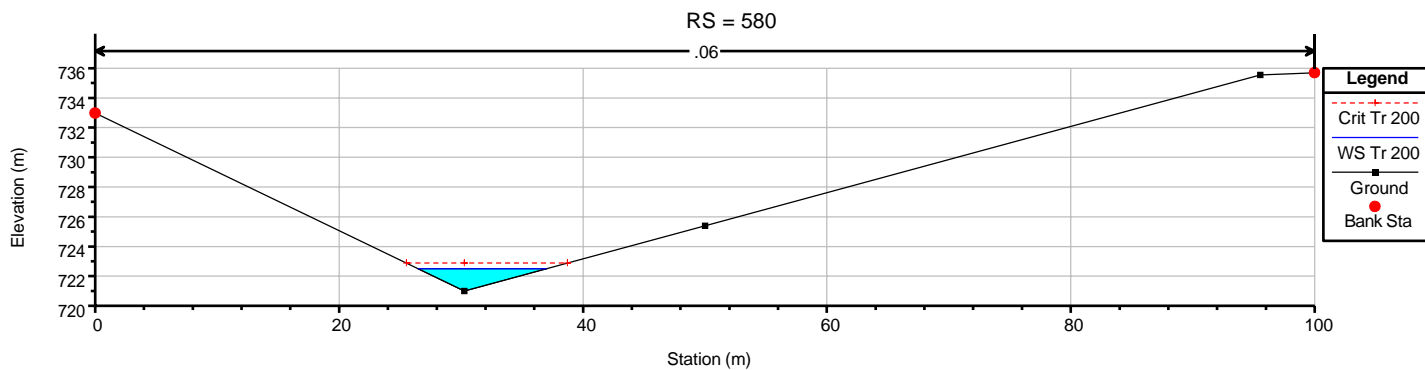
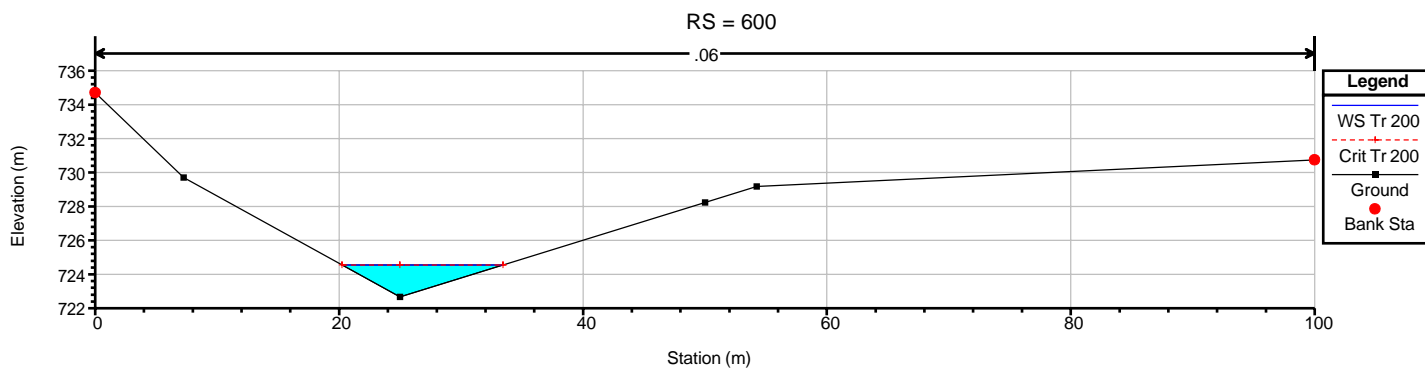
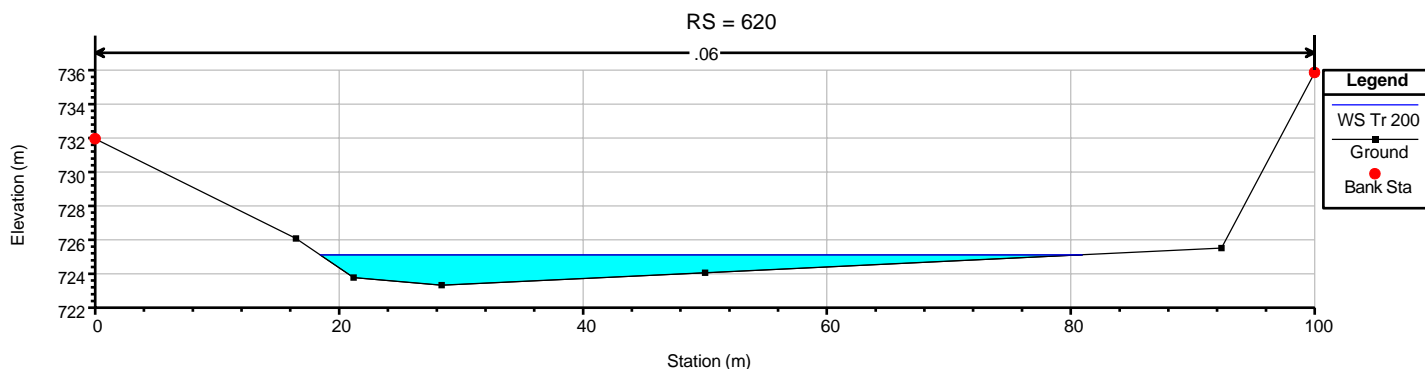
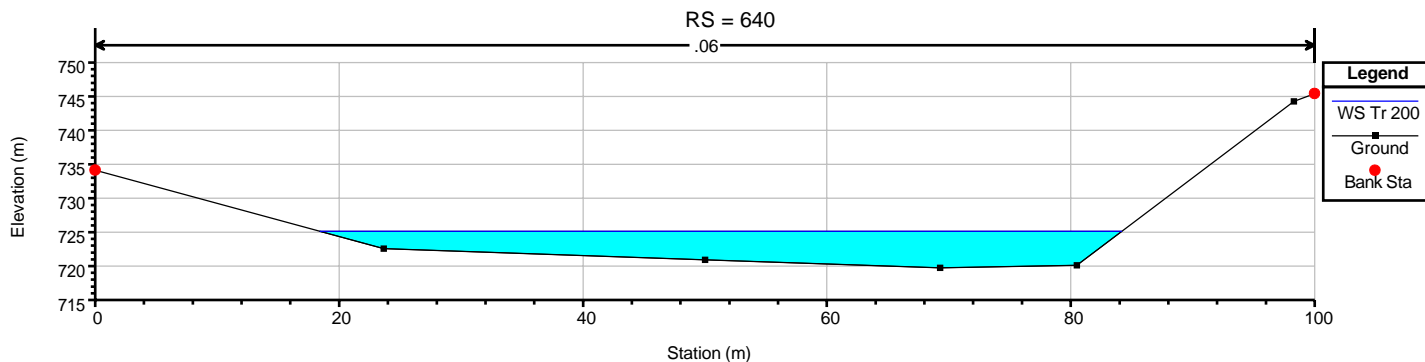


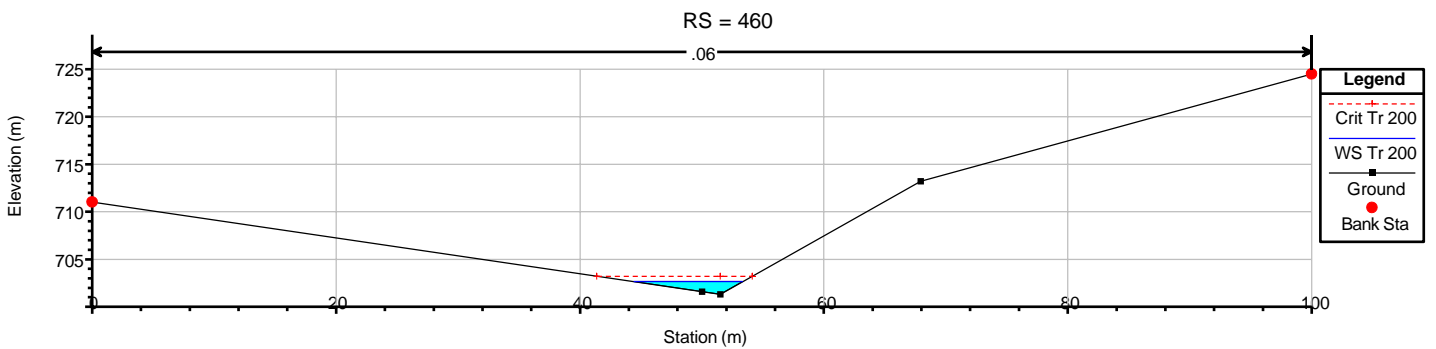
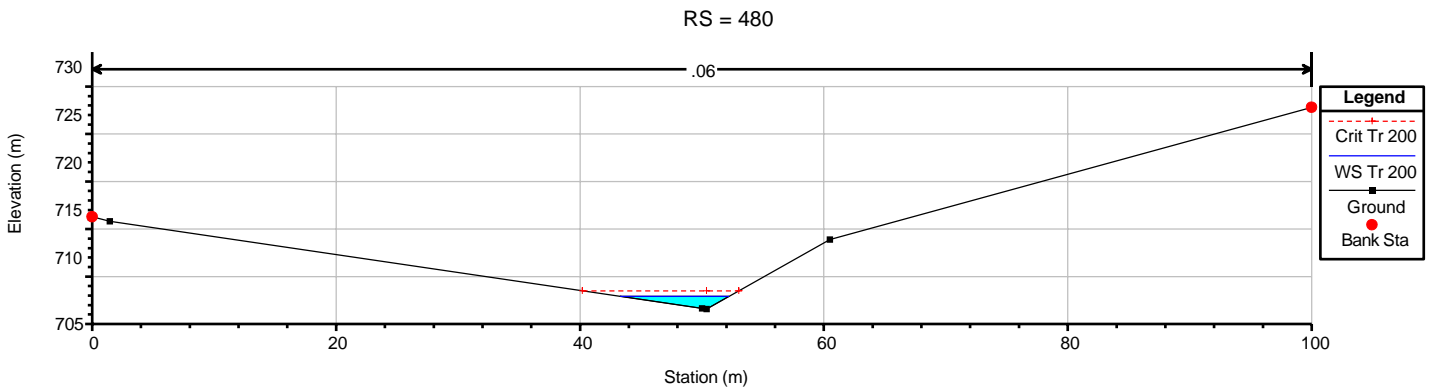
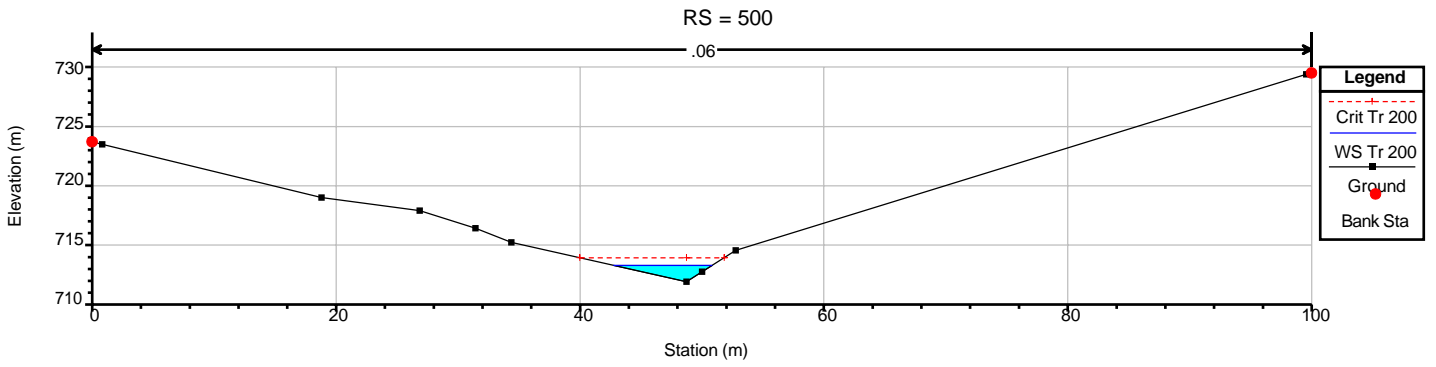
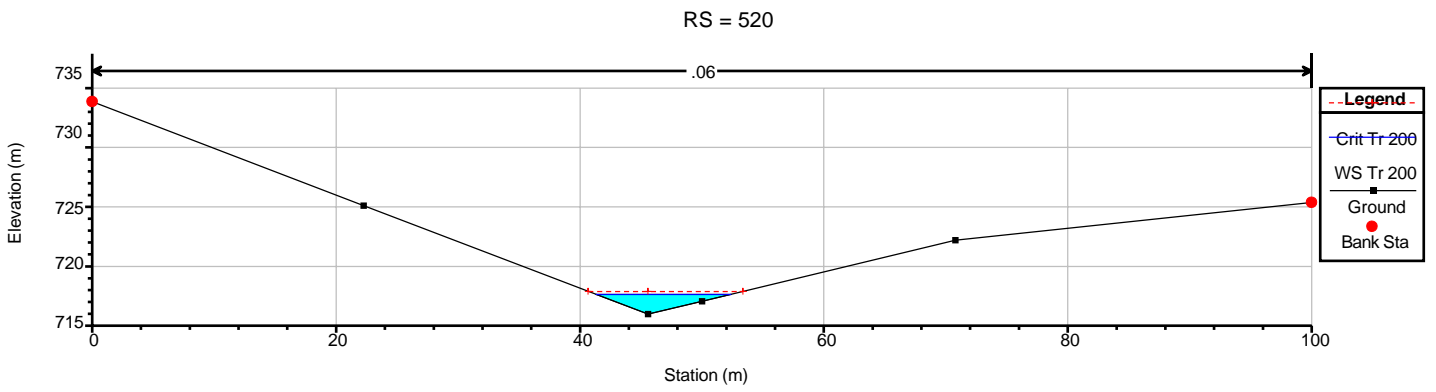
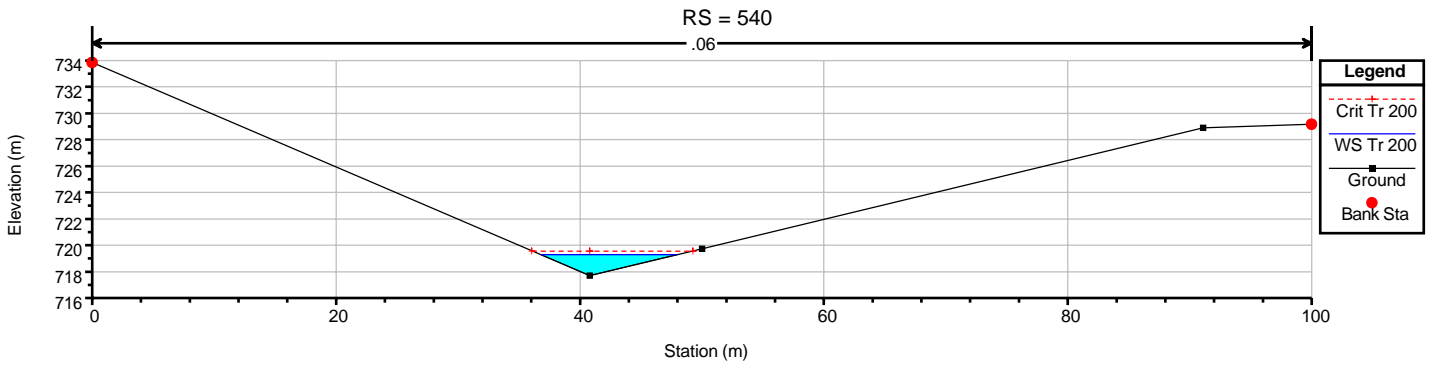












