UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD Y EL SER HUMANO

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN ADMINISTRACIÓN PARA DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS

TEMA:

MODELACIÓN HIDRAÚLICA DEL RÍO PASTAZA, APLICANDO EL MODELO HEC-RAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN EL SECTOR DE MADRE TIERRA EN EL CANTÓN MERA DE LA PROVINCIA DE PASTAZA

AUTOR:

MICHELLE ATALÍA RIVERA TACOAMÁN

TUTOR:

ING. GUIDO GERARDO TAMAYO GARCÍA

GUARANDA - ECUADOR

2020

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios en primer lugar por darme salud y vida para llegar a culminar una de mis metas

Agradezco al Ing. Guido Gerardo Tamayo por acompañarme y guiarme todo el proceso de aprendizaje del modelo Hec-Ras.

Doy las gracias a mi Madre Yadira Tacoamán que me dio la motivación apoyo y la sabiduría para seguir adelante en mis estudios,

A mis Abuelitos Humberto Rivera y Victoriana Freire que han sido un pilar fundamental en mi vida y mucho más en mi preparación estudiantil,

A mi Tío Levy Tacoamán que siempre confió en mí y sin su ayuda no hubiera sido posible el conocimiento y disciplina que he obtenido hasta el momento,

Y a mi Esposo Marlon Espín que ha sido mi fuerza y mi apoyo en los momentos más difíciles de mi carrera

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a mi padre que está en el cielo Wakernagel Walpole Rivera quien estuviera orgulloso de mis logros alcanzados y a Cristobal Wakernagel mi pequeño ángel.

A mis dos ángeles terrenales Humberto y Yuliana Rivera mis hermanos.

Espero que este paso que estoy dando les llene de orgullo ya que todas las metas cumplidas han sido por y para ustedes.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación pretende ser una ayuda para la creación de planes de emergencia dentro de la parroquia Madre Tierra en el cantón Mera en la provincia de Pastaza, se busca identificar cuáles son las zonas más susceptibles a inundaciones por el desbordamiento del río Pastaza, para esto se ha utilizado la aplicación del software HEC-RAS del cuerpo de Ingenieros de la Armada de los estados unidos, el cual junto con ArcMap nos permitió crear la geometría del terreno a estudiar, identificando el eminente peligro de desbordes en la zona estudiada ,estos resultados se los pudo obtener gracias al estudio de los parámetros hidráulicos, mediante la aplicación del software ya mencionado, al haber sido realizado con la tecnología SIG tenemos mejores visualizaciones de los resultados gracias a los mapas temáticos georefenciados y así poder tener una visión integral dela realidad.

SUMMARY

This research project aims to be an aid for the creation of emergency plans within the Madre Tierra Parish in Mera canton, Pastaza province. It seeks to identify which are the most susceptible areas to flooding due to the overflow of the Pastaza River. For this, the HEC-RAS software application of the United States Army Corps of Engineers has been used, which together with ArcMap allowed us to create the geometry of the terrain to be studied. Identifying the eminent danger of overflows in the studied area. These results could be obtained thanks to the study of hydraulic parameters, by applying the aforementioned software. As it has been carried out with SIG technology, we have better visualizations of the results thanks to the georeferenced thematic maps and thus be able to have a comprehensive vision of reality.

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO 4
INTRODUCCIÓN 11
CAPITULO I 12
1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA 12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA 12
1.3. OBJETIVOS 12
1.3.1. OBJETIVO GENERAL 12
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 13
1.4. JUSTIFICACIÓN 13
1.5. LIMITACIONES 13
1.6. ALCANCE 13
CAPITULO II 15
2.1. MARCO LEGAL 15
2.1.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 15
2.1.2. CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE 17
2.1.3. REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO 18
2.1.4. CÓDIGO ORGÁNICO DE PLANIFICACIÓN Y FINANZAS PÚBLICAS 18
2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 18
2.3. ÁREA DE ESTUDIO 19
2.3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PASTAZA 20
2.3.2. CLIMA 21
2.3.3. GEOLOGÍA 21
2.3.4. HIDROGRAFÍA 22
2.3.5. SUELOS 22
2.3.6. USO DE SUELOS 23
2.4. BASES TEÓRICAS 23
2.4.1. MODELACIÓN HIDRÁULICA 23
2.4.2. TIPOS DE MODELOS HIDRAÚLICOS 24
2.4.2.1. MODELOS FÍSICOS 24

2.4.2.1.1. MODELOS GEOMETRICAMENTE SEMEJANTES 24
2.4.2.1.2. MODELOS GEOMETRICAMENTE DISTORSIONADOS 24
2.4.2.1.3. MODELOS DE CONTORNO FIJO 24
2.4.2.1.4. MODELOS DE CONTORNO MOVIL 24
2.4.2.2. MODELOS MATEMÁTICOS 25
2.4.2.2.1. MODELOS UNIDIMENSIONALES 25
2.4.2.2.2. MODELOS BIDIMENSIONALES 25
2.5. MODELO HEC-RAS 25
2.5.1.CAPACACIDADES HIDRAULICAS DEL MODELO HEC-RAS 28
2.5.2. ECUACIONES BÁSICAS PARA EL CÁLCULO DE LOS PERFILES 28
2.5.2.1. FLUJO PERMANENTE 28
2.5.2.2. EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE VELOCIDAD 29
2.5.2.3. FLUJO NO PERMANENTE 30
2.6. INFORMACIÓN REQUERIDA POR EL MODELO 30
2.7. PARAMETROS HIDRAÚLICOS DE DISEÑO 30
2.7.1. SECCIONES TRANSVERSALES 30
2.7.2. CAUDALES MEDIOS EN EL CAMPO 30
2.7.3. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (N DE MANNING) 31
2.8. DEFINICÓN DE SÍMBOLOS 31
CAPITULO III 33
3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN 33
3.2. DISEÑO 33
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS 33
3.3. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN 35
3.3.1. ESTUDIOS PREVIOS 35
3.4. METODOLOGÍA 36
3.4.1. OBTENCIÓN DEL MODELO DIGITAL DE TERRENO 36
3.4.2. CREACIÓN DEL TIN 37
3.5. PROCESO DE MODELACIÓN HIDRAULICA 39
3.5.1. PRE PROCESO 39
3.5.1.1. CREAR CAPAS (CREATE RAS LAYERS): 40
3.5.1.2. LÍNEA DEL CAUCE (STREAM CENTERLIN): 40

3.5.1.3. LÍNEAS DE BANCO (BANK LINES): 40
3.5.1.4. LÍNEAS DE CENTRO DEL SOBRE FLUJO (FLOWPATH CENTERLINES): 40
3.5.1.5. LÍNEAS DE CORTE DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES (XS CUT LINES): 41
3.5.1.6. AÑADIR TOPOLOGÍA Y ELEVACIÓN AL CAUCE (STREAM CENTER LINE ATTRIBUTES): 42
3.5.1.7. AÑADIR TOPOLOGÍA Y ELEVACIÓN A LAS SECCIONES TRANSVERSALES (XS CUT LINE ATRIBUTES): 42
3.5.1.8. EXPORTAR A HEC-RAS (EXPORT RAS DATA): 42
3.5.2. PROCESO 43
3.5.2.1. IMPORTAR GEOMETRÍA HACIA HEC-RAS 43
3.5.2.2. CROSS SECTION X-Y COORDINATES: 44
DOWNSTREAM REACH LENGHS: 44
3.5.2.4. MANNING´S VALÚES: 44
MANNING CANNEL BANCKS STATIONS: 45
CONT/EXP COEFFICIENTS: 45
3.5.2.7. DATOS DE FLUJO (STEADY FLOW DATA): 45
3.5.2.8. CALIBRACIÓN DEL MODELO 46
3.5.2.9. FORMULA RACIONAL PARA IDENTIFICAR EL CAUDAL MÁXIMO 46
3.5.2.10. CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO 48
3.6. POST PROCESO 49
3.6.1. EXPORTACIÓN DE DATOS 49
3.6.2. TRANSFORMACIÓN DE ARCHIVOS 50
3.6.3. PROCESAR ARCHIVOS EN ARCMAP 50
3.6.4. ELABORACIÓN DEL MAPA DE INUNDACIÓN 52
3.7. OBTENCIÓN DE IMÁGENES GEOPROCESADAS EN GOOGLE EARTH ENGINE 52
3.7.1. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES 53
CAPITULO IV 56
4. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS 56
4.3. RESULTADOS EN HEC-RAS 56
4.4. RESULTADOS EN VELOCIDAD/CAUDAL 57
4.5. RESULTADOS DEL FLUJO DEL RÍO PASTAZA 58

4.6. COMPARACIÓN DE IMAGEN GEOPROCESADA EN GOOGLE EARTH ENGINE, CON MODELO HEC-RAS 58
4.7. RESULTADOS DEL PERIL DE FLUJO 59
4.8. RESULTADOS DEL FLUJO EN DEM DE COLOR 60
4.9. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS AFECTADAS 61
CAPITULO V 63
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 63
5.1. CONCLUSIONES 63
5.2. RECOMENDACIONES 63
CAPITULO VI 65
6. ANEXOS 65
ANEXO 1. RESULTADOS TABULARES DEL MODELO HEC-RAS 65
ANEXO 2. TABLAS DE RESULTADOS DE LAS 55 SECCIONES 66
ANEXO 3. FLUJO DE AGUA DE LAS 55 SECCIONES 83
ANEXO 4 MODELO DE INUNDACION EN HEC-RAS 111
ANEXO 5. CODIGO DE LAS IMÁGENES GEO PROCESADAS EN GOOGLE EARTH ENGINE 112
ANEXO6. IMÁGENES GEOPROCESADAS EN GOOGLE EARTH ENGINE 114
ANEXO 7. FOTOGRAFIAS DE LA SALIDA DE CAMPO 116
BIBLIOGRAFÍA 119

INDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: MAPA DE MADRE TIERRA 19
IMAGEN 2: MAPA DE CUENCAS DEL ECUADOR 20
IMAGEN 3: MAPA GEOLÓGICO DE LA PARROQUIA MADRE TIERRA 21
IMAGEN 4: MAPA HIDROGRAFICO DE LA PARROQUIA MADRE TIERRA 22
IMAGEN 5: MAPA DE USO DE SUELOS 23
IMAGEN 6: FLUJO PERMANENTE 29
IMAGEN 7: EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE VELOCIDAD 29
IMAGEN 8: DEM 37
IMAGEN 9: HERRAMIENTAS DE ARCMAP 38
IMAGEN 10: CREACIÓN DEL TIN 39
IMAGEN 11: CREAR CAPAS 40
IMAGEN 12: EDICION DE LOS FLOWPATHS 41
IMAGEN 13: SECCIONES TRANSVERSALES DEL RÍO PASTAZA 42

IMAGEN 14: VENTANA PPRINCIPAL DEL HEC-RAS 5.0.3 43
IMAGEN 15: GEOMETRÍA DEL RÍO PASTAZA 43
IMAGEN 16: INGRESO DE CONDICIONES DE BORDE PARA FLUJO 45
IMAGEN 17: INGRESO DE DATOS DEL CAUDAL 49
IMAGEN 18: EXPORTAR DATOS A ARCMAP 49
IMAGEN 19: CONVERSION DE FORMATO SDF A XML 50
IMAGEN 20: INGRESO DE DATOS 50
IMAGEN 21: IMPORTACIÓN DE DATOS A ARCMAP 51
IMAGEN 22: RIOS, BORDES, Y SECCIONES TRANSVERSALES 51
IMAGEN 23: SIMULACION DE INUNDACION DEL RIO PASTAZA 52
IMAGEN 24: VENTANA PRINCIPAL DEL GOOGLE EARTH ENGINE 52
IMAGEN 25: IMÁGENES VV 53
IMAGEN 26: IMÁGENES VH 53
IMAGEN 27: IMÁGENES VV 54
IMAGEN 28: IMÁGENES VH 54
IMAGEN 29: IMAGEN GEOPROCESADA EN GOOGLE EARTH ENGINE 55
IMAGEN 30: RELACIÓN VELOCIDAD/CAUDAL 57
IMAGEN 31: FLUJO SUBCRITICO DEL RIO PASTAZA 58
IMAGEN 32: PERFIL DE FLUJO 59
IMAGEN 33: DEM A COLOR 60
IMAGEN 34: IDENTIFICACION DE AREAS AFECTADAS 61
IMAGEN 35: COMPARACION DE IMÁGENES DE GOOGLE EARTH ENGINE Y HEC-RAS 62

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: VALORES DE RUGOSIDAD……25
TABLA 2: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
TABLA 3: MARCO DE TRABAJO……32
TABLA 4: ESTUDIOS PREVIOS……33
TABLA 5: COEFICIENTE DE MANNING……41
TABLA 6: COEFICIENTE DE ESCORRENTIA……43
TABLA 7: PRECIPITACION ANUAL……44
TABLA 8: CALCULO DE HECTAREAS DEL AREA……45
TABLA 9: RESULTADOS TABULARES DEL MODELO HEC-RAS ……53

CERTIFICADO DE SEGUIMIENTO AL PROCESO INVESTIGATIVO, EMITIDO POR EL AUTOR

Guaranda, 15 de septiembre de 2020

El suscrito Ingeniero Guido Gerardo Tamayo García, Director de proyecto investigación de Pre Grado de la Facultad de Ciencias de la Salud y del Ser Humano de la Universidad Estatal de Bolívar, en calidad de Docente-Tutor.

CERTIFICA:

Que el proyecto de investigación titulado "MODELACIÓN HIDRAÚLICA DEL RÍO PASTAZA, APLICANDO EL MODELO HEC-RAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ZONAS SUSCEPTIBLES A INUNDACIONES EN EL SECTOR DE MADRE TIERRA EN EL CANTÓN MERA DE LA PROVINCIA DE PASTAZA" realizado por: **Michelle Atalia Rivera Tacoamán** ha sido debidamente revisado e incorporado las observaciones realizadas durante las asesorías, en tal virtud, autorizo su presentación para l aprobación respectiva de acuerdo al reglamento de la Universidad.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultando a la interesada dar el presente documento el uso legal quien estime conveniente.

Ing. Guido Gerardo Tamayo García

Docente - Tutor

INTRODUCCIÓN

Modelar el comportamiento hidrodinámico de un río ante una crecida es de vital importancia para así poder contar con posibles soluciones a la problemática de inundaciones. Se conoce que el cambio climático ha generado en nuestro planeta la variación de factores climáticos, ambientales y sociales, los cuales son más evidentes con el paso del tiempo y de las nuevas tecnologías. El cambio climático ha producido una variación en la temperatura y los patrones de lluvia incidiendo en el proceso hidrometeorológico de las cuencas a nivel mundial, cambiando los patrones de caudales máximos, mínimos, y promedios, así como la producción de sedimentos; Estas nuevas condiciones hacen necesario construir modelos físicos y numéricos para ríos y cuencas a escala que nos permita predecir el comportamiento de sistemas en general ante estos nuevos contextos. En este estudio se realizará un análisis de caudales que podrían afectar las zonas de Madre Tierra donde existen 15 comunidades que podrían verse afectadas por los nuevos patrones de caudal.

El modelo utilizado para la simulación de caudales es el Hec-Ras, con dicho modelo se podrá obtener información de las futuras afectaciones de inundaciones en ciertas zonas.

Este modelo será estudiado y verificado en la cuenca del río Pastaza ubicada en la Parroquia Madre Tierra del cantón Mera. Para delimitar zonas con probabilidad a inundaciones por abundantes precipitaciones a lo largo del año, es necesario identificar los elementos morfológicos que sean inundables, inundados o propensos a inundaciones y así realizar una zonificación de afectación por dicho fenómeno, para esto se tomará en cuenta la inundabilidad general del país, el cual estudia el régimen de inundación, el origen de las aguas de inundación y el tipo de agua. (VASQUEZ, 2012)

CAPITULO I

1.1. PLANTAMIENTO DEL PROBLEMA

En los últimos años se han producido afectaciones por inundaciones en zonas pobladas del sector de Madre Tierra en el cantón Mera de la provincia De Pastaza, debido a su régimen pluvial, hasta el momento el sector no cuenta con estudios realizados para determinar zonas en riesgo las cuales son varias a considerar en planes de contingencia, gestión de riesgo, o para fines de atención de emergencias, trayendo consigo grandes afectaciones económicas a esta zona de estudio.

Las inundaciones son muy habituales, y aún más con el rápido cambio del climático, por esto se tiene esperados acontecimientos fluviales extremos y más severos para las comunidades aledañas por lo tanto el control de las inundaciones es una preocupación primordial para determinar zonas de alta vulnerabilidad, por estas razones los modelos de simulación basados en fenómenos físicos, son necesarios para permitir una mejor comprensión del movimiento del río Pastaza, y así tener en cuenta opciones para mitigar los efectos de dichos desastres.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El rio Pastaza es uno de los ríos con más flujo dentro de la zona oriental, ha venido trayendo varios antecedentes de desastres al momento de su crecida, y no se tiene un estudio físico sobre este tema por esto se ha visto en la necesidad de realizar el presente tema de investigación para poder determinar ¿Cuáles son las zonas del sector de Madre Tierra en el cantón Mera de la provincia de Pastaza que se encuentran en vulnerabilidad por las crecidas del río Pastaza ?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Realizar un modelamiento del río Pastaza para identificar zonas susceptibles a inundación por medio de las herramientas de software especializados, en la Parroquia Madre Tierra en el cantón Mera

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar el modelo hidráulico HEC-RAS en el cauce del río Pastaza en la parroquia Madre Tierra
- Establecer las zonas de inundación del río Pastaza en el sector de Madre Tierra, utilizando la herramienta HEC-RAS
- Validar los resultados obtenidos con el modelo HEC-RAS a través de imágenes satelitales geo procesadas de Google Earth Engine

1.4. JUSTIFICACIÓN

En la cuenca Amazónica, del oriente ecuatoriano existe una gran red hidrográfica en la que se presenta una gran cantidad de ríos mismos que tienen una dinámica que ciertos periodos del año se desbordan por la excesiva lluvia e impulsada por factores como la deforestación, erosión inducida, y pendientes pronunciadas, esto ha venido ocasionando pérdidas materiales y en muchos de los casos humanas, es por esto que el presente trabajo de investigación utiliza el software HEC-RAS el cual nos va a permitir obtener una geografía del lugar de estudio y con esto se realizara los cálculos del caudal máximo, el coeficiente de Manning y la pendiente de los bordes del río en estudio y con estos parámetros se realizará la modelación del río Pastaza, con estos resultados se podrá georreferenciar imágenes geo procesadas en Google Earth Engine en donde se podrá observar con más precisión las zonas que pueden llegar a sufrir más daños por dicho fenómeno.

1.5. LIMITACIONES

Al realizar el presente trabajo de investigación encontró varias limitaciones entre ellas, la inexistencia de la batimetría del sector por lo que se tuvo que realizar cálculos para obtener la información requerido, también no cuenta con un registro de las explotaciones mineras que se realizan en el sector por lo que es difícil saber con certeza la perdida de bordes naturales del río Pastaza.

1.6. ALCANCE

En el presente estudio se realizará un análisis hidráulico del río Pastaza (1°32´27” S 78°03´35”W)**,** utilizando herramientas de modelamiento HEC-RAS, ARCMAP, HEC-GEO-RAS que nos indicará las zonas susceptibles a amenaza por inundación en la parroquia Madre Tierra del cantón

Mera, este insumo será útil para actualizaciones del Plan de Ordenamiento Territorial y será un base en el diseño de respectivos planes de contingencia.

CAPITULO II

2.1. MARCO LEGAL

2.1.1. CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR

Artículo 3

Numerales 1 y 7 como deberes primordiales del Estado, el garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes y la protección del patrimonio natural y cultural del país, mientras que las personas tienen el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación y en armonía con la naturaleza, según el numeral 27 del Artículo 66. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Artículo 14

Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay y se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados; para lo cual el Estado; según el Artículo 15, deberá promover, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Artículo 35

Las personas adultas mayores, niñas, niños y adolescentes, mujeres embarazadas, personas con discapacidad, personas privadas de libertad y quienes adolezcan de enfermedades catastróficas o de alta complejidad, recibirán atención prioritaria y especializada en los ámbitos público y privado. La misma atención prioritaria recibirán las personas en situación de riesgo, las víctimas de violencia doméstica y sexual, maltrato infantil, desastres naturales o antropogénicos. El Estado prestará especial protección a las personas en condición de doble vulnerabilidad. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Artículo 389.

El Estado protegerá a las personas, las colectividades y la naturaleza frente a los efectos negativos de los desastres de origen natural o antrópico mediante la prevención ante el riesgo, la mitigación de desastres, la recuperación y mejoramiento de las condiciones sociales, económicas y ambientales, con el objetivo de minimizar la condición de vulnerabilidad. El sistema nacional descentralizado de gestión de riesgo está compuesto por las unidades de gestión de riesgo de todas las instituciones públicas y privadas en los ámbitos local, regional y nacional. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Artículo 390

Los riesgos se gestionarán bajo el principio de descentralización subsidiaria, que implicará la responsabilidad directa de las instituciones dentro de su ámbito geográfico. Cuando sus capacidades para la gestión del riesgo sean insuficientes, las instancias de mayor ámbito territorial y mayor capacidad técnica y financiera brindarán el apoyo necesario con respeto a su autoridad en el territorio y sin relevarlos de su responsabilidad. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Artículo 395

El estado garantizara un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas y seguro la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Artículo 414

El Estado deberá adoptar medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; 8 tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación y protegerá a la población en riesgo y promulga la necesidad de promover la eficiencia energética, la energía renovable y el uso de tecnologías limpias de bajo impacto que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria ni el equilibrio ecológico de los ecosistemas (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

2.1.2. CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE

Artículo 3

Establecer medidas eficaces, eficientes y transversales para enfrenar los efectos del cambio climático a través de acciones de mitigación y adaptación (CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE, 2017)

Artículo 5

Establece el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, mismo que comprende, entre otros: La implementación de planes, programas acciones y medidas de adaptación para aumentar la resiliencia y reducir la vulnerabilidad ambiental, social y económica frente a la variabilidad climática y a los impactos del cambio climático así como la implantación de los mismos para mitigar sus causa (CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE, 2017)

Artículo 766

Categorización de riesgos originados por eventos naturales en la zona costera.- La Autoridad Nacional de Riesgos elaborará la categorización de riesgos originados por eventos naturales y antrópicos en la zona costera. Esta categorización incluirá la restricción de actividades en función de las categorías creadas. La Autoridad Nacional de Riesgos solicitará a la Autoridad Ambiental Nacional el criterio técnico, en el ámbito de su competencia, sobre prevención de riesgos originados por eventos naturales, y sobre la categorización de las diversas partes de la zona costera. Dicho criterio técnico considerará factores como tipo de ecosistema, resiliencia y representatividad de las especies. La Autoridad Nacional de Riesgos elaborará los protocolos de acción frente a los riesgos naturales y antrópicos que enfrenta la zona costera, como sismos, deslizamientos de tierra, inundaciones, intrusión salina y tsunamis. Los gobiernos autónomos descentralizados participarán en la formulación y aplicación de los protocolos de acción (CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE, 2017)

2.1.3. REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PÚBLICA Y DEL ESTADO

Artículo 3

El órgano rector y ejecutor del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión de Riesgos es la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, encargada de asegurar que todas las instituciones públicas y privadas incorporen obligatoriamente, y en forma transversal, la gestión de riesgos en su planificación y gestión. (REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PUBLICA Y DEL ESTADO, 2017)