700

RS = 540

0

20

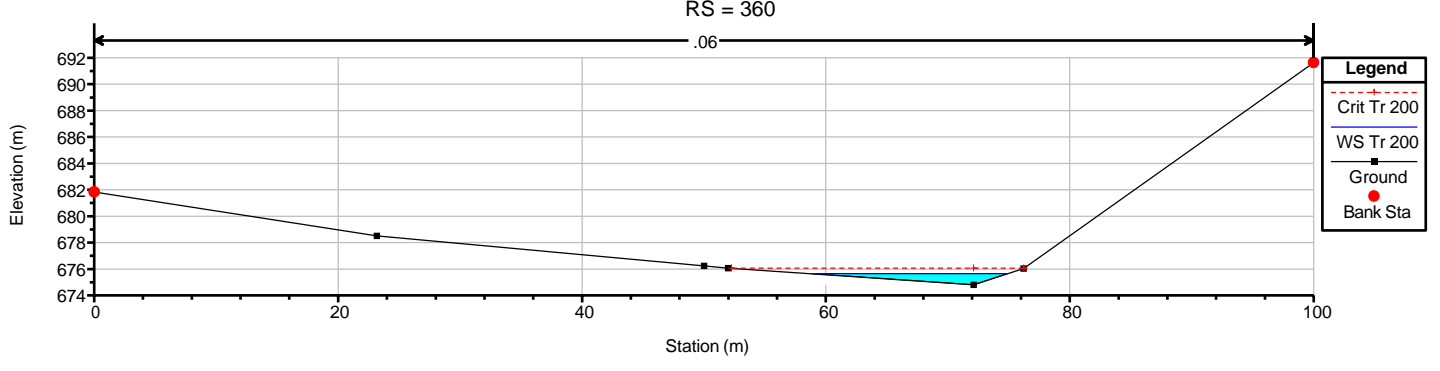
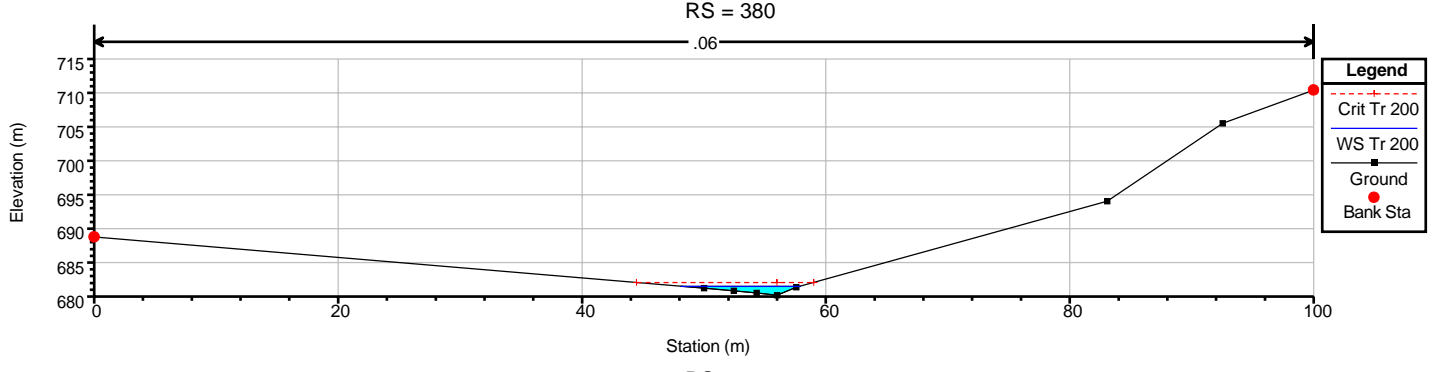
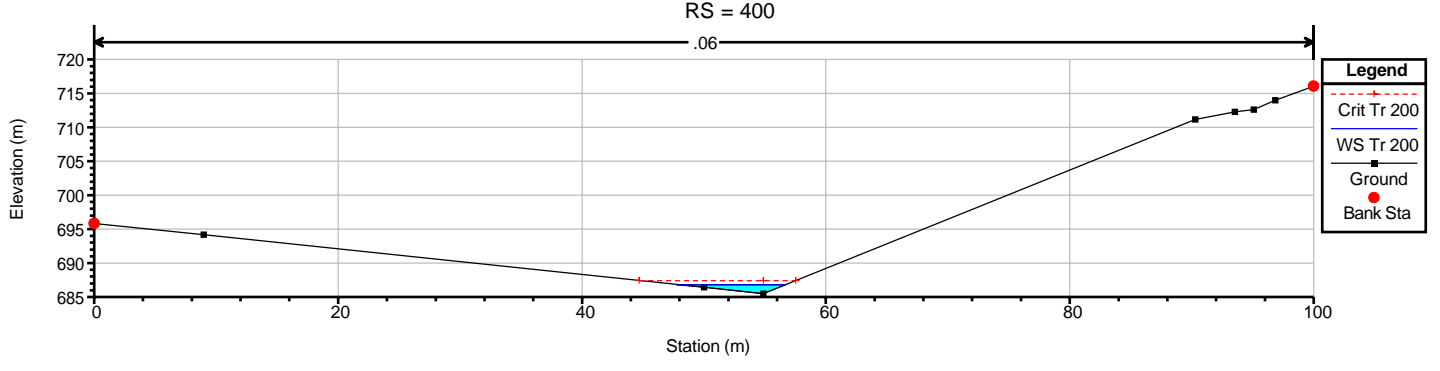
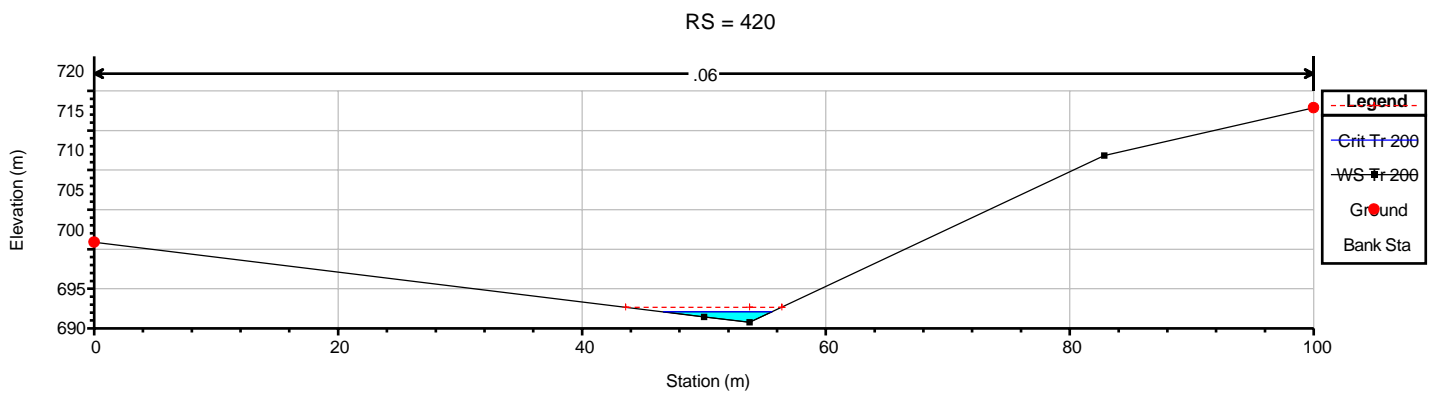
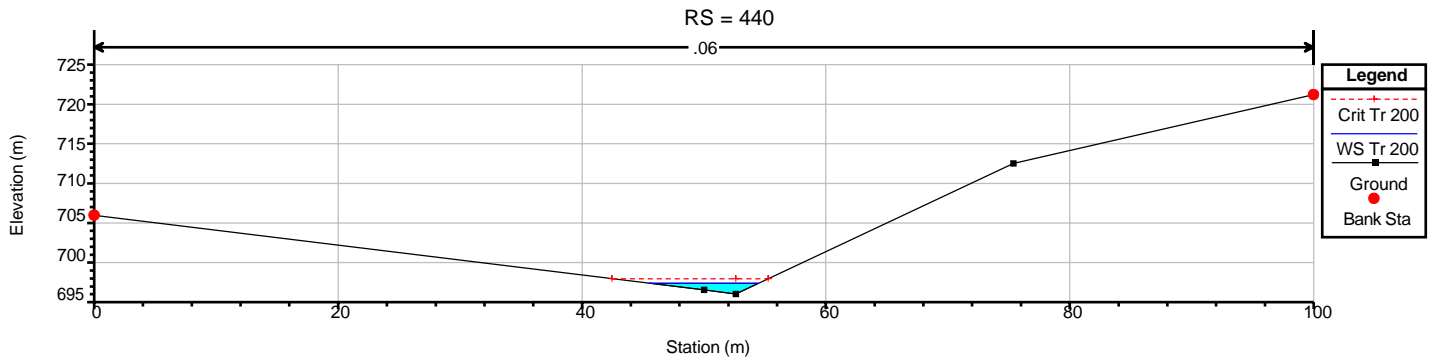
40

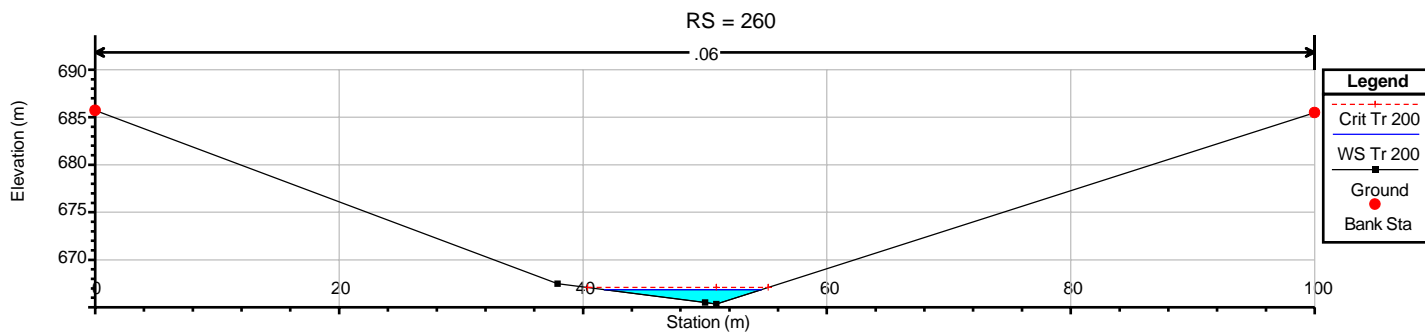
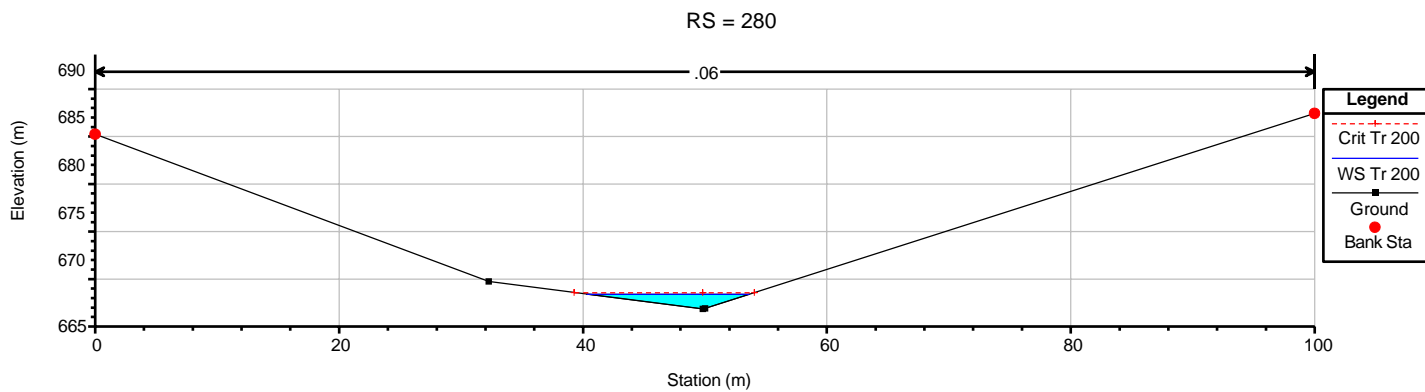
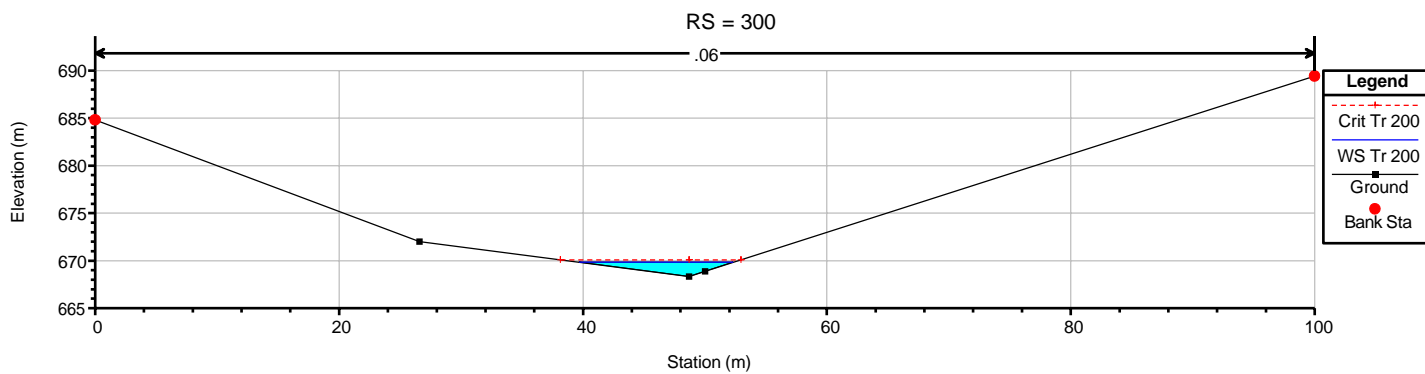
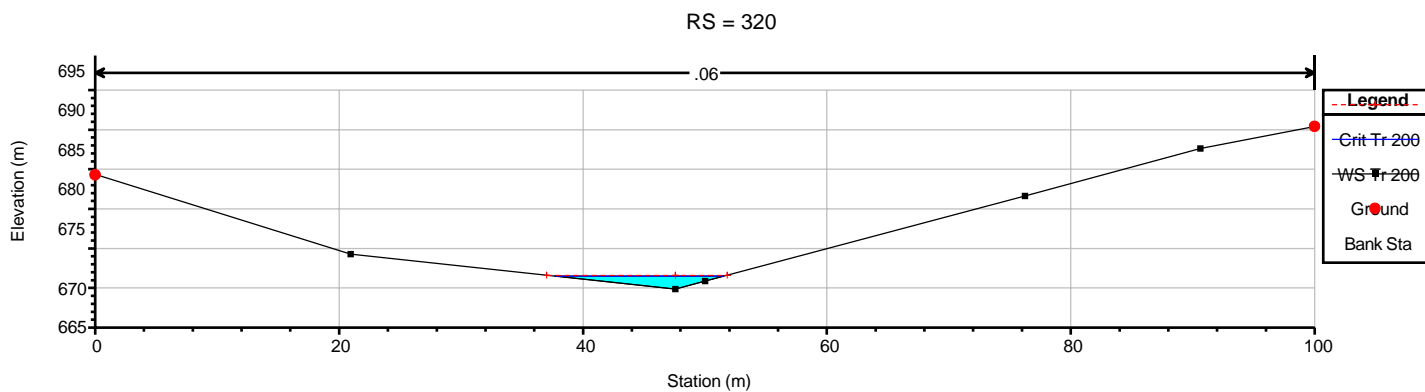
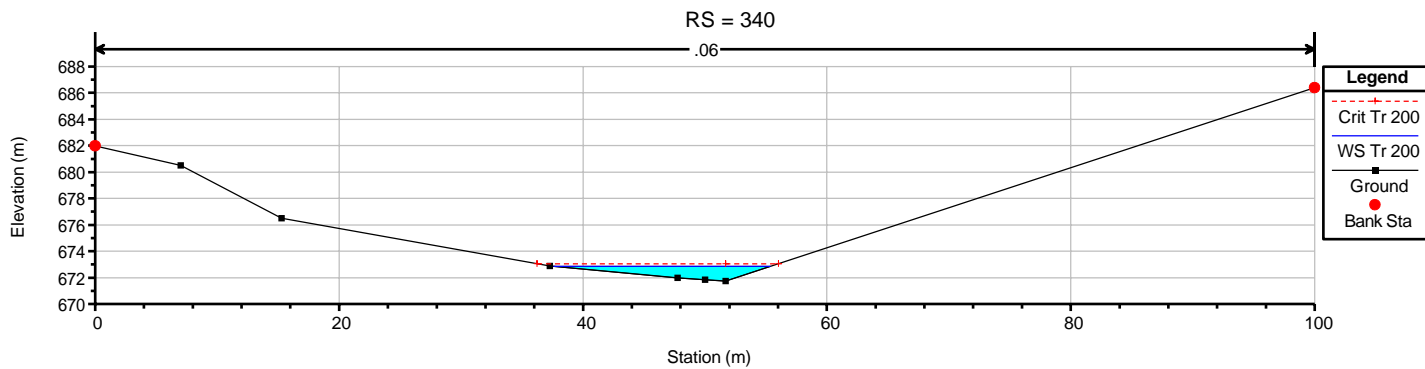
60