2.1.4. CÓDIGO ORGÁNICO DE PLANIFICACIÓN Y FINANZAS PÚBLICAS

Artículo 64

Preeminencia de la producción nacional e incorporación de enfoques ambientales y de gestión de riesgo.- En el diseño e implementación de los programas y proyectos de inversión pública, se promoverá la incorporación de acciones favorables al ecosistema, mitigación, adaptación al cambio climático y a la gestión de vulnerabilidades y riesgos antrópicos y naturales. (CODIGO ORGANICO DE FINANZAS PUBLICAS, 2010)

2.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El río Pastaza constituye uno de los ríos más grandes del Oriente Ecuatoriano nace de la cordillera Oriental de los Andes como resultado de la unión de los ríos Chambo y Patate, recorre todo el cantón Baños, el corredor Ecológico LLanganates-Sangay y es una fuente importante de generación hidroeléctrica por encontrarse ahí la Hidroeléctrica Agoyan y la de San Francisco

En la cuenca baja por el importante caudal que recorre en la provincia de Pastaza se han presentado inundaciones debido a fenómenos naturales que se manifiestan intensamente. Varias poblaciones ubicadas en los márgenes del río Pastaza se han visto afectadas ocasionando pérdidas materiales y en algunos casos también humanas**.**

Una de las poblaciones más afectadas ha sido la parroquia Madre Tierra que de acuerdo a los antecedentes se conoce que la de mayor magnitud es en el año 1962 en donde por el desbordamiento se produjo la pérdida total de dicha comunidad, teniendo que reasentarse en un terreno donado por un habitante del mismo sector, a unos 400 metros de Madre Tierra antiguo, así también tenemos el caso de hace 38 años donde se desbordo el río Pastaza y se dio el colapso del puente de la compañía SEDIA dejando aislada la población de la Isla que integra de 7 comunidades

indígenas conformado por 173 familias, en el año 2002 se tiene una inundación de grandes proporciones que afecto a varios sectores obteniendo perdidas de cultivos tradicionales de la zona como: plátano, yuca, maíz, papaya, camote, etc. Por lo que fue necesario el abastecimiento de raciones alimenticias por parte de la defensa civil, teniendo en cuenta todos estos antecedentes. Se continúa a realizar el estudio del sector para la obtención de más información y la elaboración del modelo en estudio.

2.3. ÁREA DE ESTUDIO

Para la construcción del modelo hidrológico se ha definido el cantón Mera en la parroquia de Madre Tierra, ubicada al Suroeste de la provincia de Pastaza, delimitada por el Norte con la carretera principal, hasta topar con el río Pindo grande, por el Sur empezando desde el río Pastaza, hasta el límite de la comuna indígena y la parroquia a formarse, por el Este desde el río Pindo hasta la parroquia Tarqui y al Oeste el río Pastaza.

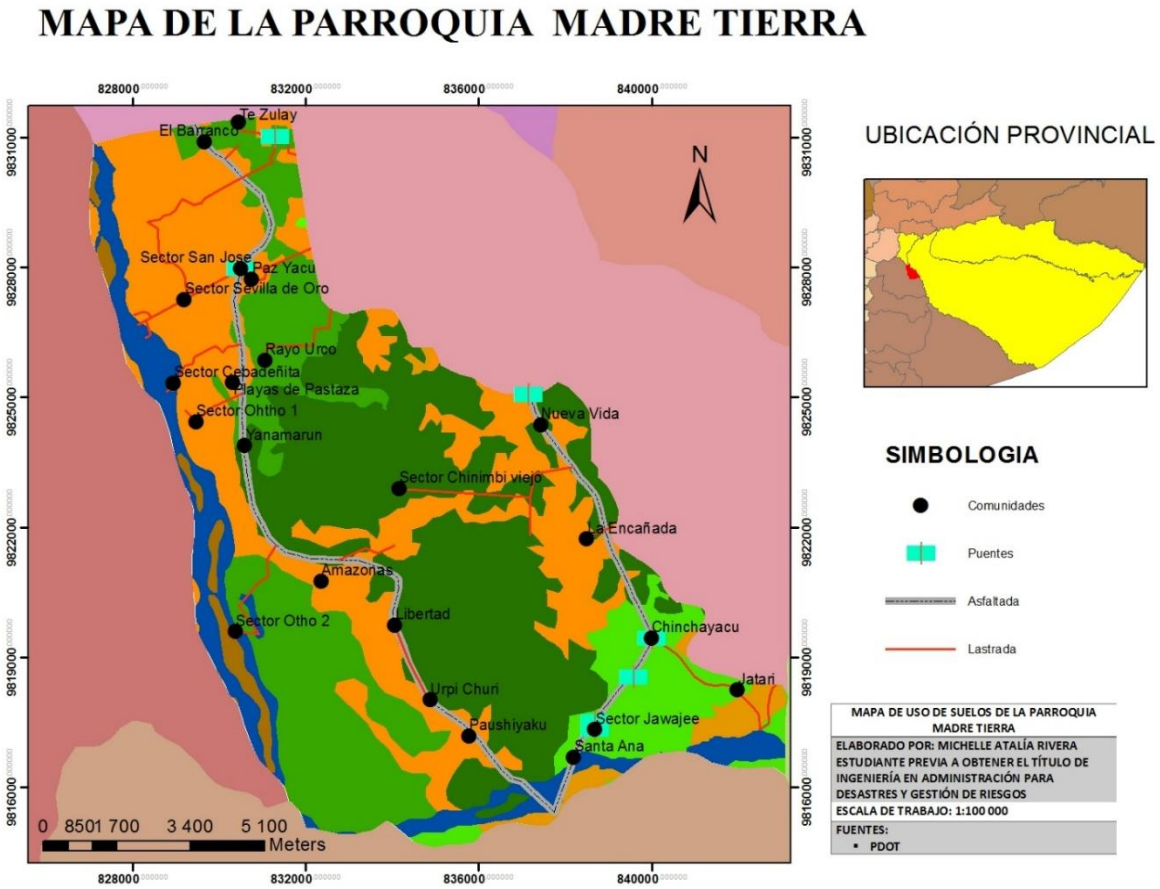


IMAGEN 1: MAPA DE MADRE TIERRA

ELABORADO POR: AUTOR

2.3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CUENCA BAJA DEL RÍO PASTAZA

La cuenca baja del río Pastaza está ubicada desde la central San Francisco hasta el límite con el Perú, atraviesa dos provincias orientales: Pastaza y Morona Santiago con una superficie aproximada de 14552km2 alta y media del río Pastaza está ubicada en el sector oriental de la cordillera de los Andes, en la Región Amazónica del Ecuador, en los territorios de las provincias de Tungurahua, Chimborazo, Pastaza y Morona Santiago tiene una área aproximada de 12650,92km2 hasta encontrarse con el río Palora

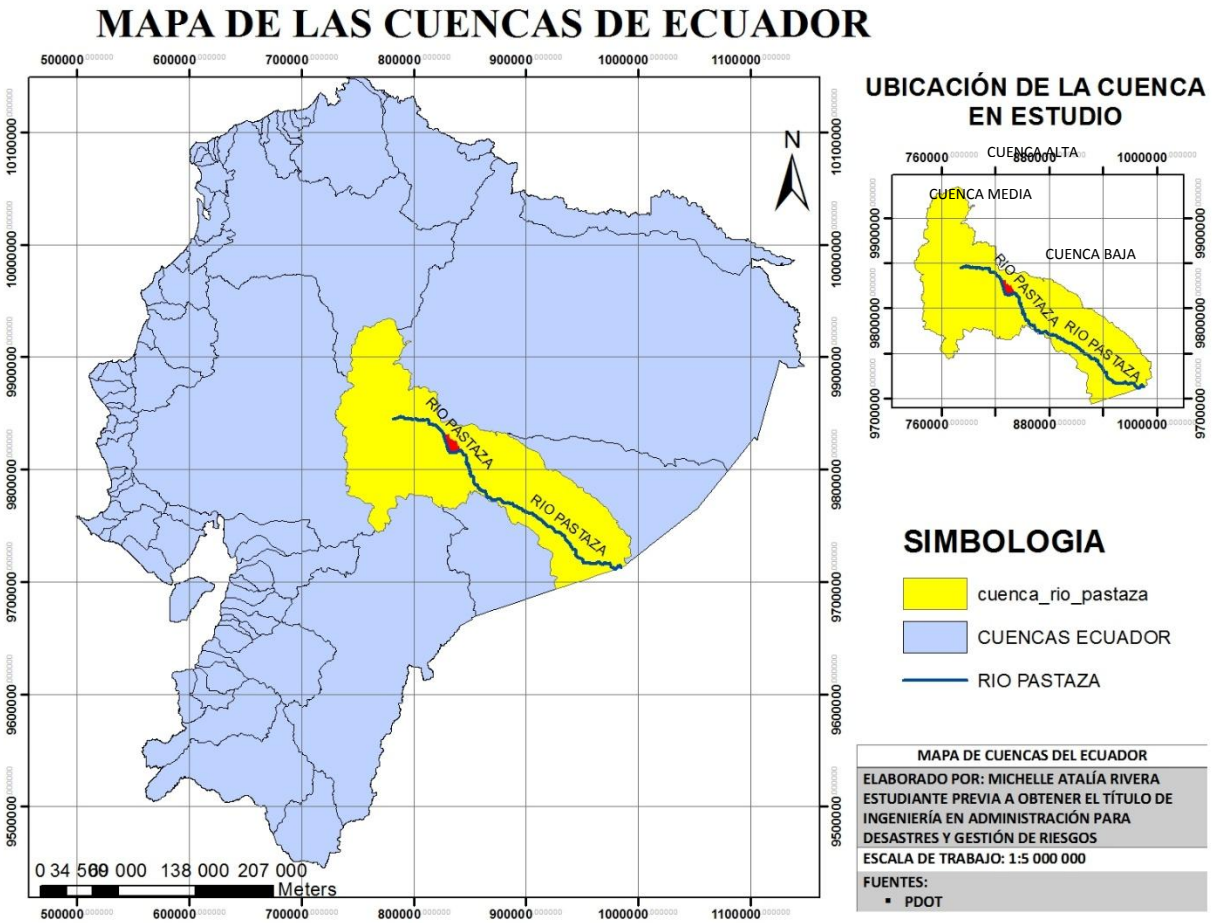


IMAGEN 2: MAPA DE CUENCAS DEL ECUADOR
ELABORADO POR: AUTOR

2.3.2. CLIMA

La parroquia se caracteriza por presentar brisas que nacen en el encañonado del río Pastaza, que refrescan las calurosos días, la temperatura oscila entre los 19 º C y 21º C (PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MADRE TIERRA 2015-2025)

2.3.3. GEOLOGÍA

La principal formación geológica presente en el sector de Madre Tierra es la Cuaternaria que se localiza en la parte central siguiendo una dirección Oeste-Este-Sur y ocupa una extensión de 654,749 hectáreas y corresponde el 22,52%, esto quiere decir que en la mayoría del sector está compuesto de origen volcánico los cuales han sido erosionados de la cordillera en forma torrencial mientras se dirigen hacia el Este van disminuyendo el espesor llegando hasta los 100 metros, un 18,15% representa al periodo Mioceno con 527,666 hectáreas en donde tiene una litología variada entre arena, y arcilla.

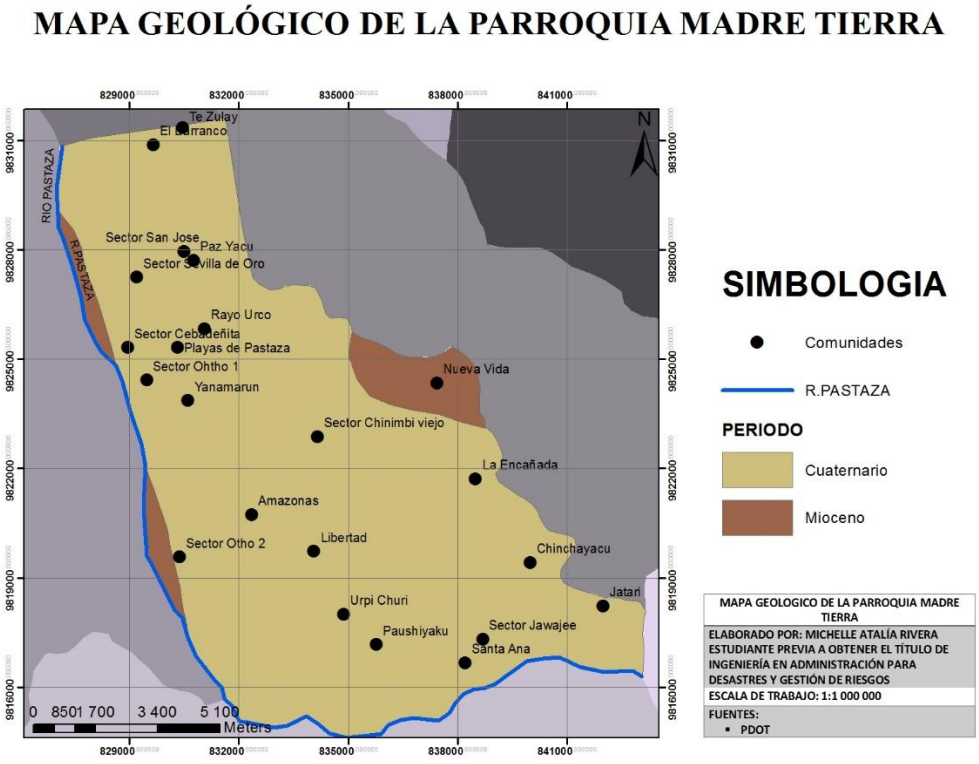


IMAGEN 3: MAPA GEOLÓGICO DE LA PARROQUIA MADRE TIERRA
ELABORADO POR: AUTOR

2.3.4. HIDROGRAFÍA

El río Pastaza es uno de los principales caudales en la parroquia Madre Tierra, es un río Sudamericano de aguas blancas y turbulentas, tiene una longitud de aproximadamente 710km, delos cuales 370 km recorre por el territorio amazónico

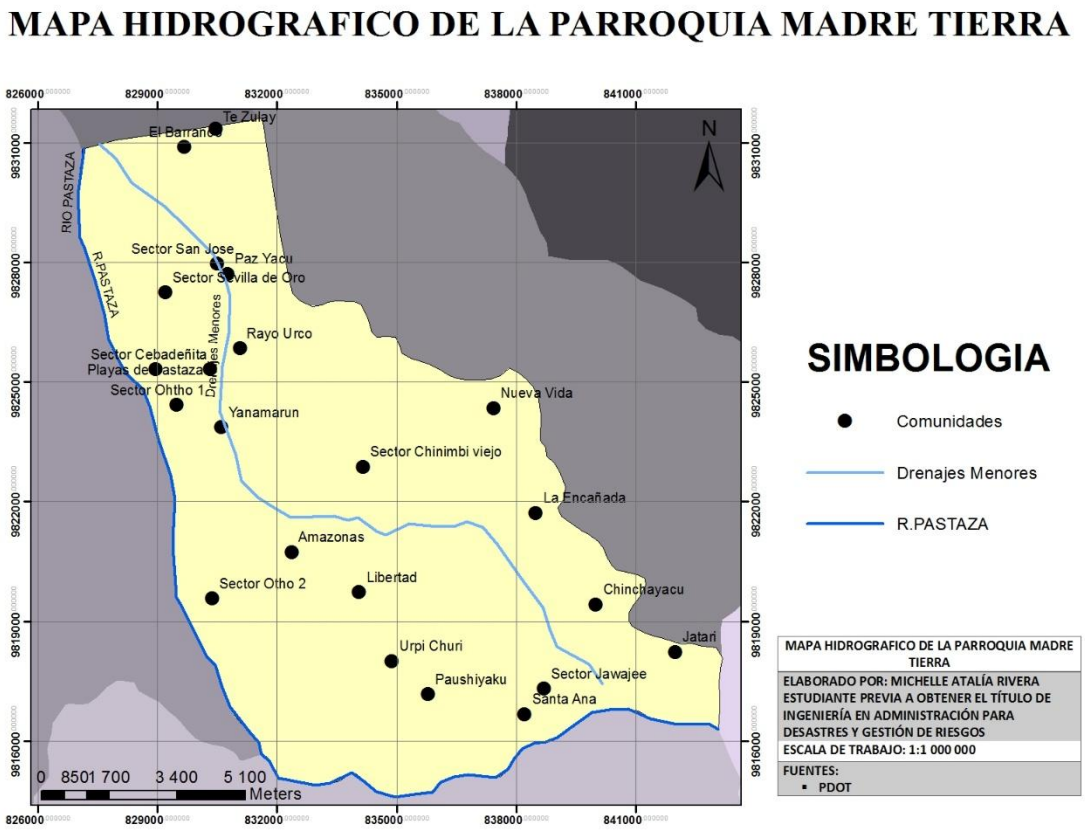


IMAGEN 4: MAPA HIDROGRAFICO DE LA PARROQUIA MADRE TIERRA
ELABORADO POR: AUTOR

2.3.5. SUELOS

El suelo está conformado por una capa gruesa de material fragmentario no consolidado que se conoce con como regolita y que se apoya en la roca subyacente son considerados poco mauros en su evolución, ya que son de origen de material volcánico o sedimentarios con características de materiales variados de colinas fuertes a moderados y baja, presentan pendientes las cuales dan una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y causando así una erosión y deslizamientos de material (MERA, 2015-2025)

2.3.6. USO DE SUELOS

En la cuenca baja los suelos son productos del fenómeno de sedimentación de material pétreo arrastrado desde las cuencas alta y media, por lo mismo este suelo es pobre en nutrientes y evita la actividad agrícola, en su gran mayoría este suelo tiene un uso en bosque inundable, bosque húmedo tropical, y muy poco pastizal. (MERA, 2015-2025)



IMAGEN 5: MAPA DE USO DE SUELOS

2.4. BASES TEÓRICAS

2.4.1. MODELACIÓN HIDRÁULICA

La modelación hidráulica consiste en la representación a escala reducida de fenómenos relacionados con el agua (LUISMEJIA, Enero 2018) los modelos hidráulicos, se usan para la solución de problemas relacionados con las estructuras hidráulicas, fenómenos de infiltración o tramos de ríos y recientemente con el transporte de sedimentos (LUISMEJIA, Enero 2018)

La modelación hidráulica permite, a partir de caudales de entrada, analizar la conducta hidráulica de un río, en condiciones de funcionamiento normal o extremo dando información sobre el nivel del agua, profundidad, zonas de desbordamiento, etc. De este modo se puede prever caudales sectores del río no tienen la capacidad de transportar de manera segura el caudal producido por

eventos extremos de precipitación y escurrimiento, y tomar las medidas de prevención correspondientes. (BOLAÑOS, 1995)

2.4.2. TIPOS DE MODELOS HIDRAÚLICOS

Los modelos hidráulicos pueden clasificarse en dos tipos de funciones, físicos y matemáticos los cuales se presentan a continuación

2.4.2.1. MODELOS FÍSICOS

Estos modelos dependen de tres magnitudes físicas la masa (M), longitud (L), y tiempo (T), son fundamentales porque se definen por sí mismas y constituyen una propiedad de los cuerpos. (Carlos, 2013)

2.4.2.1.1. MODELOS GEOMETRICAMENTE SEMEJANTES

Estos modelos conservan la semejanza de todas las variables geométricas, aquí existe un factor llamado escala de todas las magnitudes geométricas y las que se derivan de ellas.

2.4.2.1.2. MODELOS GEOMETRICAMENTE DISTORSIONADOS

Aquí se conserva la semejanza con el prototipo sin embargo los factores a usar de reducción o ampliación son distintos para diferentes dimensiones del mismo. Es frecuente que las dimensiones horizontales tengan una escala o factor y las dimensiones verticales, otras. El uso de distorsiones resulta, muchas veces, necesario cuando el factor único produce una reducción demasiado grande en las dimensiones verticales, lo cual originaría efectos significativos en fuerzas que en el modelo son despreciables o inexistentes en el prototipo. Este tipo de modelos es usual en estructuras marítimas. (Carlos, 2013)

2.4.2.1.3. MODELOS DE CONTORNO FIJO

Hay casos en que la deformidad del contorno no es relevante al fenómeno estricto, por tanto, puede representarse simplificadamente en el modelo como si fuera fijo o indeformable. Los modelos de este tipo serían, por ejemplo, sistemas de presión, canales revestidos o cursos naturales donde el fondo no experimente muchos cambios. (Carlos, 2013)

2.4.2.1.4. MODELOS DE CONTORNO MOVIL

Existen situaciones en que el modelo debe representar el contorno móvil en una forma fiel y confiable, ya que los fenómenos que ocurren, caso del escurrimiento vienen determinado por la movilidad y deformidad de la sección. Estos casos son frecuentes sobretodo en obras hidráulicas y

de mecánica fluvial. El modelo puede tener sólo lecho móvil y las riberas o bordes fijos, o bien tener el perímetro móvil o lecho móvil por zonas. (MODELACION HIDRAULICA)

2.4.2.2.MODELOS MATEMÁTICOS

Son aquellos en la que se hace uso de las ecuaciones o expresiones matemáticas que definen de una manera simplificada el fenómeno en estudio que ocurre en el prototipo

2.4.2.2.1. MODELOS UNIDIMENSIONALES

Estos modelos son utilizados para la propagación de avenidas en ríos, para obtener las velocidades y cotas de agua, existen los modelos unidimensionales en régimen permanente y gradualmente variable y fondo fijo por su sencillez y su gran difusión, es una herramienta donde el tiempo no es un factor que se toma en cuenta y el flujo debe ser eminente unidimensional. Utiliza esquemas numéricos simples y eficaces entre ellas la ecuación de la conservación de la energía, ecuación de Manning, ecuación de la cantidad de movimiento (CHOW, HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, Marzo 2004)

2.4.2.2.2. MODELOS BIDIMENSIONALES

Estos modelos son utilizados para estudiar fenómenos naturales más complejos, como grandes inundaciones de llanura, la confluencia de dos cauces, cruce de corrientes de agua, en estos modelos utilizamos ecuaciones de Saint Venant entre otras, utilizan modelos MIKE11, GISPLANA, etc.

2.5. MODELO HEC-RAS

Este es un modelo numérico (Hydrologic Engineering Center- River Analysis System) del CUERPO DE INGENIEROS DEL EJÉRCITO DE LOS ESTADOS UNIDOS, de un uso libre, Este modelo calcula perfiles de flujo de una sección de un río, para poder determinar el nivel del agua, se puede también incluir obras hidráulicas como puentes, presas las cuales influyen en sus resultados.

Este programa se compone por 4 tipos de análisis en ríos:

- Modelización de flujo en régimen permanente
- Modelización de flujo en régimen no permanente
- Modelización del transporte de sedimentos
- Análisis de calidad de aguas

El modelo a utilizar nos da información del perfil longitudinal y de perfiles transversales que permitirán reconstruir la geometría del canal en los tramos de interés, esta información se obtendrá del levantamiento en terreno y de ser necesario se complementará con información extraída de cartografía ya existente.

El principal objetivo del modelo HEC-RAS es calcular alturas de agua en la zona de interés para así poder determinar caudales, es por esto que se debe tener información previa a la elaboración del modelo, los parámetros necesarios para la elaboración son la topografía en este caso ya existen levantamientos topográficos necesarios para formar los perfiles para el análisis del sector , sin embargo se utilizó el programa ArcMap con su extensión de Hec-GeoRAS para realizar el trazado topográfico, el control y registro de la medición del terreno en este caso se debe tener en cuenta las estaciones pluviométrica y así poder tener el registro del nivel del agua del cauce, como tercer parámetro tenemos el coeficiente de rugosidad del lecho, esto quiere decir el tipo de material que transporta el cauce, para esto se deberá realizar pruebas para estimar el coeficiente de rugosidad de Manning si no se tiene información de valores ya establecidos , para esto es importante tener en cuenta el tipo y tamaño de los materiales que componen el río y las características morfológicas del mismo para esto se utiliza el método de Cowan o multiparametrico esta es una expresión que permite determinar el valor de coeficiente de Manning utilizando los diferentes parámetros que permiten valorar características de un cauce.