80

100

Station (m)





665

RS = 340

0

20

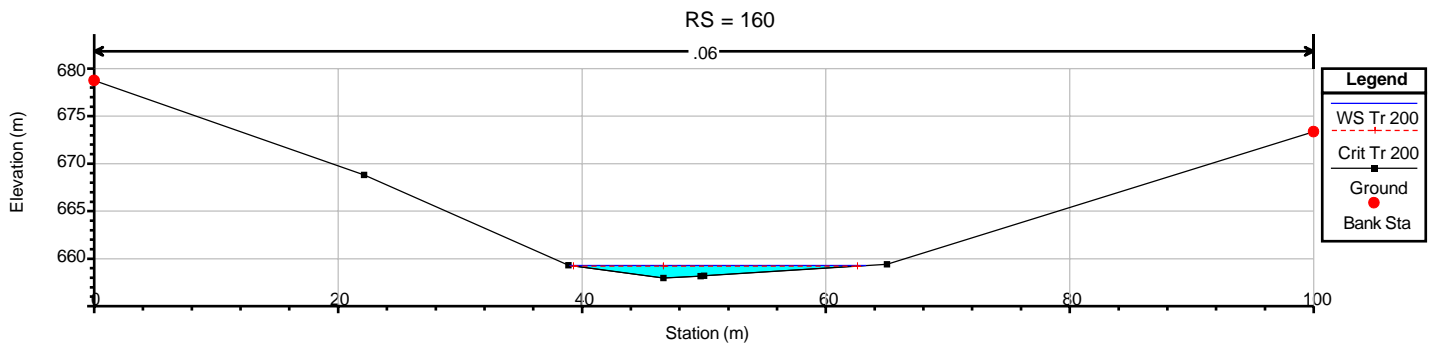
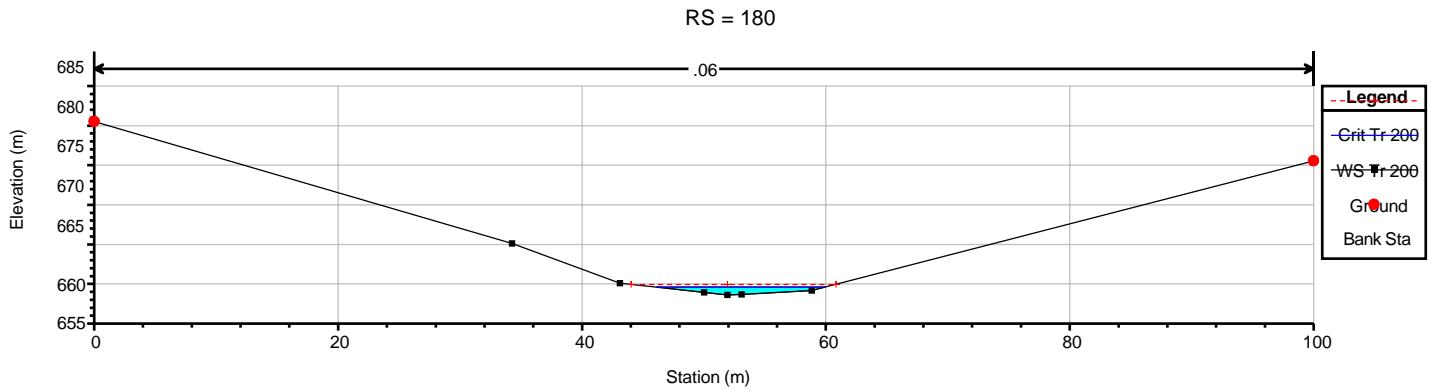
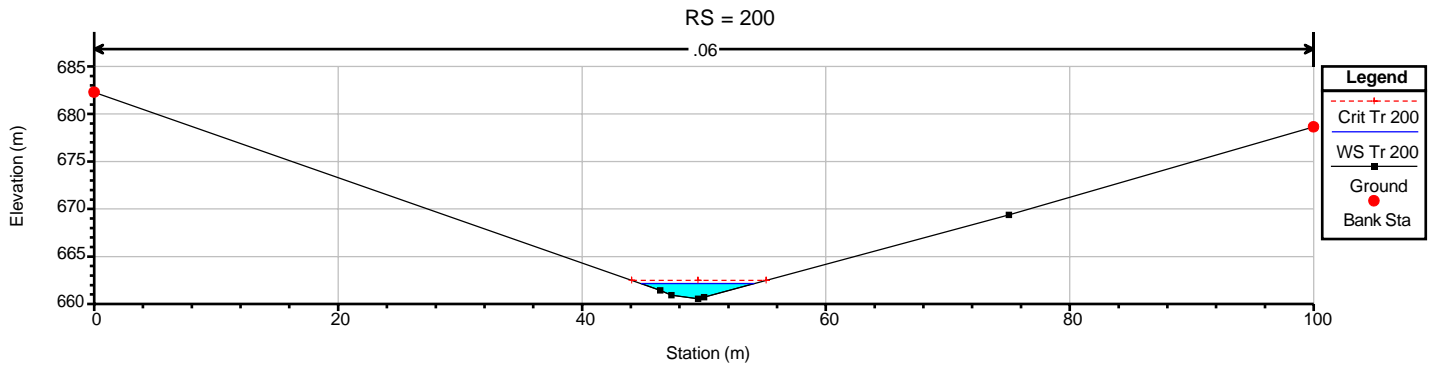
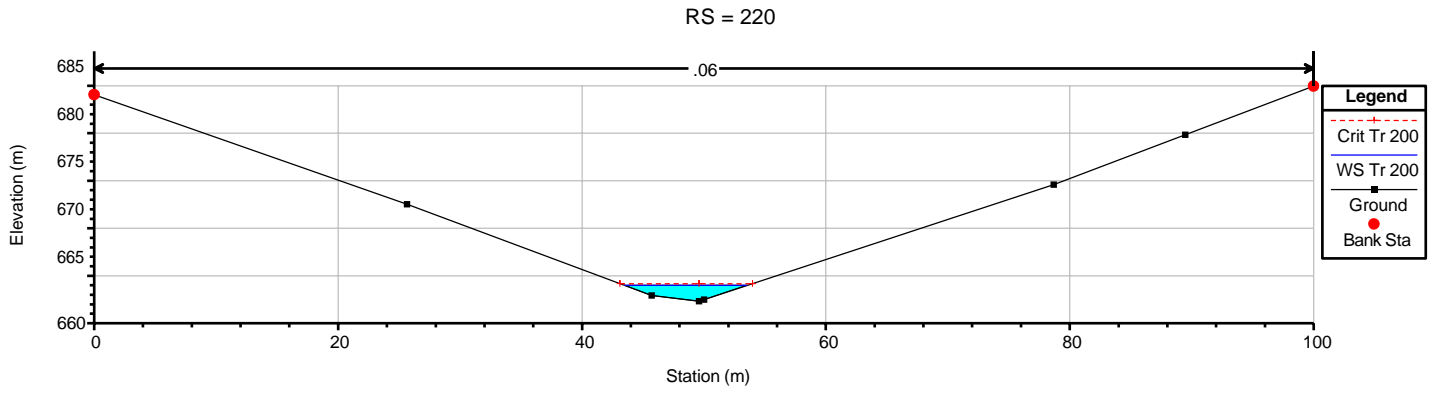
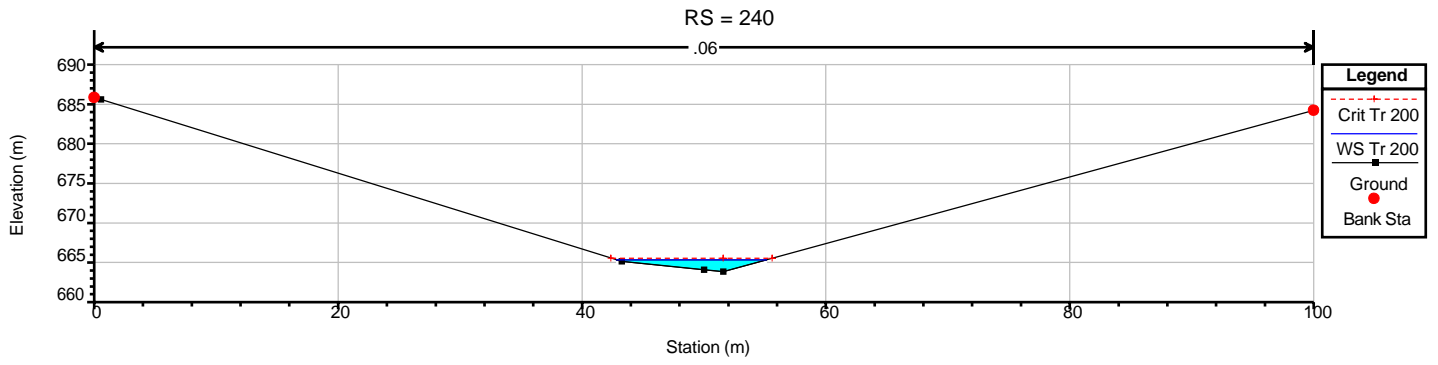
40

60

80

100

Station (m)