Fórmula para determinar el coeficiente de rugosidad de Manning:

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \cdot m$$

Donde:

n_b = un valor base de n para un cauce recto, uniforme y liso en función del material del fondo

n_1 = factor de corrección para implementar el efecto de las irregularidades superficiales

n_2 = un valor que añade las variaciones de forma y tamaño de la sección del cauce

n_3 = un valor que implementa el efecto de obstrucciones

n_4 = un valor que incorpora el efecto de presencia de vegetación

m = un factor corrector que implementa la sinuosidad del cauce

(CHOW, HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, Marzo 2004)

Con este método obtendremos el valor que corresponde al coeficiente de rugosidad de Manning, dentro del proyecto en ejecución utilizamos tablas orientativas de rangos y valores ya establecidos en el libro de Hidráulica de Canales Abiertos de Ven te Chow. (CHOW, HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS, Marzo,2004)

TABLA 4.8 Valores del coeficiente de rugosidad *n* (Chow, 1959) (continuación)

Tipo de canal y descripción	Mínimo	Normal	Máximo
1. Pasto densos, altos como la profundidad del flujo	0.050	0.080	0.120
2. Fondo limpio, arbustos en los lados	0.040	0.050	0.080
3. Igual, al más alto nivel del flujo	0.045	0.070	0.110
4. Arbustos densos, nivel alto	0.080	0.100	0.140
D. Cursos naturales			
D-1. Cursos menores (ancho superior al nivel de crecida < 100 ft).			
a. Cursos en planicie			
1. Limpio, recto, nivel lleno, sin fallas o pozos profundos	0.025	0.030	0.033
2. Igual que arriba, pero más piedras y pastos	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, curvado, algunos pozos y bancos	0.033	0.040	0.045
4. Igual que arriba, pero algunos pastos y piedras	0.035	0.045	0.050
5. Igual que arriba, nivel inferiores, más pendiente y sección inefectivas.	0.040	0.048	0.055
Igual que 4, pero más piedras	0.045	0.050	0.060
7. Tramos sucios, con pastos y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
8. Tramos con muchos pastos, pozos profundos o recorridos de la crecida con mucha madera y arbustos bajos.	0.075	0.100	0.150
b. Cursos en montaña, sin vegetación en el canal, laderas con pendientes usualmente pronunciadas, árboles y arbustos a lo largo de las laderas sumergidos para niveles altos.			
1. Fondo: grava, canto rodado y algunas rocas	0.030	0.040	0.050
2. Fondo: cantos rodados con grandes rocas	0.040	0.050	0.070

TABLA 1: VALORES DE COEFICIENTE DE RUGOSIDAD
ELABORADO POR: VEN TE CHOW

2.5.1. CAPACACIDADES HIDRAULICAS DEL MODELO HEC-RAS

El modelo Hec-Ras nos brinda diferentes herramientas para realizar diferentes cálculos ente ellos tenemos:

- Análisis de perfiles múltiples
- Determinación de la profundidad critica para cada sección
- Determinación de los parámetros hidráulicos en cada sección
- Opción de flujo efectivo
- Perdida de puentes
- Protección de márgenes
- Ecuaciones de perdida friccionales
- Mejoras en el canal interpolación de secciones
- Perfiles de corrientes tributarias
- Resolver para "n" de Manning
- Perfiles de flujo

2.5.2. ECUACIONES BÁSICAS PARA EL CÁLCULO DE LOS PERFILES

El cálculo se basa en la solución de la ecuación de energía unidimensional con pérdidas de energía

Por la fricción evaluadas con las ecuación de Manning.

2.5.2.1. FLUJO PERMANENTE

El flujo se lo denomina permanente si los parámetros, tirante, velocidad, área entre otros, no cambian al respecto al tiempo, esto nos dice que todas las secciones del canal permanecen constantes.

Ecuación de la energía

$$Z_2 + Y_2 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{a_2 V_2^2}{2g} + h_e$$

Donde:

Z_2: Línea de referencia aguas arriba

Y_2: Fondo del canal aguas arriba

$\frac{a_2 V_2^2}{2g}$: Superficie de agua, aguas arriba

Z_1: Línea de referencia aguas abajo

Y_1: Fondo del canal aguas abajo

$\frac{a_2 V_2^2}{2g}$: Superficie de agua, aguas abajo

h_e: Línea de energía

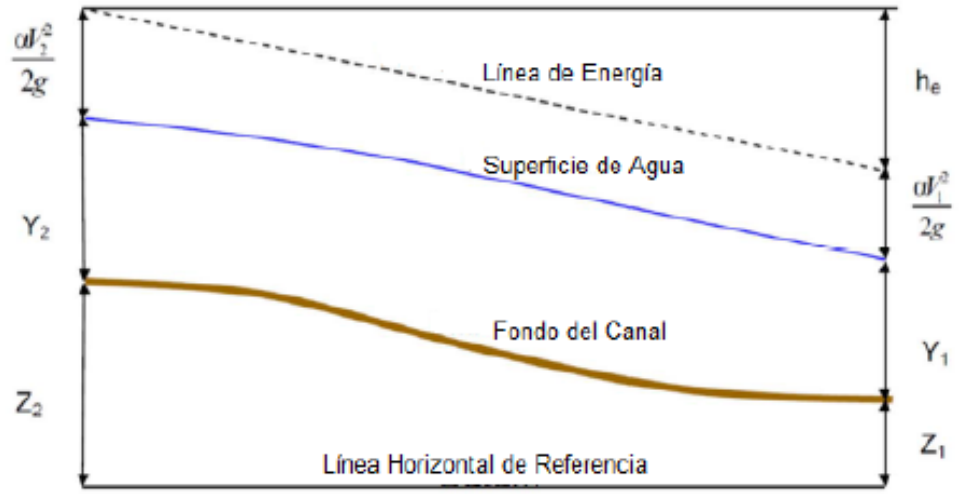


IMAGEN 6: FLUJO PERMANENTE
ELABORADO POR: ESTUDIO FLUVIOMORFOLOGICO

2.5.2.2.EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE VELOCIDAD

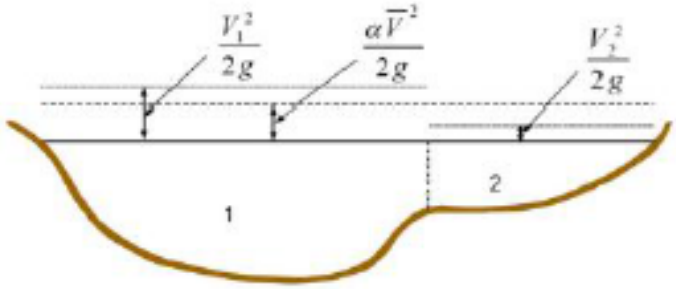


IMAGEN 7: EVALUACIÓN DE LA ALTURA DE VELOCIDAD
ELABORADO POR: ESTUDIO FLUVIOMORFOLOGICO

$V_1 = velocidad\ media\ para\ la\ subárea\ 1$

$V_2 = velocidad\ media\ para\ subárea\ 2$

$Q = Subdivision\ de\ la\ seccion\ transversal\ Manning$

Determinación de α en general:

$$\propto = \frac{(Q_1 V_1^2 + Q_n V_n^2)}{Q\ \ {}^{-2}_{V}}$$

2.5.2.3.FLUJO NO PERMANENTE

El flujo no permanente es el que varía sus paramentos y se utilizan las mismas estructuras que para el caso de flujo permanente

2.6. INFORMACIÓN REQUERIDA POR EL MODELO

Para la creación de la modelación en HEC-RAS necesitamos trabajar en HEC-GeoRAS con guía en un Modelo Digital del Terreno (MDT), con un formato digital TIN (Trianguled Irregular Network), el cual debe ser lo más detallado posible, este modelo se puede generar con ArcMap y su extensión 3D Analysis a partir de curvas de nivel de cualquier formato (dxf o dwg).

Este TIN permitirá obtener los datos geométricos de las secciones transversales y para que esto salga bien se debe identificar la cota.

2.7. PARAMETROS HIDRAÚLICOS DE DISEÑO

2.7.1. SECCIONES TRANSVERSALES

Se identifica los parámetros hidráulicos del diseño entre ellos están los bancos, fondo del río, sobre bancos, caudal de diseño, Coeficiente de Manning ya sea para la inundación y para el cauce

2.7.2. CAUDALES MEDIOS EN EL CAMPO

El caudal máximo que fue utilizado en el modelo fue obtenido con la formula racional, calculando los paramentos de coeficiente de escorrentía, intensidad de la lluvia en mm/h, área de la cuenca en Ha.

Con este caudal máximo pudimos calibrar el modelo Hec-Ras para obtener un resultado más específico.

2.7.3. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (N DE MANNING)

La n de Manning nos permite conocer la cantidad de resistencia al movimiento del agua en cauces naturales o artificiales, este coeficiente es muy variable puesto que depende de diferentes factores como la vegetación irregularidad, obstrucciones, nivel, caudal, régimen de circulación entre otros, en el presente trabajo manejaremos tablas y fotografías que muestran valores típicos de canales determinados por expertos dados básicamente por el material, y otros factores ya mencionados.

2.8. DEFINICÓN DE SÍMBOLOS

Z_2: Línea de referencia aguas arriba

Y_2: Fondo del canal aguas arriba

$\frac{a_2 V_2^2}{2g}$: Superficie de agua, aguas arriba

Z_1: Línea de referencia aguas abajo

Y_1: Fondo del canal aguas abajo

$\frac{a_2 V_2^2}{2g}$: Superficie de agua, aguas abajo

h_e: Línea de energía

$V_1 =$ velocidad media para la subárea 1

$V_2 =$ velocidad media para subárea 2

$Q =$ Subdivision de la seccion transversal Manning

Cd = Coeficiente de arrastre de la partícula

d = Calado del flujo

ds = Diámetro del sedimento

DH = Diámetro hidráulico

v = Velocidad local a una distancia y medida perpendicular al canal

V = Velocidad media del flujo

$Vmax$ = Velocidad en la superficie libre

Vs = Velocidad promedio del sedimento en la capa de carga de lecho

$V*$ = Velocidad de corte

CAPITULO III

3.1. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

En la presente investigación se utilizó un nivel exploratorio, ya que se realizó un levantamiento de información en el lugar a estudiarse de forma directa con la ayuda de un GPS y un distancio metro laser, utilizando el método teórico de análisis y síntesis basándose en datos pluviométricos y condiciones del suelo en el área de estudio.