655

RS = 240

0

20

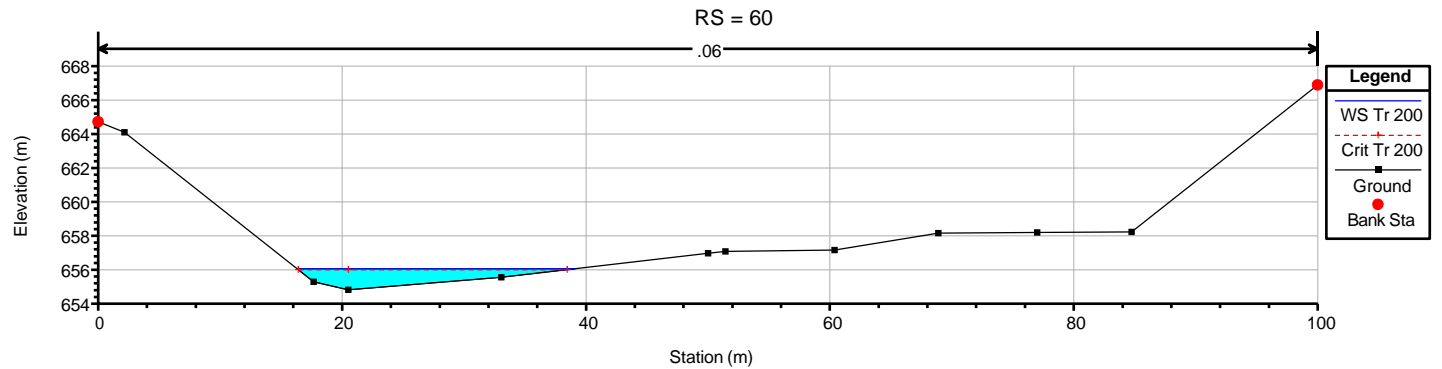
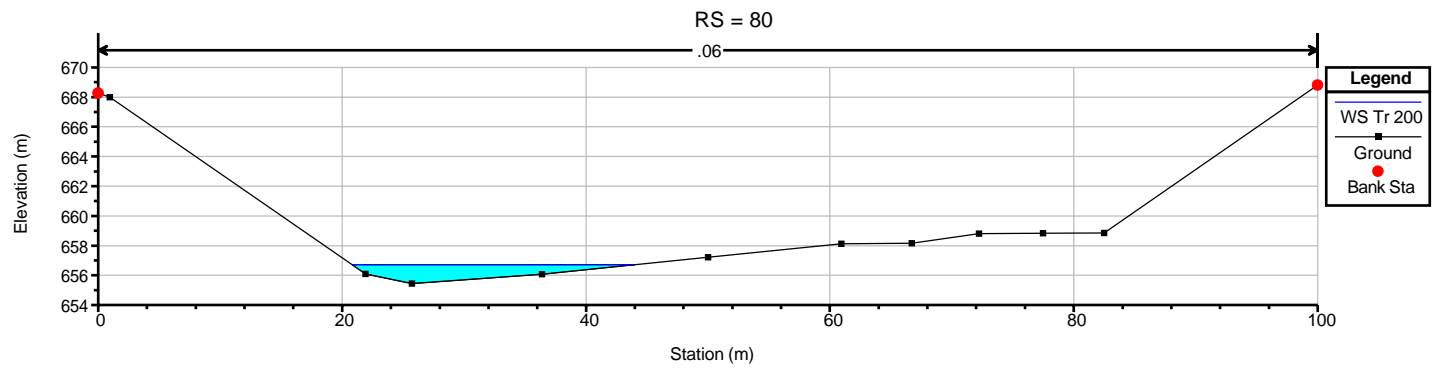
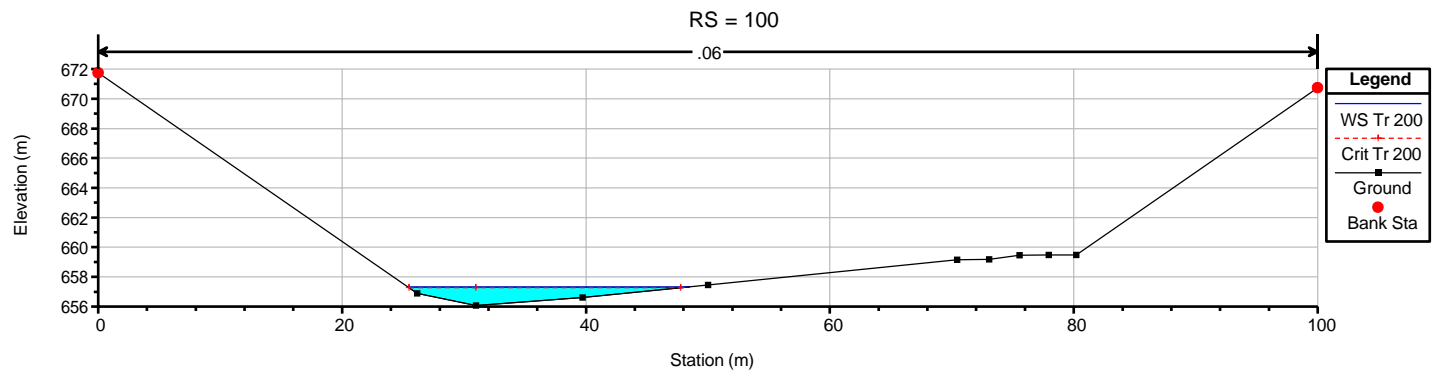
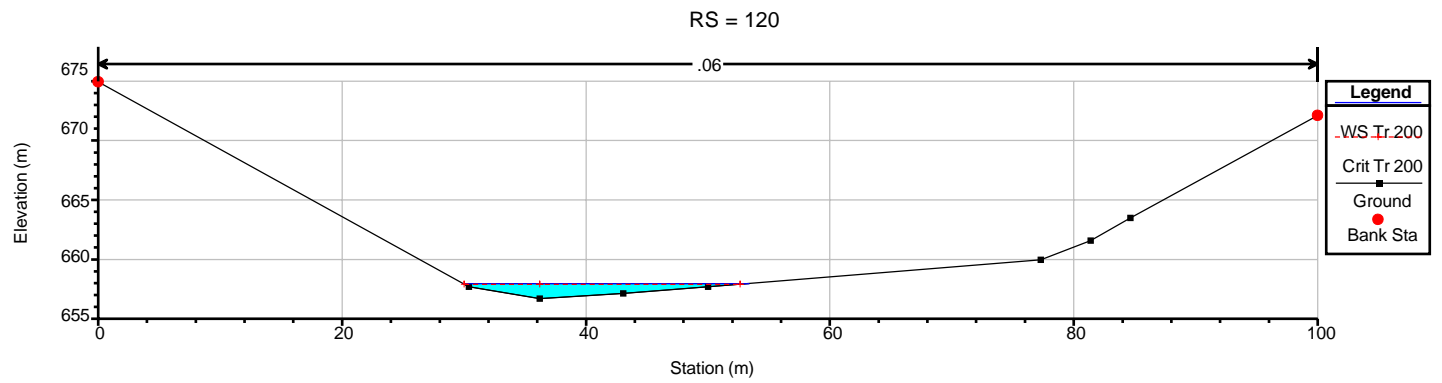
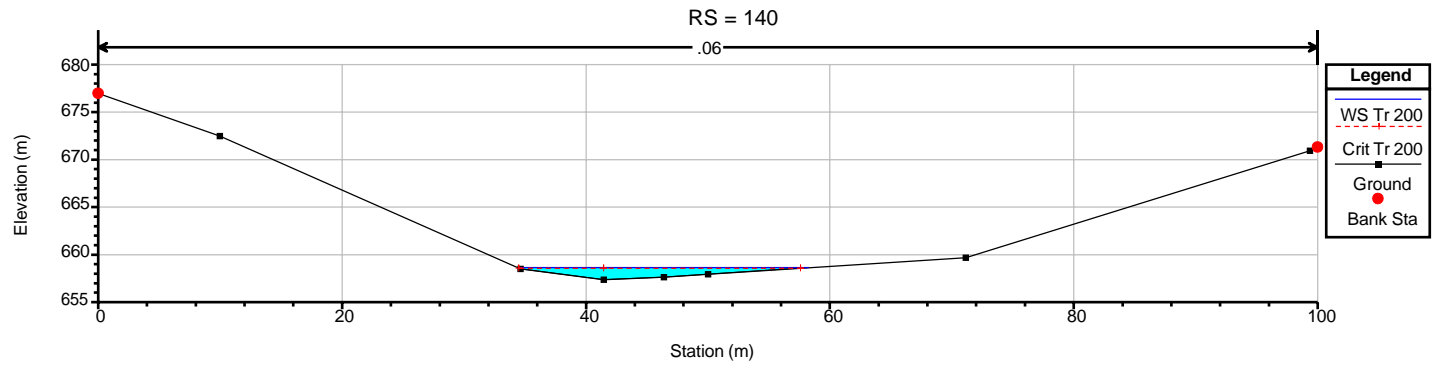
40

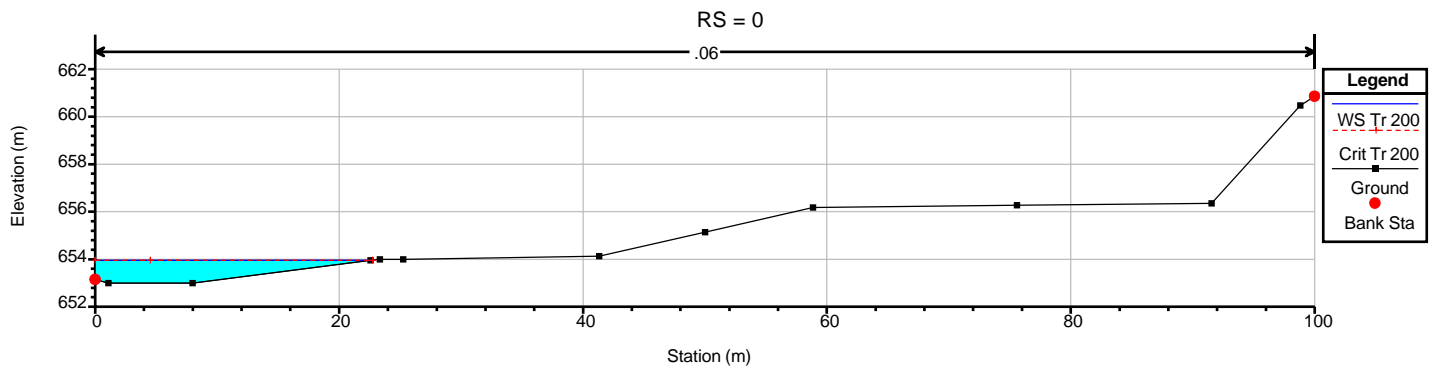
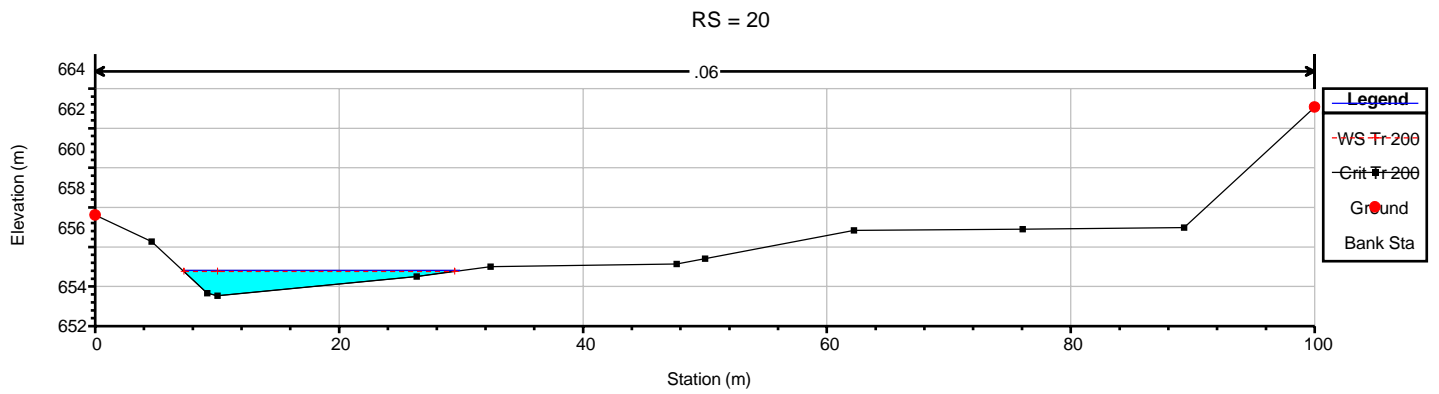
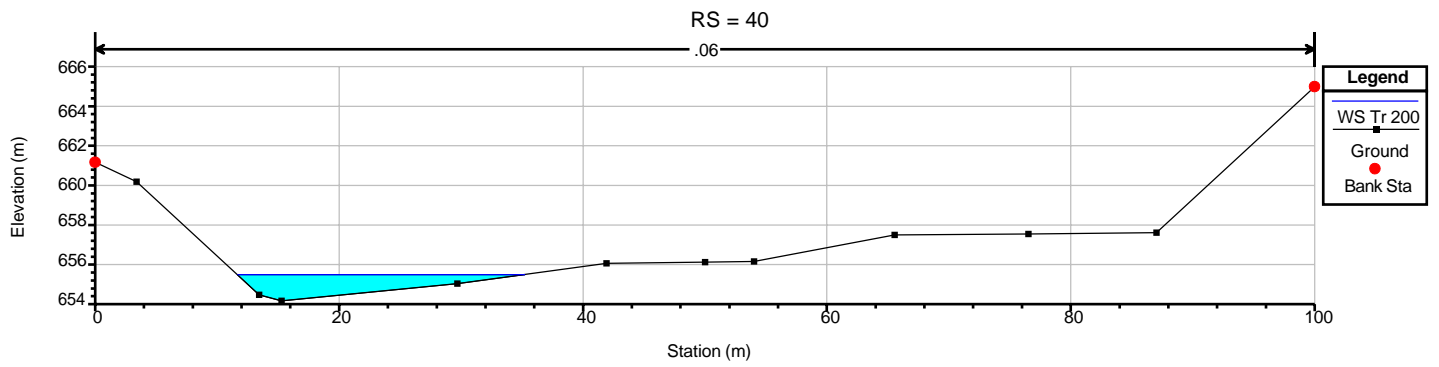
60

80

100

Station (m)





Anexo 7. Cuadro final de resultados HEC RAS

CUADRO FINAL DE RESULTADOS HEC RAS - 200 AÑOS

RIO	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	TIRANTE
			(m ³ /s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m ²)	(m)		(m)
QDA DEL DIABLO	2240	Tr 200	37.78	821.94	823.14	822.97	823.28	0.017	1.64	22.98	35.27	0.65	1.2
QDA DEL DIABLO	2220	Tr 200	37.78	820.98	822.4	822.4	822.75	0.041	2.62	14.41	20.71	1	1.42
QDA DEL DIABLO	2200	Tr 200	37.78	820.02	821.38	821.44	821.84	0.051	2.99	12.65	17.43	1.12	1.36
QDA DEL DIABLO	2180	Tr 200	37.78	819.06	820.36	820.42	820.82	0.051	2.98	12.67	17.68	1.12	1.3
QDA DEL DIABLO	2160	Tr 200	37.78	818.1	819.29	819.37	819.76	0.054	3.03	12.46	17.65	1.15	1.19
QDA DEL DIABLO	2140	Tr 200	37.78	817.14	818.19	818.27	818.67	0.055	3.07	12.32	17.44	1.16	1.05
QDA DEL DIABLO	2120	Tr 200	37.78	816.18	817.04	817.13	817.54	0.058	3.14	12.01	16.91	1.19	0.86
QDA DEL DIABLO	2100	Tr 200	37.78	813.41	814.43	814.84	815.72	0.147	5.04	7.5	10.37	1.89	1.02
QDA DEL DIABLO	2080	Tr 200	37.78	810.84	812.44	812.72	813.33	0.090	4.19	9.01	11.31	1.5	1.6
QDA DEL DIABLO	2060	Tr 200	37.78	808.91	810.53	810.83	811.48	0.095	4.32	8.74	10.83	1.54	1.62
QDA DEL DIABLO	2040	Tr 200	37.78	806.92	808.51	808.83	809.52	0.101	4.43	8.52	10.69	1.59	1.59
QDA DEL DIABLO	2020	Tr 200	37.78	804.93	806.53	806.84	807.51	0.098	4.39	8.61	10.75	1.56	1.6
QDA DEL DIABLO	2000	Tr 200	37.78	802.93	804.53	804.85	805.52	0.100	4.41	8.56	10.71	1.58	1.6
QDA DEL DIABLO	1980	Tr 200	37.78	800.94	802.54	802.85	803.53	0.100	4.4	8.58	10.72	1.57	1.6
QDA DEL DIABLO	1960	Tr 200	37.78	798.9	800.47	800.79	801.46	0.107	4.42	8.55	11.27	1.62	1.57
QDA DEL DIABLO	1940	Tr 200	37.78	795.41	797.09	797.62	798.75	0.167	5.72	6.6	7.9	2	1.68
QDA DEL DIABLO	1920	Tr 200	37.78	792.5	794.19	794.66	795.62	0.140	5.3	7.13	8.41	1.84	1.69
QDA DEL DIABLO	1900	Tr 200	37.78	789.32	790.96	791.48	792.57	0.164	5.62	6.72	8.17	1.98	1.64
QDA DEL DIABLO	1880	Tr 200	37.78	786.14	787.8	788.3	789.35	0.157	5.52	6.84	8.24	1.93	1.66
QDA DEL DIABLO	1860	Tr 200	37.78	782.96	784.61	785.12	Si	0.160	5.56	6.8	8.21	1.95	1.65
QDA DEL DIABLO	1840	Tr 200	37.78	779.78	781.43	781.94	783	0.159	5.55	6.81	8.22	1.95	1.65
QDA DEL DIABLO	1820	Tr 200	37.78	776.6	778.25	778.76	779.82	0.159	5.55	6.81	8.22	1.95	1.65
QDA DEL DIABLO	1800	Tr 200	37.78	774.36	775.74	776.14	776.98	0.120	4.93	7.67	9.17	1.72	1.38
QDA DEL DIABLO	1780	Tr 200	37.78	773.09	774.24	774.44	774.99	0.073	3.83	9.85	12.17	1.36	1.15
QDA DEL DIABLO	1760	Tr 200	37.78	771.81	772.79	772.96	773.44	0.079	3.58	10.55	15.44	1.38	0.98
QDA DEL DIABLO	1740	Tr 200	37.78	770.53	771.49	771.59	771.97	0.064	3.07	12.3	19.52	1.24	0.96
QDA DEL DIABLO	1720	Tr 200	37.78	769.83	770.56	770.46	770.75	0.026701	1.97	19.21	31.02	0.8	0.73
QDA DEL DIABLO	1700	Tr 200	37.78	769.22	770		770.17	0.030665	1.82	20.72	41.78	0.83	0.78
QDA DEL DIABLO	1680	Tr 200	37.78	768.47	769.34	769.3	769.5	0.037034	1.78	21.17	50.85	0.88	0.87
QDA DEL DIABLO	1660	Tr 200	37.78	767.73	768.54	768.51	768.73	0.039431	1.93	19.61	44.05	0.92	0.81
QDA DEL DIABLO	1640	Tr 200	37.78	766.99	767.79	767.75	767.97	0.03705	1.88	20.11	44.76	0.9	0.8
QDA DEL DIABLO	1620	Tr 200	37.78	766.24	767.01	766.98	767.22	0.037407	2.03	18.58	36.98	0.92	0.77
QDA DEL DIABLO	1600	Tr 200	37.78	765.5	766.36		766.57	0.028506	1.99	18.96	31.72	0.82	0.86
QDA DEL DIABLO	1580	Tr 200	37.78	764.47	765.53	765.53	765.87	0.041616	2.58	14.64	21.89	1.01	1.06
QDA DEL DIABLO	1560	Tr 200	37.78	762.86	763.7	763.95	764.5	0.124812	3.95	9.57	17.29	1.69	0.84
QDA DEL DIABLO	1540	Tr 200	37.78	761.24	762.31	762.4	762.8	0.056169	3.08	12.27	17.65	1.18	1.07
QDA DEL DIABLO	1520	Tr 200	37.78	759.63	760.66	760.87	761.37	0.08988	3.74	10.1	15.41	1.47	1.03
QDA DEL DIABLO	1500	Tr 200	37.78	758.01	759.22	759.36	759.81	0.065239	3.4	11.12	15.34	1.28	1.21
QDA DEL DIABLO	1480	Tr 200	37.78	756.4	757.7	757.89	758.38	0.07753	3.67	10.29	14.37	1.39	1.3
QDA DEL DIABLO	1460	Tr 200	37.78	755	757.58	756.92	757.72	0.007793	1.69	22.3	17.3	0.48	2.58
QDA DEL DIABLO	1440	Tr 200	37.78	755	756.92	756.92	757.4	0.038031	3.07	12.31	12.85	1	1.92
QDA DEL DIABLO	1420	Tr 200	37.78	754.71	755.89	756.01	756.46	0.057843	3.34	11.33	14.65	1.21	1.18
QDA DEL DIABLO	1400	Tr 200	37.78	754.09	755.08	755.1	755.44	0.043267	2.63	14.35	21.55	1.03	0.99
QDA DEL DIABLO	1380	Tr 200	37.78	753.47	754.38	754.35	754.65	0.038159	2.31	16.33	27.14	0.95	0.91
QDA DEL DIABLO	1360	Tr 200	37.78	752.85	753.77		753.96	0.02919	1.96	19.32	33.86	0.83	0.92
QDA DEL DIABLO	1340	Tr 200	37.78	752.24	753.13	753.08	753.32	0.035226	1.95	19.36	39.23	0.89	0.89
QDA DEL DIABLO	1320	Tr 200	37.78	751.63	752.57		752.71	0.025284	1.68	22.43	44.2	0.76	0.94
QDA DEL DIABLO	1300	Tr 200	37.78	751.02	751.88	751.86	752.08	0.040818	1.93	19.55	44.96	0.94	0.86
QDA DEL DIABLO	1280	Tr 200	37.78	750.4	751.4		751.51	0.019106	1.45	25.99	51.81	0.66	1
QDA DEL DIABLO	1260	Tr 200	37.78	749.65	750.75	750.74	750.95	0.043773	1.97	19.18	45.08	0.96	1.1
QDA DEL DIABLO	1240	Tr 200	37.78	748.64	749.79	749.79	750.07	0.042736	2.37	15.93	27.81	1	1.15
QDA DEL DIABLO	1220	Tr 200	37.78	747.64	749	748.77	749.15	0.015576	1.71	22.04	29.26	0.63	1.36
QDA DEL DIABLO	1200	Tr 200	37.78	746.86	748.34	748.29	748.69	0.033349	2.62	14.39	17.61	0.93	1.48
QDA DEL DIABLO	1180	Tr 200	37.78	746.49	747.95		748.15	0.019063	1.98	19.06	23.58	0.7	1.46
QDA DEL DIABLO	1160	Tr 200	37.78	746.12	747.6		747.77	0.018194	1.84	20.53	27.52	0.68	1.48
QDA DEL DIABLO	1140	Tr 200	37.78	745.75	747.3		747.44	0.014379	1.68	22.49	29	0.61	1.55
QDA DEL DIABLO	1120	Tr 200	37.78	745.38	746.64	746.64	746.97	0.042318	2.52	15	23.68	1.01	1.26
QDA DEL DIABLO	1100	Tr 200	37.78	745	745.77	745.78	745.98	0.054128	2.04	18.51	48.24	1.05	0.77
QDA DEL DIABLO	1080	Tr 200	37.78	742.9	743.53	743.7	744.08	0.198962	3.28	11.52	39.3	1.93	0.63
QDA DEL DIABLO	1060	Tr 200	37.78	740.78	741.57	741.62	741.84	0.067286	2.31	16.36	41.69	1.18	0.79
QDA DEL DIABLO	1040	Tr 200	37.78	739.04	739.97	740.07	740.33	0.085412	2.64	14.32	34.95	1.32	0.93
QDA DEL DIABLO	1020	Tr 200	37.78	738.02	738.8	738.82	739.03	0.054665	2.11	17.91	44.88	1.07	0.78
QDA DEL DIABLO	1000	Tr 200	37.78	737.18	737.86	737.86	738.06	0.050251	1.96	19.3	50.82	1.01	0.68
QDA DEL DIABLO	980	Tr 200	37.78	736.35	737.07	737	737.24	0.028458	1.79	21.1	41.38	0.8	0.72

CUADRO FINAL DE RESULTADOS HEC RAS - 200 AÑOS

RIO	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	TIRANTE
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
QDA DEL DIABLO	960	Tr 200	37.78	735.53	736.45		736.66	0.028687	2.02	18.71	30.62	0.82	0.92
QDA DEL DIABLO	940	Tr 200	37.78	734.76	736.22		736.35	0.008547	1.59	23.73	22.07	0.49	1.46
QDA DEL DIABLO	920	Tr 200	37.78	734	735.59	735.59	736.01	0.038732	2.85	13.26	16.03	1	1.59
QDA DEL DIABLO	900	Tr 200	37.78	733.54	734.8	734.82	735.12	0.048218	2.51	15.07	26.39	1.06	1.26
QDA DEL DIABLO	880	Tr 200	37.78	732.59	734.75	733.93	734.8	0.003202	0.99	38.22	35.31	0.3	2.16
QDA DEL DIABLO	860	Tr 200	37.78	732.24	734.74		734.76	0.000855	0.62	61.42	42.8	0.16	2.5
QDA DEL DIABLO	840	Tr 200	37.78	732.88	734.73		734.74	0.000914	0.59	63.5	49.12	0.17	1.85
QDA DEL DIABLO	820	Tr 200	37.78	733.52	734.55		734.69	0.015231	1.61	23.49	33.88	0.62	1.03
QDA DEL DIABLO	800	Tr 200	37.78	733.4	733.99	733.99	734.17	0.051022	1.91	19.75	54.46	1.01	0.59
QDA DEL DIABLO	780	Tr 200	37.78	731.16	731.55	731.71	732.11	0.292567	3.29	11.48	52.04	2.24	0.39
QDA DEL DIABLO	760	Tr 200	37.78	728.46	729.33	729.39	729.64	0.064744	2.45	15.42	34.95	1.18	0.87
QDA DEL DIABLO	740	Tr 200	37.78	726.26	726.99	727.19	727.64	0.166188	3.58	10.56	27.47	1.84	0.73
QDA DEL DIABLO	720	Tr 200	37.78	724.06	724.92	725.04	725.36	0.07897	2.94	12.84	25.61	1.33	0.86
QDA DEL DIABLO	700	Tr 200	37.78	721.86	725.14	722.94	725.15	0.000159	0.32	116.72	60.24	0.07	3.28
QDA DEL DIABLO	680	Tr 200	37.78	719.92	725.14		725.14	0.000018	0.16	235.79	66.88	0.03	5.22
QDA DEL DIABLO	660	Tr 200	37.78	719.41	725.14		725.14	0.000009	0.13	289.69	66.64	0.02	5.73
QDA DEL DIABLO	640	Tr 200	37.78	719.76	725.14		725.14	0.000014	0.15	255.47	65.78	0.02	5.38
QDA DEL DIABLO	620	Tr 200	37.78	723.33	725.12		725.14	0.001497	0.63	60.27	62.54	0.2	1.79
QDA DEL DIABLO	600	Tr 200	37.78	722.66	724.54	724.54	725.01	0.038324	3.05	12.41	13.19	1	1.88
QDA DEL DIABLO	580	Tr 200	37.78	721	722.51	722.88	723.66	0.126508	4.77	7.93	10.54	1.78	1.51
QDA DEL DIABLO	560	Tr 200	37.78	719.35	721.05	721.22	721.76	0.065683	3.73	10.14	11.93	1.29	1.7
QDA DEL DIABLO	540	Tr 200	37.78	717.69	719.29	719.58	720.2	0.091442	4.22	8.95	11.21	1.51	1.6
QDA DEL DIABLO	520	Tr 200	37.78	715.97	717.65	717.89	718.48	0.078625	4.04	9.35	11.11	1.41	1.68
QDA DEL DIABLO	500	Tr 200	37.78	711.91	713.29	713.93	715.61	0.29207	6.74	5.61	8.1	2.59	1.38
QDA DEL DIABLO	480	Tr 200	37.78	706.58	707.92	708.5	709.95	0.266167	6.32	5.98	8.94	2.47	1.34
QDA DEL DIABLO	460	Tr 200	37.78	701.3	702.65	703.22	704.66	0.26244	6.28	6.01	8.96	2.45	1.35
QDA DEL DIABLO	440	Tr 200	37.78	696.03	697.37	697.94	699.39	0.264256	6.3	6	8.95	2.46	1.34
QDA DEL DIABLO	420	Tr 200	37.78	690.75	692.09	692.67	694.11	0.263732	6.3	6	8.95	2.46	1.34
QDA DEL DIABLO	400	Tr 200	37.78	685.48	686.82	687.39	688.84	0.263842	6.3	6	8.95	2.46	1.34
QDA DEL DIABLO	380	Tr 200	37.78	680.2	681.52	682.07	683.45	0.272512	6.14	6.15	9.84	2.48	1.32
QDA DEL DIABLO	360	Tr 200	37.78	674.79	675.64	676.05	677.19	0.348662	5.52	6.84	16.12	2.71	0.85
QDA DEL DIABLO	340	Tr 200	37.78	671.74	672.86	673.06	673.53	0.100136	3.65	10.36	17.79	1.33	1.12
QDA DEL DIABLO	320	Tr 200	37.78	669.86	671.49	671.6	672.06	0.054469	3.33	11.35	13.88	1.18	1.63
QDA DEL DIABLO	300	Tr 200	37.78	668.35	669.84	670.09	670.66	0.0892	4	9.43	12.66	1.48	1.49
QDA DEL DIABLO	280	Tr 200	37.78	666.84	668.42	668.59	669.08	0.066854	3.59	10.51	13.36	1.29	1.58
QDA DEL DIABLO	260	Tr 200	37.78	665.34	666.86	667.08	667.61	0.079449	3.83	9.85	12.93	1.4	1.52
QDA DEL DIABLO	240	Tr 200	37.78	663.85	665.35	665.55	666.09	0.072411	3.79	9.96	12.37	1.35	1.5
QDA DEL DIABLO	220	Tr 200	37.78	662.34	664	664.18	664.76	0.06076	3.87	9.76	10.06	1.25	1.66
QDA DEL DIABLO	200	Tr 200	37.78	660.54	662.14	662.48	663.22	0.096649	4.59	8.24	9.29	1.56	1.6
QDA DEL DIABLO	180	Tr 200	37.78	658.61	659.59	659.95	660.72	0.166625	4.7	8.04	13.81	1.97	0.98
QDA DEL DIABLO	160	Tr 200	37.78	657.98	659.28	659.23	659.56	0.032826	2.31	16.37	24.34	0.9	1.3
QDA DEL DIABLO	140	Tr 200	37.78	657.34	658.62	658.57	658.9	0.032986	2.33	16.22	23.84	0.9	1.28
QDA DEL DIABLO	120	Tr 200	37.78	656.71	657.98	657.91	658.25	0.031877	2.32	16.3	23.52	0.89	1.27
QDA DEL DIABLO	100	Tr 200	37.78	656.07	657.32	657.26	657.61	0.032581	2.35	16.09	23.12	0.9	1.25
QDA DEL DIABLO	80	Tr 200	37.78	655.44	656.71		656.98	0.030125	2.29	16.51	23.19	0.87	1.27
QDA DEL DIABLO	60	Tr 200	37.78	654.8	656.06	656	656.34	0.03294	2.37	15.97	22.82	0.9	1.26
QDA DEL DIABLO	40	Tr 200	37.78	654.17	655.49		655.74	0.026871	2.19	17.23	23.61	0.82	1.32
QDA DEL DIABLO	20	Tr 200	37.78	653.53	654.81	654.77	655.11	0.036457	2.44	15.49	22.72	0.94	1.28
QDA DEL DIABLO	0	Tr 200	37.78	653	653.96	653.96	654.3	0.045061	2.58	14.66	22.73	1.02	0.96