3.2. DISEÑO

La presente investigación se realizó con un diseño de fiabilidad es decir que se busca que con métodos similares se puedan obtener resultados iguales, lo que se pudo comprobar con la georreferenciación de imágenes satelitales de Google Earth Engine en donde se pudo observar que la inundación es similar a la que se obtuvo con el modelo HEC-RAS

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

INFORMACIÓN	FUENTE	TECNICA
Fotografías Aéreas	SIGTIERRAS	Observación
Información temática: Cobertura vegetal, geología, hidrología, geomorfología	SIGTIERRAS, PDOT PASTAZA	Observación
Modelo Digital del Terreno (MDT)	Google Earth Engine	Observación
Datos de estaciones hidrológicas y meteorológicas	INAMHI	Observación

TABLA 2: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN
ELABORADO POR: AUTOR

3.4. MARCO DE TRABAJO

CAPÍTULOS	DESCRIPCIÓN
Capítulo I Introducción	En este capítulo se presentará el marco general en que se desarrollará la investigación, los objetivos, y su alcance,
Capítulo II Marco Teórico	Aquí tendremos en cuenta las fuentes bibliográficas utilizadas para realizar la investigación
Capítulo III Área de Estudio y Metodología	En este capítulo determinaremos el área de estudio, y evaluaremos el modelo hidráulico que será utilizado
Capítulo IV Resultados y Análisis	En este capítulo se detallan los resultados obtenidos en las simulaciones del modelo y se realizará la validación de los resultados
Capítulo V Conclusiones y Recomendaciones	En esta sección se establece las principales conclusiones de esta investigación y se propone recomendaciones para futuros estudios
Capítulo VI Anexos	En este capítulo se mostraran las imágenes y tablas que fueron utilizadas dentro de la modelación

TABLA 3: MARCO DE TRABAJO
ELABORADO POR: AUTOR

3.5. RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN

En este estudio se ha recopilado información hidrológica y climatológica (Precipitación) de los estudios e informes del análisis situacional actual del Río Pastaza

3.5.1. ESTUDIOS PREVIOS

Titulo	**Fuente**	**Año**	**Contenido**
Modelo De Regímenes De Inundación, Para La Representación Cartográfica De Ecosistemas Del Ecuador Continental	Ministerio del Ambiente	2013	Documento que nos da los regímenes pluviométricos e hidrológicos, así como los caudales anuales del todo el País , da a conoces las políticas ambientales y estrategias para el cuidado de los ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales del país,
Proyecto piloto para la estimación de caudales ambientales en la cuenca del Río Pastaza, basado en un panel de expertos	Escuela Politécnica Nacional	2010	Tesis orientada a determinar caudales ambientales en ríos de la cuenca del río Pastaza. Información de caudales máximos y medios
Análisis de la situación actual del	Gobierno Provincial de Pastaza	2019	Documentos que identifican las

Río Pastaza, que Fluye ente las parroquias Mera y Madre Tierra y sus afectaciones por desbordamientos aguas abajo, año 2019			posibles zonas de inundación y dinámica fluvial del Río Pastaza aguas abajo.

TABLA 4: ESTUDIOS PREVIOS
ELABORADO POR: AUTOR

3.6. METODOLOGÍA

3.6.1. OBTENCIÓN DEL MODELO DIGITAL DE TERRENO

El modelo digital de terreno "MDT" del río Pastaza en el sector de Madre Tierra fue obtenido desde google earth engine, el cual trabaja con imágenes satelitales, para el presente trabajo utilizamos una imagen de Landsat con 3 bandas: B3,B4, y B5, esta imagen nos da curvas de nivel, ríos, y puntos de altura.

La información procesada se indica en la imagen 8, la cual contiene los márgenes y el cauce a utilizar.

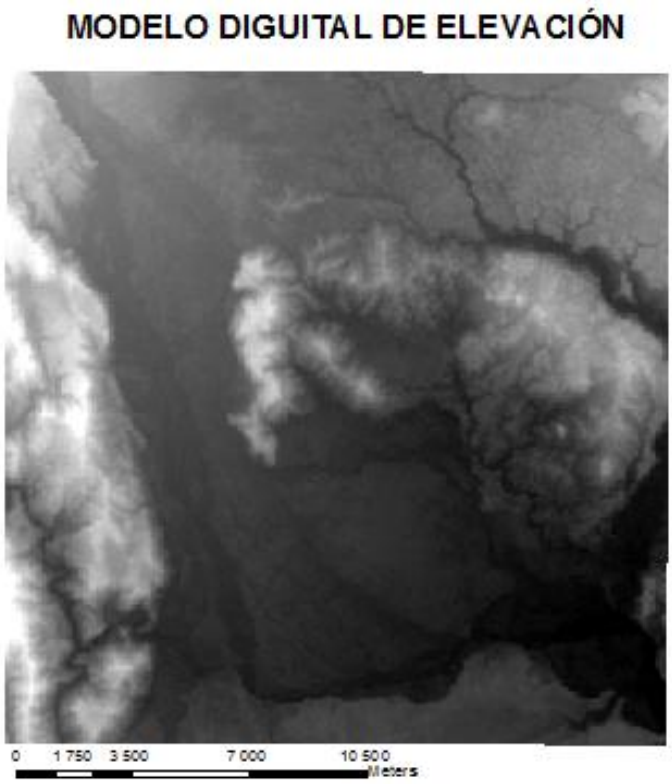


IMAGEN 8: DEM
ELABORADO POR: AUTOR

3.6.2. CREACIÓN DEL TIN

Para la creación del TIN utilizamos la herramienta ArcToolbox del ArcMap, en donde creamos las curvas de nivel

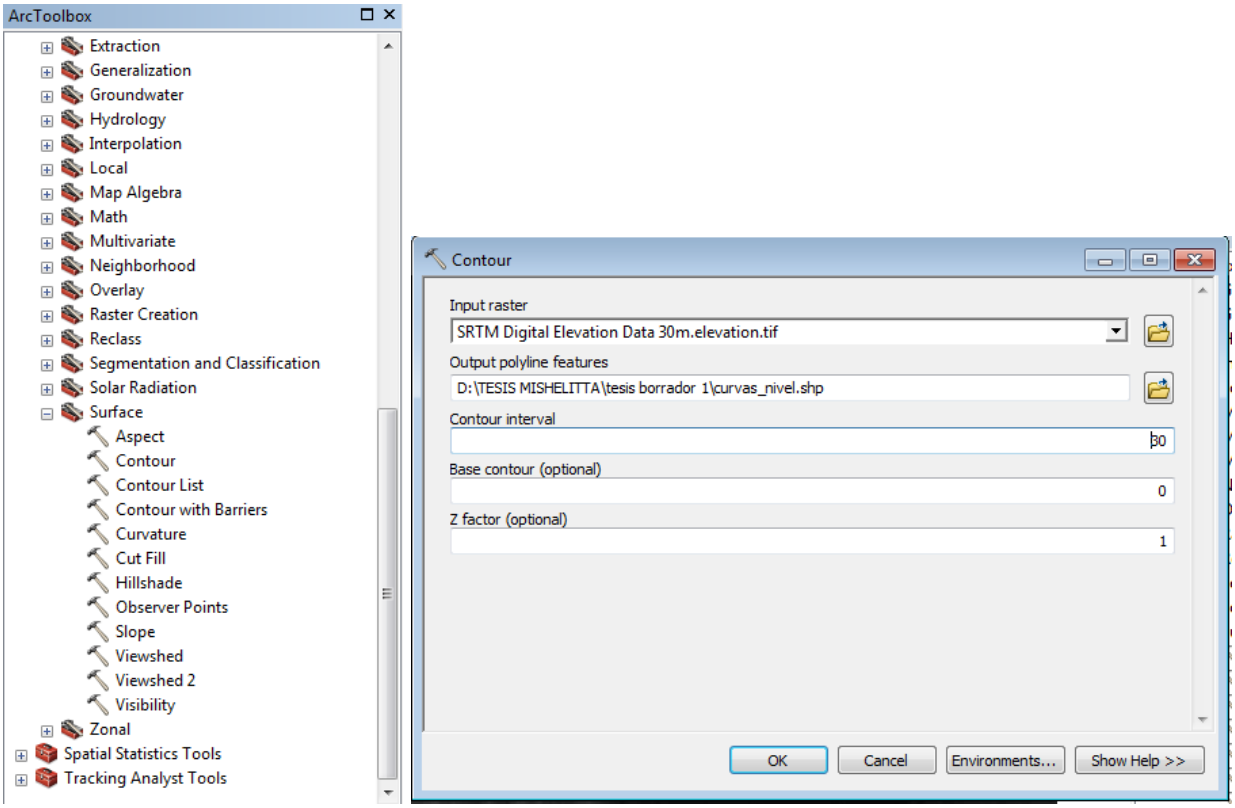


IMAGEN 9: HERRAMIENTAS DE ARCMAP
ELABORADO POR: AUTOR

A continuación con la misma herramienta de ArcToolbox realizamos el TIN con las curvas de nivel a una distancia de 3m

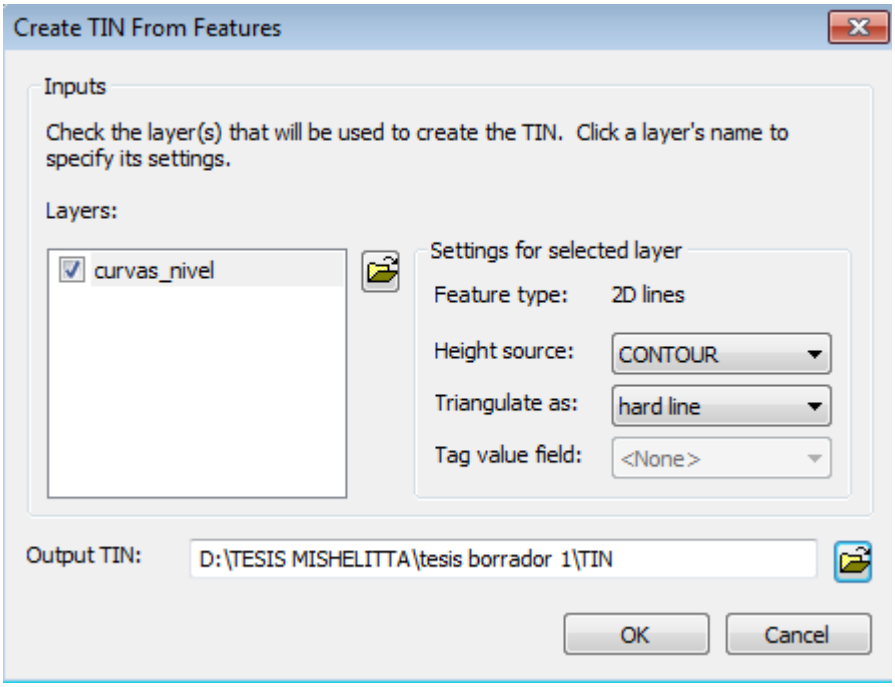


IMAGEN 10: CREACIÓN DEL TIN
ELABORADO POR: AUTOR

3.7. PROCESO DE MODELACIÓN HIDRAULICA

Para la modelación se dividió en 3 fases: Pre proceso, Proceso y Post proceso, los cuales el primero y el tercero serán realizados en ArcMap con la extensión HEC-GeoRAS y el segundo paso se lo realizara ya específicamente en HEC-RAS.

3.7.1. PRE PROCESO

En este paso se utilizó la extensión HEC-GeoRAS que se encuentra dentro del ArcMap, aquí se crearon diferentes capas que fueron ocupadas para la creación de la geometría del modelo.

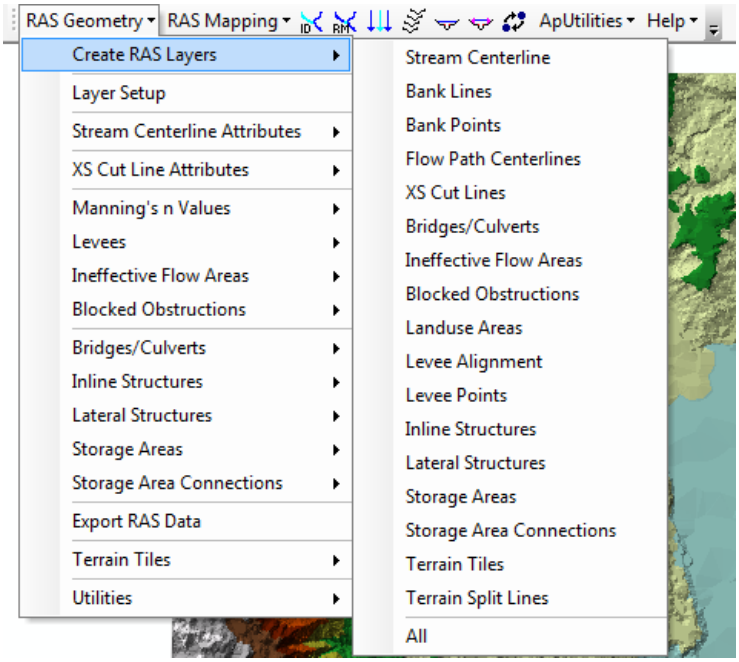


IMAGEN 11: CREAR CAPAS
ELABORADO POR: AUTOR

Esta extensión cuenta con una lista desplegable las cuales utilizamos en el proceso de modelación:

3.7.1.1. CREAR CAPAS (CREATE RAS LAYERS): esta opción nos permitió crear las diferentes capas que utilizamos para el modelo.