CUADRO FINAL DE RESULTADOS HEC RAS - 500 AÑOS

RIO	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl	TIRANTE
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)		(m)
QDA DEL DIABLO	2240	Tr 500	67.98	821.94	823.51	823.22	823.69	0.014	1.88	36.25	37.95	0.61	1.57
QDA DEL DIABLO	2220	Tr 500	67.98	820.98	822.75	822.75	823.23	0.037	3.07	22.16	23.18	1	1.77
QDA DEL DIABLO	2200	Tr 500	67.98	820.02	821.73	821.83	822.38	0.048	3.57	19.04	19.29	1.15	1.71
QDA DEL DIABLO	2180	Tr 500	67.98	819.06	820.68	820.81	821.37	0.053	3.67	18.52	19.36	1.2	1.62
QDA DEL DIABLO	2160	Tr 500	67.98	818.1	819.62	819.75	820.31	0.053	3.66	18.59	19.41	1.19	1.52
QDA DEL DIABLO	2140	Tr 500	67.98	817.14	818.51	818.66	819.22	0.055	3.73	18.2	19.15	1.22	1.37
QDA DEL DIABLO	2120	Tr 500	67.98	816.18	817.37	817.52	818.1	0.056	3.8	17.91	18.61	1.24	1.19
QDA DEL DIABLO	2100	Tr 500	67.98	813.41	814.83	815.34	816.41	0.124	5.56	12.22	12.77	1.82	1.42
QDA DEL DIABLO	2080	Tr 500	67.98	810.84	812.79	813.21	814.1	0.101	5.07	13.41	13.79	1.64	1.95
QDA DEL DIABLO	2060	Tr 500	67.98	808.91	810.95	811.33	812.17	0.089	4.9	13.88	13.64	1.55	2.04
QDA DEL DIABLO	2040	Tr 500	67.98	806.92	808.91	809.33	810.25	0.102	5.14	13.22	13.31	1.65	1.99
QDA DEL DIABLO	2020	Tr 500	67.98	804.93	806.92	807.34	808.24	0.099	5.08	13.37	13.39	1.62	1.99
QDA DEL DIABLO	2000	Tr 500	67.98	802.93	804.92	805.35	806.25	0.100	5.1	13.32	13.36	1.63	1.99
QDA DEL DIABLO	1980	Tr 500	67.98	800.94	802.93	803.35	804.26	0.100	5.1	13.32	13.36	1.63	1.99
QDA DEL DIABLO	1960	Tr 500	67.98	798.9	800.84	801.28	802.18	0.108	5.13	13.24	14.03	1.69	1.94
QDA DEL DIABLO	1940	Tr 500	67.98	795.41	797.54	798.2	799.6	0.149	6.34	10.71	10.06	1.96	2.13
QDA DEL DIABLO	1920	Tr 500	67.98	792.5	794.59	795.23	796.6	0.150	6.29	10.82	10.36	1.96	2.09
QDA DEL DIABLO	1900	Tr 500	67.98	789.32	791.38	792.05	793.5	0.160	6.44	10.55	10.23	2.03	2.06
QDA DEL DIABLO	1880	Tr 500	67.98	786.14	788.2	788.87	790.31	0.159	6.43	10.58	10.24	2.02	2.06
QDA DEL DIABLO	1860	Tr 500	67.98	782.96	785.02	785.69	787.13	0.159	6.43	10.57	10.24	2.02	2.06
QDA DEL DIABLO	1840	Tr 500	67.98	779.78	781.84	782.51	783.95	0.159	6.43	10.57	10.24	2.02	2.06
QDA DEL DIABLO	1820	Tr 500	67.98	776.6	778.66	779.33	780.77	0.159	6.43	10.57	10.24	2.02	2.06
QDA DEL DIABLO	1800	Tr 500	67.98	774.36	776.14	776.7	777.86	0.124	5.8	11.71	11.22	1.81	1.78
QDA DEL DIABLO	1780	Tr 500	67.98	773.09	774.59	774.93	775.71	0.080	4.69	14.49	14	1.47	1.5
QDA DEL DIABLO	1760	Tr 500	67.98	771.81	773.09	773.37	774.07	0.081	4.38	15.53	17.02	1.46	1.28
QDA DEL DIABLO	1740	Tr 500	67.98	770.53	771.75	771.94	772.51	0.069	3.87	17.59	20.87	1.34	1.22
QDA DEL DIABLO	1720	Tr 500	67.98	769.83	770.63	770.73	771.14	0.061377	3.18	21.38	31.31	1.23	0.8
QDA DEL DIABLO	1700	Tr 500	67.98	769.22	770.19	770.16	770.48	0.034471	2.36	28.79	42.94	0.92	0.97
QDA DEL DIABLO	1680	Tr 500	67.98	768.47	769.53	769.49	769.77	0.034996	2.2	30.92	52	0.91	1.06
QDA DEL DIABLO	1660	Tr 500	67.98	767.73	768.75	768.74	769.02	0.04092	2.27	29.99	54.26	0.97	1.02
QDA DEL DIABLO	1640	Tr 500	67.98	766.99	768	767.96	768.26	0.035178	2.26	30.08	48.8	0.92	1.01
QDA DEL DIABLO	1620	Tr 500	67.98	766.24	767.25	767.22	767.55	0.035543	2.42	28.14	41.59	0.94	1.01
QDA DEL DIABLO	1600	Tr 500	67.98	765.5	766.69	766.69	766.95	0.02497	2.26	30.12	37.8	0.81	1.19
QDA DEL DIABLO	1580	Tr 500	67.98	764.47	765.89	765.89	766.31	0.038713	2.9	23.46	27.89	1.01	1.42
QDA DEL DIABLO	1560	Tr 500	67.98	762.86	764	764.33	765.04	0.110661	4.33	15.02	20.16	1.67	1.14
QDA DEL DIABLO	1540	Tr 500	67.98	761.24	762.62	762.8	763.33	0.060961	3.74	18.16	20.68	1.28	1.38
QDA DEL DIABLO	1520	Tr 500	67.98	759.63	761.01	761.28	761.92	0.080966	4.23	16.08	18.85	1.46	1.38
QDA DEL DIABLO	1500	Tr 500	67.98	758.01	759.55	759.79	760.39	0.069813	4.06	16.74	18.61	1.37	1.54
QDA DEL DIABLO	1480	Tr 500	67.98	756.4	758.06	758.33	758.96	0.073878	4.18	16.26	18.01	1.4	1.66
QDA DEL DIABLO	1460	Tr 500	67.98	755	758.17	757.42	758.38	0.008418	2.02	33.66	21.25	0.51	3.17
QDA DEL DIABLO	1440	Tr 500	67.98	755	757.42	757.42	758.03	0.035518	3.47	19.62	16.22	1.01	2.42
QDA DEL DIABLO	1420	Tr 500	67.98	754.71	756.23	756.45	757.08	0.062848	4.08	16.66	16.88	1.31	1.52
QDA DEL DIABLO	1400	Tr 500	67.98	754.09	755.37	755.45	755.9	0.047145	3.22	21.13	25	1.12	1.28
QDA DEL DIABLO	1380	Tr 500	67.98	753.47	754.65	754.65	755.05	0.038803	2.81	24.19	30.38	1.01	1.18
QDA DEL DIABLO	1360	Tr 500	67.98	752.85	754	753.95	754.31	0.031893	2.46	27.64	36.66	0.9	1.15
QDA DEL DIABLO	1340	Tr 500	67.98	752.24	753.35	753.31	753.64	0.034603	2.39	28.41	41.81	0.93	1.11
QDA DEL DIABLO	1320	Tr 500	67.98	751.63	752.78	752.69	753.01	0.027809	2.11	32.26	48.78	0.83	1.15
QDA DEL DIABLO	1300	Tr 500	67.98	751.02	752.1	752.08	752.36	0.037555	2.25	30.15	51.65	0.94	1.08
QDA DEL DIABLO	1280	Tr 500	67.98	750.4	751.61	751.61	751.78	0.021422	1.81	37.48	58.4	0.72	1.21
QDA DEL DIABLO	1260	Tr 500	67.98	749.65	751	750.96	751.23	0.036118	2.09	32.57	60.8	0.91	1.35
QDA DEL DIABLO	1240	Tr 500	67.98	748.64	750.09	750.09	750.45	0.039727	2.67	25.44	35.14	1	1.45
QDA DEL DIABLO	1220	Tr 500	67.98	747.64	749.46	749.07	749.63	0.011941	1.86	36.57	35.09	0.58	1.82
QDA DEL DIABLO	1200	Tr 500	67.98	746.86	748.72	748.72	749.21	0.036814	3.12	21.78	22.1	1	1.86
QDA DEL DIABLO	1180	Tr 500	67.98	746.49	748.31	748.11	748.61	0.020715	2.42	28.04	27.25	0.76	1.82
QDA DEL DIABLO	1160	Tr 500	67.98	746.12	747.97	747.97	748.2	0.017927	2.15	31.63	33.19	0.7	1.85
QDA DEL DIABLO	1140	Tr 500	67.98	745.75	747.66	747.66	747.86	0.015112	1.98	34.3	35.81	0.65	1.91
QDA DEL DIABLO	1120	Tr 500	67.98	745.38	746.98	746.98	747.39	0.038363	2.81	24.19	30.07	1	1.6
QDA DEL DIABLO	1100	Tr 500	67.98	745	745.88	745.99	746.28	0.086095	2.81	24.17	55.13	1.36	0.88
QDA DEL DIABLO	1080	Tr 500	67.98	742.9	743.74	743.9	744.27	0.117486	3.23	21.08	49.65	1.58	0.84
QDA DEL DIABLO	1060	Tr 500	67.98	740.78	741.71	741.84	742.18	0.09226	3.04	22.36	47.7	1.42	0.93
QDA DEL DIABLO	1040	Tr 500	67.98	739.04	740.23	740.31	740.61	0.065269	2.75	24.71	46.36	1.2	1.19
QDA DEL DIABLO	1020	Tr 500	67.98	738.02	738.97	739.04	739.31	0.063426	2.58	26.36	54.61	1.19	0.95
QDA DEL DIABLO	1000	Tr 500	67.98	737.18	738.06	738.06	738.31	0.046054	2.22	30.57	62.24	1.01	0.88
QDA DEL DIABLO	980	Tr 500	67.98	736.35	737.29	737.22	737.55	0.029117	2.25	30.24	42.86	0.85	0.94

CUADRO FINAL DE RESULTADOS HEC RAS - 500 AÑOS

RIO	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	TIRANTE (m)
QDA DEL DIABLO	960	Tr 500	67.98	735.53	736.93		737.13	0.014659	2.01	33.8	33.49	0.64	1.4
QDA DEL DIABLO	940	Tr 500	67.98	734.76	736.72		736.9	0.008778	1.92	35.34	25.13	0.52	1.96
QDA DEL DIABLO	920	Tr 500	67.98	734	736.03	736.03	736.56	0.035869	3.21	21.17	20.2	1	2.03
QDA DEL DIABLO	900	Tr 500	67.98	733.54	734.97	735.12	735.58	0.06957	3.46	19.66	27.95	1.32	1.43
QDA DEL DIABLO	880	Tr 500	67.98	732.59	735.12	734.28	735.21	0.004815	1.3	52.4	43.74	0.38	2.53
QDA DEL DIABLO	860	Tr 500	67.98	732.24	735.11		735.14	0.001465	0.87	77.82	48	0.22	2.87
QDA DEL DIABLO	840	Tr 500	67.98	732.88	735.08		735.11	0.001474	0.83	81.73	54.72	0.22	2.2
QDA DEL DIABLO	820	Tr 500	67.98	733.52	734.79		735.02	0.020617	2.14	31.84	37.63	0.74	1.27
QDA DEL DIABLO	800	Tr 500	67.98	733.4	734.17	734.17	734.43	0.044344	2.29	29.62	55.89	1.01	0.77
QDA DEL DIABLO	780	Tr 500	67.98	731.16	731.65	731.89	732.52	0.295307	4.15	16.38	52.79	2.38	0.49
QDA DEL DIABLO	760	Tr 500	67.98	728.46	729.53	729.63	729.98	0.065189	2.97	22.88	39.01	1.24	1.07
QDA DEL DIABLO	740	Tr 500	67.98	726.26	727.18	727.46	728.06	0.147736	4.14	16.43	31.49	1.83	0.92
QDA DEL DIABLO	720	Tr 500	67.98	724.06	725.65	725.33	725.82	0.013852	1.84	36.94	40.32	0.61	1.59
QDA DEL DIABLO	700	Tr 500	67.98	721.86	725.75		725.76	0.00022	0.44	154.82	64.56	0.09	3.89
QDA DEL DIABLO	680	Tr 500	67.98	719.92	725.75		725.76	0.000035	0.25	277.44	69.26	0.04	5.83
QDA DEL DIABLO	660	Tr 500	67.98	719.41	725.75		725.76	0.00002	0.21	331.04	68.5	0.03	6.34
QDA DEL DIABLO	640	Tr 500	67.98	719.76	725.75		725.76	0.000028	0.23	296.21	67.48	0.03	5.99
QDA DEL DIABLO	620	Tr 500	67.98	723.33	725.73		725.75	0.001026	0.66	103.58	75.35	0.18	2.4
QDA DEL DIABLO	600	Tr 500	67.98	722.66	725.04	725.04	725.63	0.035524	3.43	19.83	16.68	1	2.38
QDA DEL DIABLO	580	Tr 500	67.98	721	722.9	723.38	724.37	0.117022	5.36	12.68	13.34	1.76	1.9
QDA DEL DIABLO	560	Tr 500	67.98	719.35	721.44	721.73	722.44	0.070573	4.43	15.33	14.67	1.39	2.09
QDA DEL DIABLO	540	Tr 500	67.98	717.69	719.71	720.07	720.87	0.086023	4.78	14.23	14.13	1.52	2.02
QDA DEL DIABLO	520	Tr 500	67.98	715.97	718.05	718.4	719.2	0.081018	4.73	14.36	13.77	1.48	2.08
QDA DEL DIABLO	500	Tr 500	67.98	711.91	713.69	714.47	716.42	0.245981	7.32	9.29	10.42	2.47	1.78
QDA DEL DIABLO	480	Tr 500	67.98	706.58	708.23	709.01	711.11	0.286151	7.52	9.04	10.99	2.65	1.65
QDA DEL DIABLO	460	Tr 500	67.98	701.3	702.98	703.73	705.63	0.255621	7.21	9.43	11.23	2.51	1.68
QDA DEL DIABLO	440	Tr 500	67.98	696.03	697.7	698.45	700.42	0.265213	7.31	9.3	11.15	2.55	1.67
QDA DEL DIABLO	420	Tr 500	67.98	690.75	692.42	693.18	695.13	0.263244	7.29	9.33	11.17	2.55	1.67
QDA DEL DIABLO	400	Tr 500	67.98	685.48	687.15	687.9	689.86	0.263918	7.29	9.32	11.16	2.55	1.67
QDA DEL DIABLO	380	Tr 500	67.98	680.2	681.83	682.53	684.41	0.277396	7.11	9.56	12.48	2.6	1.63
QDA DEL DIABLO	360	Tr 500	67.98	674.79	675.84	676.38	677.98	0.360075	6.47	10.5	19.97	2.85	1.05
QDA DEL DIABLO	340	Tr 500	67.98	671.74	673.12	673.43	674.11	0.104077	4.42	15.39	20.39	1.62	1.38
QDA DEL DIABLO	320	Tr 500	67.98	669.86	671.93	672.06	672.64	0.049581	3.72	18.27	17.61	1.17	2.07
QDA DEL DIABLO	300	Tr 500	67.98	668.35	670.21	670.56	671.3	0.088621	4.63	14.69	15.8	1.53	1.86
QDA DEL DIABLO	280	Tr 500	67.98	666.84	668.8	669.05	669.69	0.068198	4.19	16.21	16.59	1.35	1.96
QDA DEL DIABLO	260	Tr 500	67.98	665.34	667.24	667.53	668.23	0.077534	4.4	15.45	16.2	1.44	1.9
QDA DEL DIABLO	240	Tr 500	67.98	663.85	665.75	666.03	666.77	0.06891	4.47	15.22	14.14	1.37	1.9
QDA DEL DIABLO	220	Tr 500	67.98	662.34	664.49	664.73	665.5	0.058387	4.46	15.25	12.25	1.28	2.15
QDA DEL DIABLO	200	Tr 500	67.98	660.54	662.59	663.05	664	0.093726	5.26	12.93	11.59	1.59	2.05
QDA DEL DIABLO	180	Tr 500	67.98	658.61	659.86	660.35	661.49	0.173182	5.66	12.02	16.06	2.09	1.25
QDA DEL DIABLO	160	Tr 500	67.98	657.98	659.59	659.55	659.99	0.032426	2.78	24.42	27.06	0.94	1.61
QDA DEL DIABLO	140	Tr 500	67.98	657.34	658.95	658.9	659.33	0.032592	2.73	24.86	28.42	0.93	1.61
QDA DEL DIABLO	120	Tr 500	67.98	656.71	658.31	658.25	658.69	0.031701	2.72	24.99	28.17	0.92	1.6
QDA DEL DIABLO	100	Tr 500	67.98	656.07	657.66	657.61	658.05	0.032257	2.75	24.75	27.82	0.93	1.59
QDA DEL DIABLO	80	Tr 500	67.98	655.44	657.05	656.98	657.42	0.030187	2.69	25.31	27.95	0.9	1.61
QDA DEL DIABLO	60	Tr 500	67.98	654.8	656.4	656.35	656.79	0.032661	2.77	24.58	27.54	0.93	1.6
QDA DEL DIABLO	40	Tr 500	67.98	654.17	655.85		656.18	0.026697	2.57	26.5	28.53	0.85	1.68
QDA DEL DIABLO	20	Tr 500	67.98	653.53	655.19	655.19	655.52	0.042389	2.54	26.78	41.62	1.01	1.66
QDA DEL DIABLO	0	Tr 500	67.98	653	654.28	654.3	654.62	0.048079	2.59	26.2	42.63	1.06	1.28



Certificado de Servicio de Calibración

Nombre Cliente:	ARA & ANTARES CONSTRUCTORA CONSULTORA Y AGENTES INMOBILIARIOS S.A.C.	No. Certificado:	20-0184
Equipo:	ESTACIÓN TOTAL		
Marca:	TRIMBLE		
Modelo:	C5 5"		
Número de Serie:	E091838		

GEO SYSTEMS S.A.C. certifica que el equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos (DIN 18723).

Asimismo, GEO SYSTEMS S.A.C. certifica que el instrumento identificado arriba ha sido calibrado en concordancia con los procedimientos de calibración establecidas por el fabricante.

Patrón: Cinta métrica, marca Yamayo, modelo NR 50, número de serie G090001, Certificado de calibración LLA-036-2018 emitido por Laboratorio de Longitud y Angulo – Dirección de Metrología - INACAL – Instituto Nacional de Calidad. Estación Total marca Trimble, modelo M3 DR 1", número de serie D015282, Certificado de Calibración 152303001 emitido por el Centro Español de Metrología – CEM.

Certificados: Certificado de Centro de Servicio Autorizado por Trimble Navigation Ltd.

Resultado de la calibración: Se indican en la hoja 2 del presente Certificado de Servicio.

Condiciones ambientales de medición: Temperatura: 26 °C con variaciones que no excedieron $\pm 0,5$ °C

Humedad Relativa: 62 %

Fecha de calibración: 20/07/2020

Lugar de calibración: Centro de Servicio Técnico Autorizado – Geo Systems S.A.C.

Observaciones: Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones. Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado. La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

- Es responsabilidad del usuario establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en el presente documento depende tanto de las características del instrumento como de las prácticas para su manejo y uso.
- Este Certificado no atribuye al equipo otras características que las indicadas por los datos aquí contenidos. Los resultados se refieren al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones. Se garantiza la trazabilidad a los patrones nacionales.
- No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa para ello.

Equipo de Calibración Utilizado:

El Set de Colimadores C5 es de la marca Pentax, con número de serie Z903720, distancia enfoque al infinito, con una distancia focal en 500mm. Apertura efectiva de 50mm y un campo de visión de 2°.

El Set de Colimadores Pentax contiene 2 telescopios horizontales apuntándose uno contra otro y una plataforma fija al centro. Cada colimador tiene un retículo en los extremos, los cuales se encuentran alineados. La verificación se realiza observando desde el retículo de un colimador hacia el retículo del colimador opuesto. Este equipo no requiere ser calibrado.

Procedimiento de Calibración Angular del Equipo:

Por medición del cierre angular en directa y en tránsito visando hacia un solo Colimador con el enfoque al infinito. Los valores consignados son el promedio de 10 mediciones.

Procedimiento de Calibración de Distancias:

Por medición comparación entre las medidas de distancias tomadas con el equipo y los valores de distancias patrón establecidas. Estos patrones fueron establecidos según procedimiento GSR-P-06 PATRON DE DISTANCIAS. Los valores consignados son el promedio de 10 mediciones.

Resultados Angulares

ANGULOS	VALOR DEL PATRÓN	VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO		ERROR MEDIDO	PRECISIÓN	RESULTADO
HORIZONTAL	180°00'00"	0°00'00"	180°00'01"	1"	± 5"	OPERATIVO
		90°00'00"	270°00'00"	0"	± 5"	
VERTICAL	360°00'00"	90°00'00"	270°00'00"	0"	± 5"	OPERATIVO

Resultados Distancias Inclınadas

OBJETIVO	VALOR DEL PATRÓN	VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO	ERROR MEDIDO	PRECISIÓN	RESULTADO
PRISMA P04	9.079 m	9.079 m	0 mm	±(2mm + 2ppm)	OPERATIVO
PRISMA P06	12.132 m	12.133 m	+1 mm	±(2mm + 2ppm)	OPERATIVO
PRISMA P10	19.822 m	19.822 m	0 mm	±(2mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR3	16.294 m	16.294 m	0 mm	±(3mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR4	19.740 m	19.741 m	+1 mm	±(3mm + 2ppm)	OPERATIVO
TARJETA DR5	25.388 m	25.388 m	0 mm	±(3mm + 2ppm)	OPERATIVO



Fecha
20/07/2020

Servicio Técnico
[Signature]
Diana Sanchez A.

Responsable de la Calibración
[Signature]
Rafael Ancho G.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 030 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 1 de 4

1. Expediente	210054
2. Solicitante	JULISSA CONSULTORES E INVERSIONES L Y R E.I.R.L.
3. Dirección	Mza. 394 Lt. 10 Asoc. 28 de Agosto III Etap, Ciudad Nueva - Tacna - TACNA
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	3000 g
División de escala (d)	0,01 g
Div. de verificación (e)	0,1 g
Clase de exactitud	II
Marca	JM
Modelo	NO INDICA
Número de Serie	NO INDICA
Capacidad mínima	0,5 g
Procedencia	NO INDICA
Identificación	LM-008 (*)
5. Fecha de Calibración	2021-01-28

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2021-01-28

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 030 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 2 de 4

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-011: "Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II" del SNM-INDECOPI. Cuarta Edición.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones del cliente.
Mza. 394 Lt. 10 Asoc. 28 de Agosto III Etap, Ciudad Nueva - Tacna - TACNA

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,7 °C	25,8 °C
Humedad Relativa	57 %HR	57 %HR

9. Patrones de referencia

Los resultados de la calibración son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa de la Dirección de Metrología - INACAL en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medidas (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-075-2020	PESAS (Clase de Exactitud: E2)	LM-C-257-2020
PESAS (Clase de exactitud E1) DM-INACAL: LM-063-2018		
PESA (Clase de exactitud E2) DM-INACAL: 101873-D-K-15192-01-00	PESA (Clase de Exactitud F1)	M-0757-2020

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.
- (*) Código indicada en una etiqueta adherido al equipo.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LM - 030 - 2021

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 3 de 4

11. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

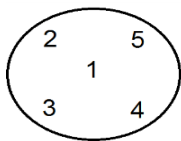
AJUSTE DE CERO	TIENE	PLATAFORMA	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	SISTEMA DE TRABA	NO TIENE	CURSOR	NO TIENE
		NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura	25,7 °C	25,8 °C

Medición Nº	Carga L1 = 1 500,00 g			Carga L2 = 3 000,00 g			
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	
1	1 500,01	6	9	3 000,00	5	0	
2	1 500,00	5	0	3 000,01	6	9	
3	1 500,01	6	9	3 000,00	5	0	
4	1 500,00	5	0	3 000,01	6	9	
5	1 500,00	5	0	3 000,00	5	0	
6	1 500,01	6	9	3 000,00	5	0	
7	1 500,00	5	0	3 000,00	5	0	
8	1 500,00	5	0	3 000,00	5	0	
9	1 500,01	7	8	3 000,01	6	9	
10	1 500,00	6	-1	3 000,00	7	-2	
Diferencia Máxima			10	Diferencia Máxima			11
Error Máximo Permissible			± 200	Error Máximo Permissible			± 300

ENSAYO DE EXCENRICIDAD



Posición
de las
cargas

	Inicial	Final
Temperatura	25,8 °C	25,8 °C

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)
1	0,10 g	0,10	5	0	1 000,00	1 000,01	6	9	9
2		0,10	5	0		1 000,02	9	16	16
3		0,10	5	0		1 000,00	5	0	0
4		0,10	6	-1		999,99	4	-9	-8
5		0,10	5	0		999,98	3	-18	-18
Error máximo permisible									± 200

* Valor entre 0 y 10e

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LM - 030 - 2021***Área de Metrología
Laboratorio de Masas*

Página 4 de 4

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	Final
	25,8 °C	25,8 °C

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ** (± mg)
	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	l (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,10	0,10	5	0						
0,50	0,50	5	0	0	0,49	4	-9	-9	100
1,00	1,00	5	0	0	0,99	4	-9	-9	100
10,00	10,00	6	-1	-1	9,99	4	-9	-9	100
100,00	100,00	5	0	0	99,99	6	-11	-11	100
500,00	500,01	6	9	9	500,00	5	0	0	100
1 000,00	1 000,01	7	8	8	1 000,00	5	0	0	200
1 500,00	1 500,00	5	0	0	1 500,00	5	0	0	200
2 000,00	2 000,01	6	9	9	2 000,01	6	9	9	200
2 500,00	2 500,01	6	9	9	2 500,01	6	9	9	300
3 000,00	3 000,02	7	18	18	3 000,02	7	18	18	300

** error máximo permisible

Leyenda: L: Carga aplicada a la balanza.
I: Indicación de la balanza.

ΔL: Carga adicional.
E: Error encontrado

E₀: Error en cero.
E_c: Error corregido.

Lectura corregida

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R + 0,00000434 R$$

Incertidumbre expandida de medición

$$U = 2x\sqrt{(0,0000481 \text{ g}^2 + 0,000000000208 R^2)}$$

12. Incertidumbre

La incertidumbre U reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del documento

Anexo 9. Panel fotográfico

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS: Identificación De Zonas Vulnerables Mediante El Modelamiento Hidráulico En El Cauce De La Quebrada Del Diablo, Provincia De Tacna.



Foto 01: Zona de inicio de la Quebrada del Diablo, Asoc. De Viv. La Florida



Foto 02: Identificación de la zona de estudio



Foto 03: Vista de la población asentada en el cauce de la Quebrada del Diablo



Foto 04: Trazo para ubicación de calicatas – Estudio de Suelos



Foto 05: Vista de los estratos de terreno

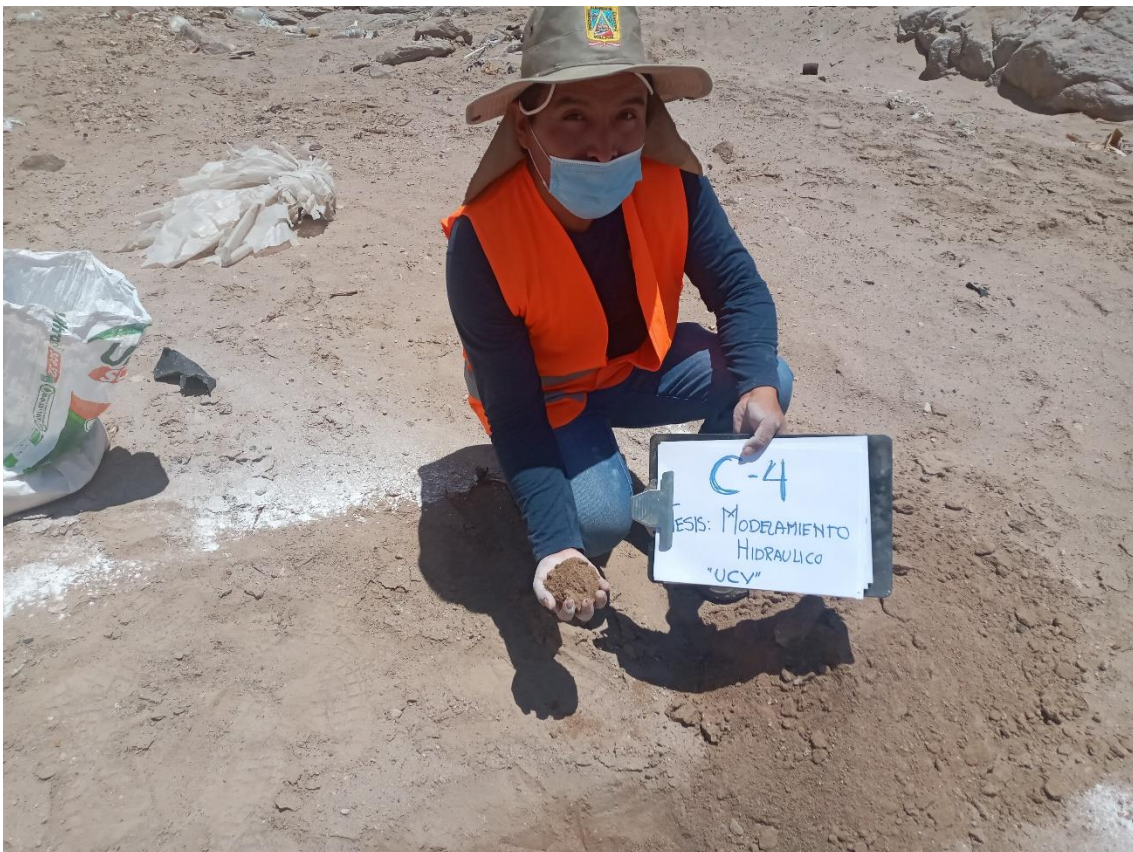


Foto 06: Vista de la obtención de muestras



Foto 07: Vista de reconocimiento de campo para Levantamiento Topográfico



Foto 08: Vista in situ del área de Estudio



Foto 09: Trabajos de levantamiento Topográfico



Foto 10: Verificación de socavacion alcanzado en activación de la Quebrada el 21 de febrero del 2020.



Foto 11: Vista de área de Estudio – tramo final del área de estudio



Foto 12: Equipos de laboratorio utilizados – Estudio de Suelos



Foto 13: Trabajos de tamizado – laboratorio de suelos



Foto 14: Ensayo de Humedad Natural – laboratorio de suelos



Foto 15: Ensayo de Corte Directo – Muestra 03

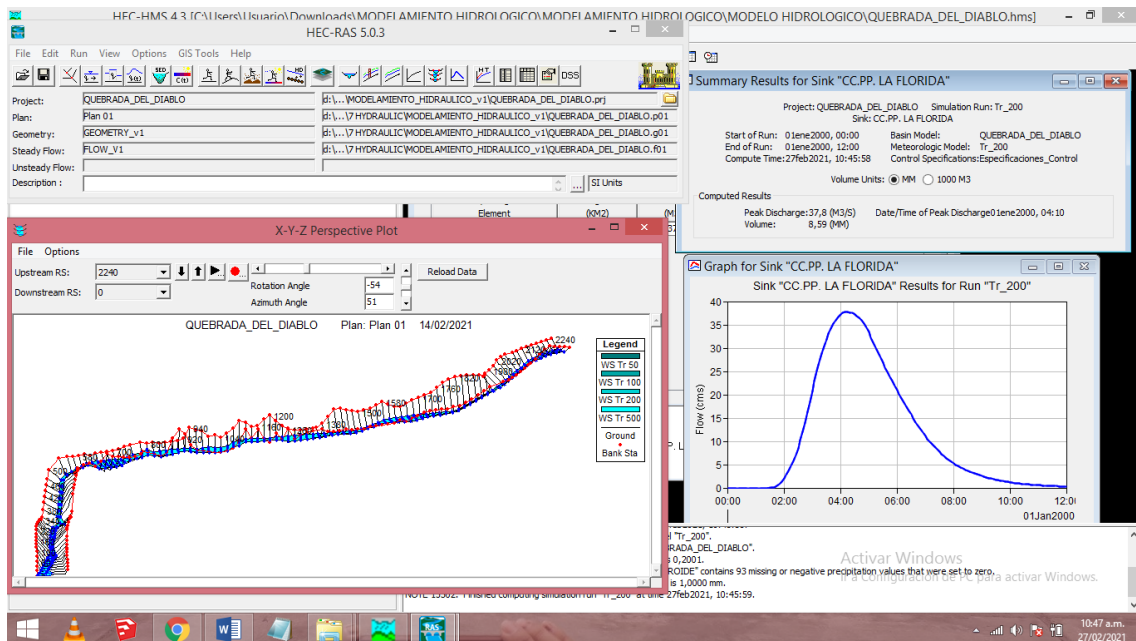


Foto 16: Vista de Captura de pantalla – trabajos de gabinete – Modelamiento en Hec Ras

Anexo 10. Estimación de la socavación

I. Procesos de socavación asociados a obras hidráulicas

En nuestro país la causa hidráulica más frecuente de fallo en estructuras hidráulicas es la socavación, que tiene lugar en la zona de sus apoyos, la cual afecta las cimentaciones, ya sea por su insuficiente nivel de desplante o por construcción inadecuada.