3.7.1.2. LÍNEA DEL CAUCE (STREAM CENTERLIN): Aquí dibujamos la línea del cauce en donde se añadió la tipología y atributos del mismo, es importante digitalizar de aguas arriba a aguas abajo.

3.7.1.3. LÍNEAS DE BANCO (BANK LINES): Se digitalizó de la misma forma que el río, pero aquí se identifica a los bordes del rio.

3.7.1.4. LÍNEAS DE CENTRO DEL SOBRE FLUJO (FLOWPATH CENTERLINES): estas líneas son importantes ya que el corte de las mismas con las secciones transversales definen los puntos que serán medidos automáticamente la distancia entre secciones por los márgenes, se deben definir por el flujo del banco derecho al igual que el izquierdo.

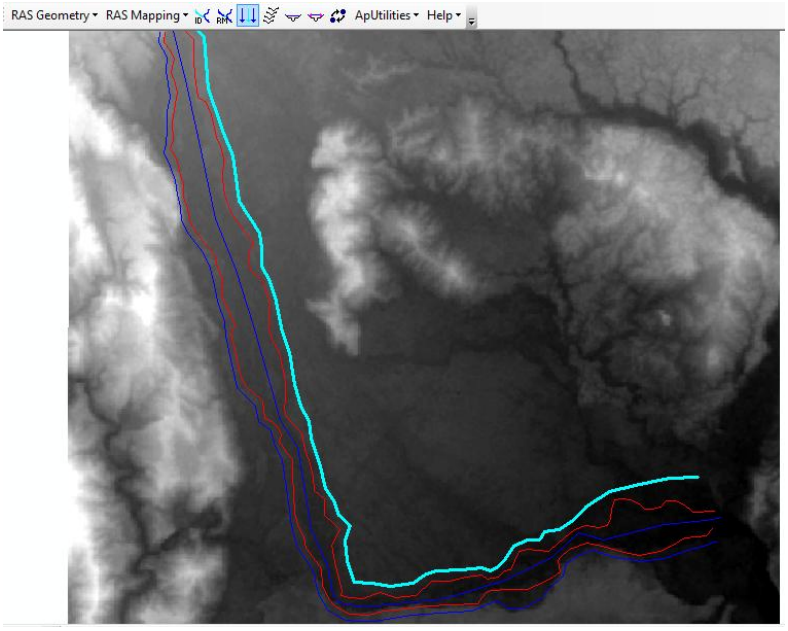


IMAGEN 12: EDICION DE LOS FLOWPATHS
ELABORADO POR: AUTOR

3.7.1.5. LÍNEAS DE CORTE DE LAS SECCIONES TRANSVERSALES (XS CUT LINES): Se puede digitalizar manualmente al igual que de forma automática, se debe revisar que no debe tener dos cortes en cada sección, se debe cortar siempre de forma perpendicular al flujo y de margen izquierdo a derecho.

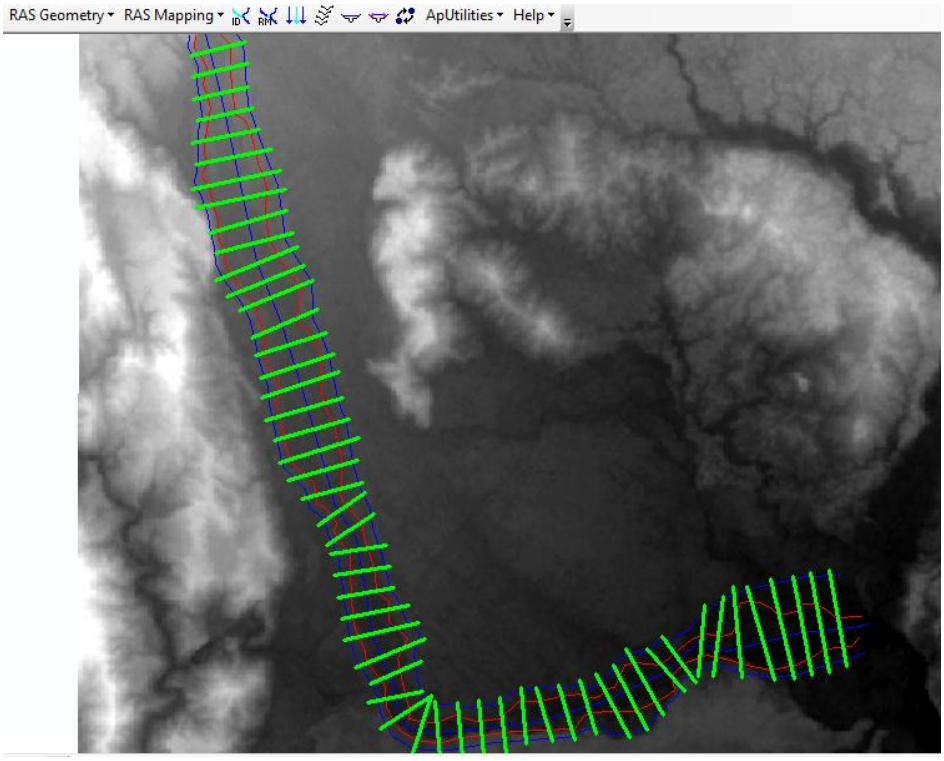


IMAGEN 13: SECCIONES TRANSVERSALES DEL RÍO PASTAZA
ELABORADO POR: AUTOR

Hasta este paso se tenía ya digitalizado el cauce, los bordes, las líneas de sobre flujo y las secciones transversales, para que la información pueda ser utilizada es necesario realizar la transformación a 3D, para esto igual utilizamos la herramienta Hec-GeoRAS que nos ayuda a general el cauce y las secciones transversales en 3D.

3.7.1.6. AÑADIR TOPOLOGÍA Y ELEVACIÓN AL CAUCE (STREAM CENTER LINE ATTRIBUTES): en este paso se añadió de forma automática a las capas generadas y se obtiene la capa "Río3D"

3.7.1.7. AÑADIR TOPOLOGÍA Y ELEVACIÓN A LAS SECCIONES TRANSVERSALES (XS CUT LINE ATRIBUTES): en este paso se generó secciones transversales en 3D creando la capa "XS CutLines3D"

3.7.1.8. EXPORTAR A HEC-RAS (EXPORT RAS DATA): Aquí preparamos el archivo para poder abrirlo en HEC-RAS.

3.7.2. PROCESO

3.7.2.1. IMPORTAR GEOMETRÍA HACIA HEC-RAS

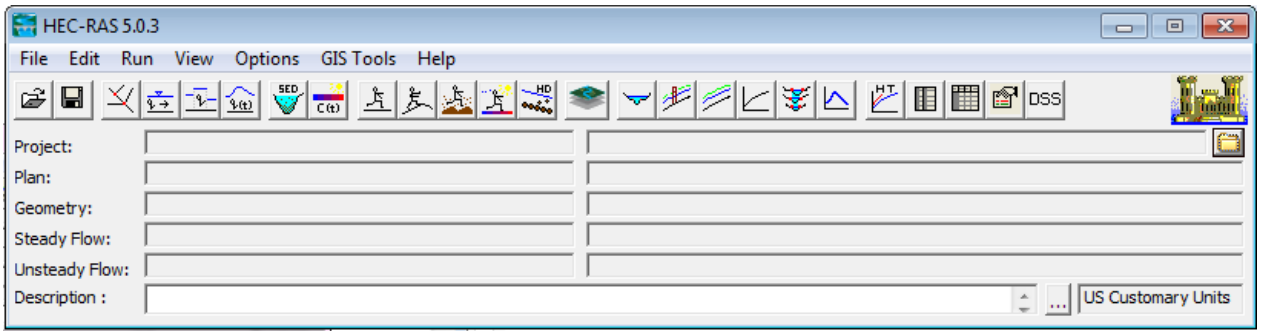


IMAGEN 14: VENTANA PPRINCIPAL DEL HEC-RAS 5.0.3
ELABORADO POR: AUTOR

Este proceso empieza con la utilización del HEC-RAS 5.0.3, en donde se crea un proyecto y se abre a ventana de "Geometric Data" y se importa el archivo que generamos en ArcMap, el cual tendrá las secciones transversales y los bancos

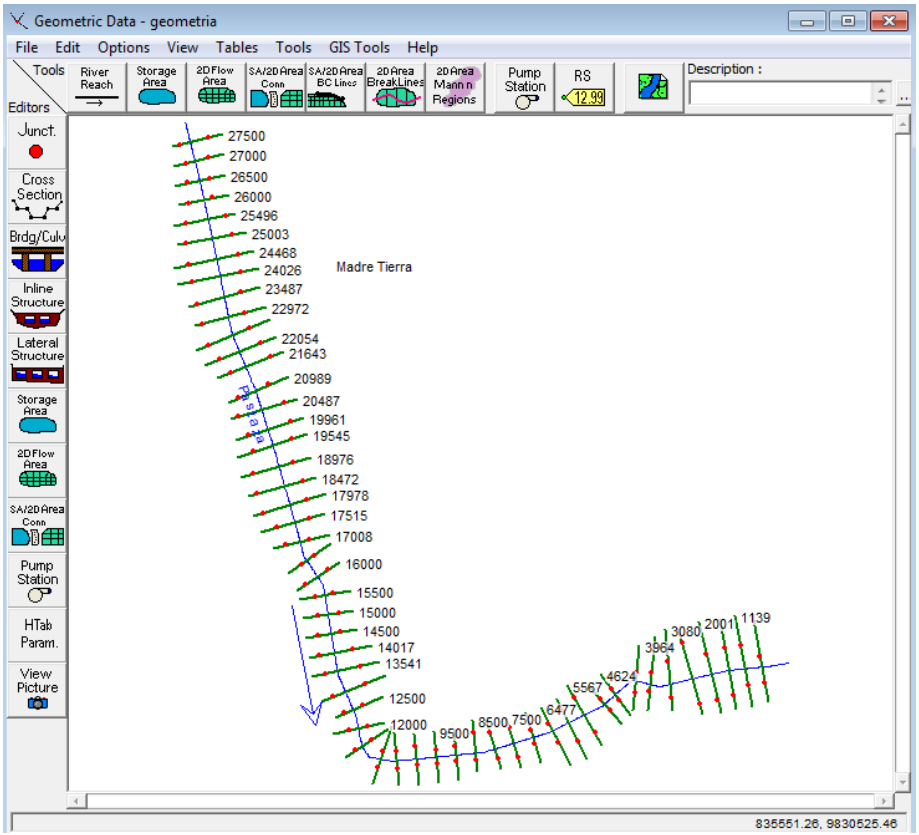


IMAGEN 15: GEOMETRÍA DEL RÍO PASTAZA
ELABORADO POR: AUTOR

Aquí es donde se realizó en si toda la modelación hidráulica y para esto se debe verificar que las secciones generadas desde el DEM corresponden a las secciones reales

3.7.2.2. CROSS SECTION X-Y COORDINATES: Aquí podemos encontrar todas las cotas y distancias de cada punto del fondo de la sección transversal.

3.7.2.3. DOWNSTREAM REACH LENGHS: en esta sección se ingresó las distancias de cada perfil, tiene tres opciones que corresponden a la parte izquierda de la zona de inundación, el canal en sí y la parte derecha de la zona de inundación.

3.7.2.4. MANNING´S VALÚES: Aquí se ingresaron los valores del coeficiente de rugosidad de Manning para cada área, sin embargo en este proyecto como ya se había mencionado vamos a utilizar tablas dadas por expertos y por el tipo de material del río, en este caso específicamente será 0.35

Edit Manning's n or k Values

River: Pastaza | Edit Interpolated XS's | Channel n Values have a light green background

Reach: Madre Tierra | All Regions

Selected Area Edit Options

Add Constant ... | Multiply Factor ... | Set Values ... | Replace ... | Reduce to L Ch R ...