La socavación es un proceso que se produce a largo y corto plazo o transitorio, como en el caso de la ocurrencia de avenidas.

Generalmente los fallos ocurren cuando se producen las avenidas, sin embargo, también se presentan con procesos que ocurren a largo plazo.

La estimación de la profundidad de socavación para el diseño de estructuras hidráulicas debe tomar en cuenta los siguientes aspectos; la socavación que ocurre independientemente de la presencia de una obra hidráulica como socavación general, socavación en curvas, etc., la socavación ocurre en la cimentación de la estructura debido al estrechamiento del cauce por la presencia de obras hidráulicas (socavación por contracción) y la socavación que ocurre en la zona de los apoyos (socavación local de pilares y estribos rodeados por la corriente).

La suma de las componentes de la socavación, permite obtener la socavación potencial total, mediante expresiones que consideran socavaciones máximas por el lado de la seguridad.

Se recomienda que el valor estimado para la profundidad de socavación potencial total, sea consecuente con lo observado en la etapa de campo, respecto a los materiales que subyacen en el lecho del cauce y sobre la base de los ensayos de laboratorio de las muestras extraídas de las calicatas, pozos exploratorios y de la información obtenida de sondeos geofísicos. Esto, debido a que la estimación de la profundidad de socavación, se realiza mediante métodos empíricos que conllevan en algunos casos a obtener resultados que no son reales.

La profundidad de socavación parte de suponer que ésta depende de variables que caracterizan al flujo, al material presente en el lecho del cauce y a la geometría del puente. Por ello, existe mucha incertidumbre sobre el uso de las

ecuaciones y sobre que ecuación representa mejores las condiciones reales del curso natural y del puente.

Existe poca información sobre modelos teóricos para estimar la profundidad de socavación, debido al alto grado de incertidumbre y a la complejidad de las variables involucradas, por ello, se recurre a los resultados de investigaciones experimentales de laboratorio basadas en el análisis dimensional, que como se ha mencionado anteriormente, dan resultados muchas veces muy conservadores y contradictorios. Las ecuaciones disponibles en la actualidad son envolventes a resultados obtenidos a modelos físicos de laboratorio.

II. Socavación general

Para fines de estimación con el objetivo de diseño de obras hidráulicas es usual adoptar un criterio conservador que consiste en calcular la máxima profundización posible del lecho, bajo una condición hidráulica dada.

La máxima profundización del cauce ocurre cuando se alcanza la condición de transporte crítico, donde la velocidad de flujo se reduce a tal punto en que la corriente no puede movilizar y arrastrar más material del lecho y a su vez no existe transporte de material desde aguas arriba.

Por tanto, cuando se produce la avenida, la sección geométrica del cauce se modifica dando lugar a una nueva sección, la cual obviamente esta socavada, donde el lecho queda en condiciones de arrastre crítico o de transporte incipiente.

A continuación, se describen algunos métodos para la estimación de la profundidad de socavación general bajo la condición en que la velocidad de escurrimiento es igualada por la velocidad crítica de arrastre y estimación de socavación general por contracción del cauce.

III. Método de velocidad crítica y agua clara

Este método utiliza el criterio del principio de movimiento de un fondo granular bajo una corriente permanente, igual al criterio de Shields y la hipótesis de agua clara, es decir que la corriente no transporta sedimentos.

La profundidad máxima de socavación general se alcanza cuando la velocidad crítica es igualada por la velocidad media de la sección, donde la velocidad crítica está en función del parámetro de tensión crítica adimensional, de la fórmula de Strickler para el coeficiente de rugosidad de Manning y las características del material del lecho.

$$V_{cr} = 21 * \left(\frac{R}{d_m}\right)^{\frac{1}{6}} * \sqrt{0.056 * \frac{(\gamma_s - \gamma)}{\gamma} * D}$$

Donde:

- V_{cr} = Velocidad crítica en la sección (m/s)
- R = Radio hidráulico de la sección (m)
- d_m = Diámetro correspondiente al 50% en la curva granulométrica (m)
- d = Diámetro característico del lecho (m)
- γ_s = Peso específico del suelo (T/m³)
- γ = Peso específico del agua (T/m³)

Para la obtención del diámetro característico D del suelo erosionado puede emplearse el d_{84} que toma en cuenta el acorazamiento del lecho.

3.1.1.1.1. Método de Lischvan-Levediev

El método propuesto por Lischvan-Levediev es el más usado en nuestro país para el cálculo de la socavación general incluyendo el efecto de la contracción de un puente. Se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e). La velocidad

erosiva no es la que da inicio al movimiento de las partículas en suelos sueltos, sino la velocidad mínima que mantiene un movimiento generalizado del material del fondo. Si el suelo es cohesivo, es la velocidad que es capaz de levantar y poner el sedimento en suspensión. La velocidad erosiva está en función de las características del sedimento de fondo y de la profundidad del agua. La velocidad real está dada principalmente en función de las características del río: pendiente, rugosidad y tirante o profundidad del agua.

$$V_r = \frac{\alpha * y_0^{5/3}}{y_s}$$

Donde:

y_0 = Profundidad inicial de la sección entre el nivel del agua durante la avenida y el nivel del fondo del lecho durante el estiaje, en metros.

y_s = Profundidad después de producirse la socavación del fondo, se mide desde el nivel del agua al pasar la avenida hasta el nivel del fondo erosionado, en metros.

α = Coeficiente que se deduce a partir de los datos, mediante la siguiente expresión

$$\alpha = \frac{Q_d}{y_m^{5/3} * B_e * \mu}$$

Donde:

Q_d = Caudal de diseño (m³/s).

B_e = Ancho efectivo de la sección en metros, descontando obstáculos.

y_m = Tirante medio de la sección, en metros.

μ = Coeficiente que toma en cuenta el efecto de contracción producido por los pilares, depende de la velocidad media de la sección y la longitud libre entre pilares.

El método se basa en suponer que el caudal unitario correspondiente a cada franja elemental en que se divida el cauce natural permanece constante durante el proceso erosivo y puede aplicarse, con los debidos ajustes, para casos o cauces definidos o no, materiales de fondo cohesivos o friccionantes y para condiciones de distribución de los materiales del fondo del cauce homogénea o heterogénea.

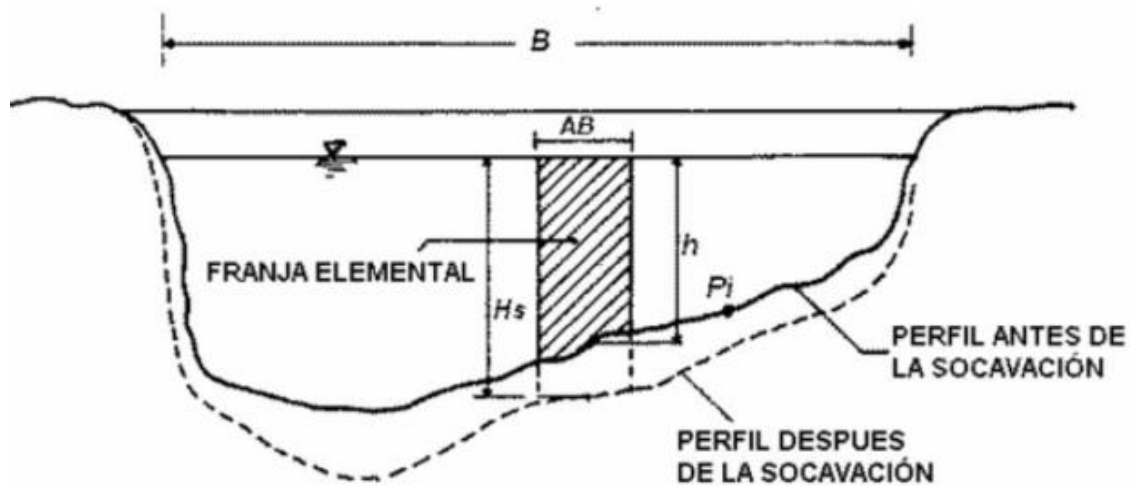


Figura 31. Sección transversal del cauce

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

Se tiene la siguiente ecuación para suelos granulares:

$$y_s = \left[\frac{\alpha * y_0^{5/3}}{0.68 * \beta * d_m^{0.28}} \right]^{1/(1+z)}$$

La expresión anterior no considera el efecto de la contracción del flujo debida a la presencia de estribos y pilares, ni el peso específico del agua durante la creciente, por lo que debe corregirse mediante unos factores de ajuste cuando se trata de evaluar un puente.

El factor de corrección por contracción μ es menor que 1 y contribuye al incremento de la profundidad de socavación.

Tabla 1. Factor de corrección por contracción del cauce

Coeficiente de contracción - μ													
Velocidad Media (m/s)	Longitud libre entre dos pilas (claro) (m.)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
< 1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

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

Tabla 2. Valores del coeficiente de beta

Valores del Coeficiente β		
$\beta = 0.8416 + 0.03342 * \ln(Tr)$		
15 \leq Tr \leq 1500		
Periodo de Retorno (años)	Probabilidad de Retorno (%)	Coeficiente β
1	100.00	0.77
2	50.00	0.82
5	20.00	0.86
10	10.00	0.90
20	5.00	0.94
50	2.00	0.97
100	1.00	1.00
300	0.33	1.03
500	0.20	1.05
1000	0.10	1.07

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

Tabla 3. Valores para Z para suelos cohesivos y no cohesivos

Selección de "z" en suelos cohesivos (tn/m3) o suelos no cohesivos (mm)					
Suelos Cohesivos			Suelos No cohesivos		
γ_s tn/m3	z	$\frac{1}{1+z}$	d (mm)	z	$\frac{1}{1+z}$
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81
1.58	0.32	0.76	370.00	0.23	0.81
1.64	0.31	0.76	450.00	0.22	0.82
1.71	0.30	0.77	570.00	0.21	0.83
1.80	0.29	0.78	750.00	0.20	0.83
1.89	0.28	0.78	1000.00	0.19	0.84
2.00	0.27	0.79			

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

Para puentes de una sola luz u obras similares, la luz libre es la distancia entre estribos. Para puentes de varios tramos, la luz libre es la mínima distancia entre dos pilares consecutivos, o entre el pilar y estribo más próximos.

Adicionalmente, el efecto del peso específico del agua durante la creciente se considera en otro factor de corrección φ que es mayor o igual que la unidad y su efecto es reducir la profundidad de socavación.

$$\varphi = 1.0, \text{ si } \gamma_m = 1.0 \frac{T}{m^3} \text{ (agua clara)}$$

$$\varphi = -0.54 + 1.5143 * \gamma_m, \text{ si } \gamma_m > 1.0 \frac{T}{m^3} \text{ (Lecho móvil)}$$

En resumen, las ecuaciones finales para el cálculo de socavación considerando los coeficientes de corrección por contracción y peso específico del agua.

- **Socavación para suelos Granulares es la siguiente:**

$$y_s = \left[\frac{\alpha * y_0^{5/3}}{0.68 * \beta * \mu * \varphi * d_m^{0.28}} \right]^{\frac{1}{(1+z)}}$$

- **Socavación para suelos no granulares (cohesivos) es la siguiente:**

$$y_s = \left[\frac{\alpha * y_0^{5/3}}{0.60 * \beta * \mu * \varphi * \gamma_s^{1.18}} \right]^{\frac{1}{(1+z)}}$$

Donde:

$$\alpha = \left(\frac{Q}{A * R^{2/3}} \right)$$

Q	=	Caudal de diseño (m3/s)
A	=	Área Hidráulica (m2)
V	=	Velocidad Erosiva (m/s)
T_r	=	Periodo de Retorno (años)
d_m	=	Diámetro de las partículas situadas en la superficie del lecho (mm)
B_e	=	Ancho estable sin obstáculos (m)
y_0	=	Tirante antes de la socavación (m)
y_s	=	Tirante después de la socavación (m)
R	=	Radio Hidráulico.
β	=	Coeficiente de frecuencia que considera el periodo de retorno.
μ	=	Factor de corrección que depende de la velocidad (V) y ancho estable (Be).
φ	=	Corrección por transporte de sedimentos, caso crítico $\varphi = 1$.
z	=	Coeficiente de correlación, depende del diámetro medio de la partícula.
γ_s	=	Peso Volumétrico en ton/m3.

Considerando las Calicatas y la evaluación de la Quebrada del Diablo se presenta la siguiente tabla resumen:

Tabla 4. Resultados de Estimación de Socavación en Calicatas

Socavación General en Suelos Granulares - Metodo de Lischvan Lebediev

$$y_s = \left(\frac{\alpha * y_0^{5/3}}{0.68 * \beta * \mu * \varphi * d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{(1+z)}} \quad \alpha = \left(\frac{Q}{A * R^{2/3}} \right)$$

$$\text{Socavación General } (d_s) = y_s - y_0$$

- Q = Caudal de diseño
- A = Área Hidráulica
- V = Velocidad Erosiva
- T_r = Periodo de Retorno
- d_m = Diámetro de las partículas situadas en la superficie del lecho
- B_e = Ancho estable sin obstáculos
- y_0 = Tirante antes de la socavación
- y_s = Tirante después de la socavación
- R = Radio Hidráulico
- β = Coeficiente de frecuencia que considera el periodo de retorno
- μ = Factor de corrección que depende de la velocidad (V) y ancho estable (Be)
- φ = Corrección por transporte de sedimentos, caso crítico $\varphi = 1$
- z = Coeficiente de correlación, depende del diámetro medio de la partícula
- d_s = Profundidad socavada

Nota: Los parámetros hidráulicos son obtenidos del modelamiento hidráulico en HEC-RAS

Calicata	Tr	Qd	A	d50	Be	y ₀	R	μ	α	β	z	1/(1+z)	y _s	ds
	años	m3/s	m2	mm	m	m	---						m	m
C-01	500	67.98	21.38	0.19	31.31	0.79	0.68	1.00	4.10	1.06	0.35	0.74	3.84	3.05
C-02	500	67.98	16.26	0.20	18.01	1.66	0.90	1.00	4.48	1.06	0.35	0.74	10.13	8.47
C-03	500	67.98	24.17	0.20	55.13	0.88	0.44	1.00	4.87	1.06	0.35	0.74	4.93	4.05
C-04	500	67.98	24.17	0.21	55.13	0.88	0.44	1.00	4.87	1.06	0.35	0.74	4.88	4.00
C-04	500	67.98	12.02	0.19	16.06	1.25	0.75	1.00	6.86	1.06	0.35	0.74	9.90	8.65

Fuente: elaboración propia