	River Station	Frctn (n/K)	n #1	n #2	n #3
1	27500	n	0.35	0.35	0.35
2	27000	n	0.35	0.35	0.35
3	26500	n	0.35	0.35	0.35
4	26000	n	0.35	0.35	0.35
5	25496	n	0.35	0.35	0.35
6	25003	n	0.35	0.35	0.35
7	24468	n	0.35	0.35	0.35
8	24026	n	0.35	0.35	0.35
9	23487	n	0.35	0.35	0.35
10	22972	n	0.35	0.35	0.35
11	22504	n	0.35	0.35	0.35
12	22054	n	0.35	0.35	0.35
13	21643	n	0.35	0.35	0.35
14	20989	n	0.35	0.35	0.35
15	20487	n	0.35	0.35	0.35
16	19961	n	0.35	0.35	0.35
17	19545	n	0.35	0.35	0.35
18	18976	n	0.35	0.35	0.35
19	18472	n	0.35	0.35	0.35
20	17978	n	0.35	0.35	0.35
21	17515	n	0.35	0.35	0.35
22	17008	n	0.35	0.35	0.35
23	16500	n	0.35	0.35	0.35

TABLA 5: COEFICIENTE DE MANNING
ELABORADO POR: AUTOR

3.7.2.5. MANNING CANNEL BANCKS STATIONS: Se ingresó la ubicación en donde empieza y donde terminan los bordes típicos del cauce.

3.7.2.6. CONT/EXP COEFFICIENTS: Aquí se identificaron los coeficientes de expansión y contracción, el programa por defecto usa los valores 0.1 y 0.3 respectivamente.

3.7.2.7. DATOS DE FLUJO (STEADY FLOW DATA):

En este paso se ingresó el pico de grandes inundaciones en un año hidrológico, en esta misma opciones existen dos casilleros para las condiciones limite aguas arriba y aguas abajo, la misma información que se saca de la resta de la cota mayor y menor y este resultado entre la longitud del rio, en este caso tenemos un valor de 0,006.

$$Pendiente = \frac{Cota\ Mayor - Cota\ Menor}{Longitud\ del\ Río}$$

$$Pendiente = \frac{970 - 780}{27993{,}02}$$

$$Pendiente = 0{,}006$$

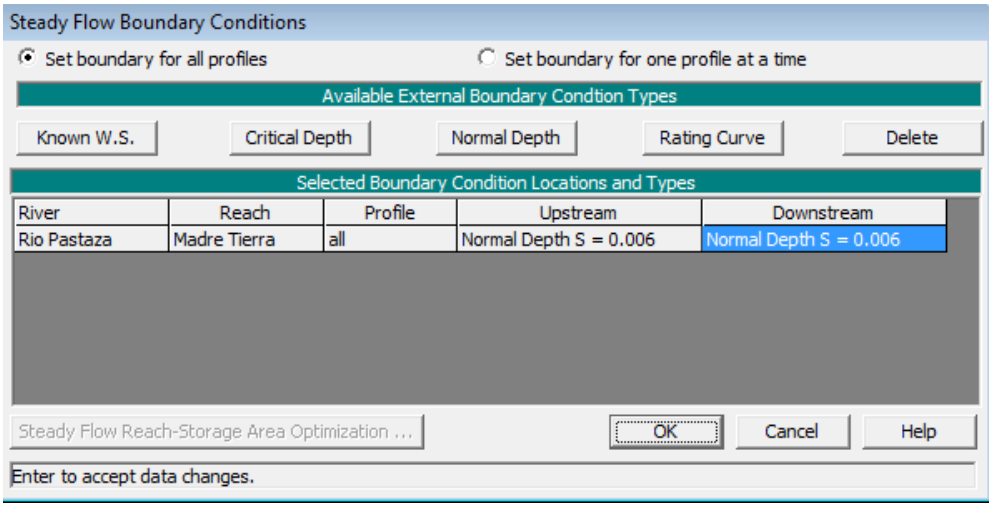


IMAGEN 16: INGRESO DE CONDICIONES DE BORDE PARA FLUJO
ELABORADO POR: AUTOR

3.7.2.8. CALIBRACIÓN DEL MODELO

Para calibrar el modelo se necesitó el caudal máximo que recorre en el área de estudio y para la obtención del mismo se lo calculo mediante la fórmula racional.

3.7.2.9. FORMULA RACIONAL PARA IDENTIFICAR EL CAUDAL MÁXIMO

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Donde

Q: Caudal máximo

C: coeficiente de escorrentía

i: intensidad de la lluvia en mm/h

A: área de la cuenca, en Ha

Para realizar este cálculo de caudales máximos se tomó en cuenta el coeficiente de escorrentía dado por Fernando Catalá Moreno en donde nos indica que para el área que se estudió el coeficiente es de 1

Tipo area	C lluvias corta	C lluvias largas
Residencial >150 viviendas/ha	0.70 a 1.00	1.00
Residencial de 100 a 150 v/ha	0.75 a 1.00	1.00
Residencial de 50 a 100 v/ha	0.65 a 0.80	1.00
Residencial de 25 a 50 v/ha	0.40 a 0.70	1.00
Residencial de 10 a 25 v/ha	0.30 a 0.50	0.80 a 0.90
Residencial de 5 a 10 v/ha	0.25 a 0.35	0.60 a 0.80
Residencial de 0 a 5 v/ha	0.10 a 0.25	0.50 a 0.60
Comercial céntrica	0.70 a 0.95	1.00
Comercial periférica	0.50 a 0.70	1.00
Industrial	0.50 a 0.90	1.00
Deportiva	0.20 a 0.35	0.50
Parques y jardines	0.10 a 0.25	0.40
Pavimentos hormigón, aglomerado..	0.90 a 1.00	1.00
Pavimentos adoquinados	0.60 a 0.80	1.00
Pavimentos de ladrillo	0.70 a 0.85	1.00
Pavimentos empedrados	0.40 a 0.50	1.00
Pavimentos de grava	0.20 a 0.30	1.00
Cubierta	0.90 a 1.00	1.00
Cultivos (según pendiente)	0.05 a 0.20	0.15 a 0.50
Bosques (según pendiente)	0.05 a 0.15	0.10 a 0.35

TABLA 6: COEFICIENTE DE ESCORRENTIA
ELABORADO POR: FERNANDO CATALÁ MORENO

La intensidad de la lluvia se obtuvo del Instituto de Meteorología e Hidrología (INAMHI), de la estación meteorológica M008 correspondiente al puyo, donde encontramos una precipitación anual de 134,7 mm/h

M0008																														
PUYO																													INAMHI	
MES	HELIOFANIA	TEMPERATURA DEL AIRE A LA SOMBRA (°C)							HUMEDAD RELATIVA (%)					PUNTO DE ROCIO	TENSION DE VAPOR	PRECIPITACION(mm)			Número de días con precipitación
		ABSOLUTAS				MEDIAS																								
	(Horas)	Máxima	dia	Mínima	dia	Máxima	Mínima	Mensual	Máxima	dia	Mínima	dia	Media	(°C)	(hPa)	Suma Mensual	Máxima en 24hrs	dia	
ENERO	97.4					26.7	17.6	21.4	100	20	57	24	88	19.0	22.1	409.2	90.6	20	25
FEBRERO	41.2	28.8	28			26.0	18.2	21.1	99	4	58	13	90	19.3	22.4	423.3	134.7	20	25
MARZO	72.7	28.6	22	15.0	10	25.9	17.6	21.0	98	1	57	22	89	19.1	22.1	409.2	85.0	15	27
ABRIL	97.0	29.2	6	16.0	11	27.1	18.0	21.7	100	15	43	11	87	19.2	22.2	452.7	48.2	14	27
MAYO	65.4	28.5	20	14.5	14	25.7	18.1	21.2	98	1	51	31	89	19.1	22.2	307.5	74.8	17	29
JUNIO	79.7	28.8	8	14.2	20	25.5	17.6	21.0	98	1	58	8	89	19.0	22.0	205.0	34.6	14	26
JULIO	72.7	28.2	20	12.5	20	25.2	17.2	20.5	98	1	56	20	89	18.4	21.2	342.9	58.1	21	28
AGOSTO	133.7	29.7	19	10.0	25	27.0	16.7	21.4	98	1	47	12	84	18.2	21.0	148.8	48.5	21	21
SEPTIEMBRE	114.2	29.6	9	10.5	21	26.8	16.5	21.1	99	20	47	4	87	18.4	21.3	221.2	33.3	25	24
OCTUBRE	128.3	30.0	10	15.2	21	27.7	17.4	22.0	99	4	52	24	87	19.5	22.6	383.2	62.4	3	27
NOVIEMBRE	120.1	30.4	30	14.4	1	27.4	17.9	21.8	99	25	55	9	88	19.6	22.8	491.0	91.3	23	24
DICIEMBRE	72.6	29.4	11			26.4	17.9	21.3	100	1	60	10	89	19.3	22.4	364.8	58.6	17	27
VALOR ANUAL	1095.0					26.5	17.6	21.3	100		43		88	19.0	22.0	4158.8	134.7		

TABLA 7: PRECIPITACION ANUAL
ELABORADO POR: INAMHI

El área de la cuenca se obtuvo mediante QGIS, en donde utilizamos el modelo digital ya geo procesado, al igual que se necesita conocer el punto de salida de la cuenca y la dirección del flujo al realizar todo este proceso en QGIS, exportamos la cuenca ya delimitada a nuestro ArcMap, donde podemos ya calcular las hectáreas de la cuenca de estudio, en donde se obtuvo 1046781 Hectáreas

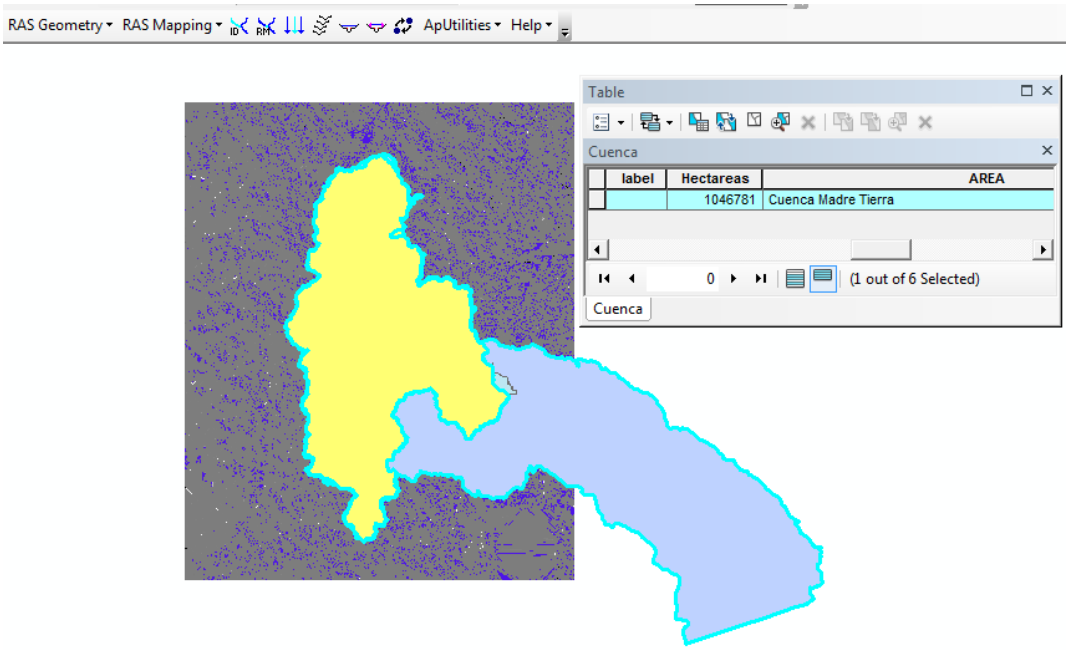


TABLA 8: CALCULO DE HECTAREAS DEL AREA
ELABORADO POR: AUTOR

3.7.2.10. CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

$$Q = \frac{1 * 134{,}7 * 1046781}{360}$$

$$Q = 17503{,}88 \frac{m^3}{s}$$

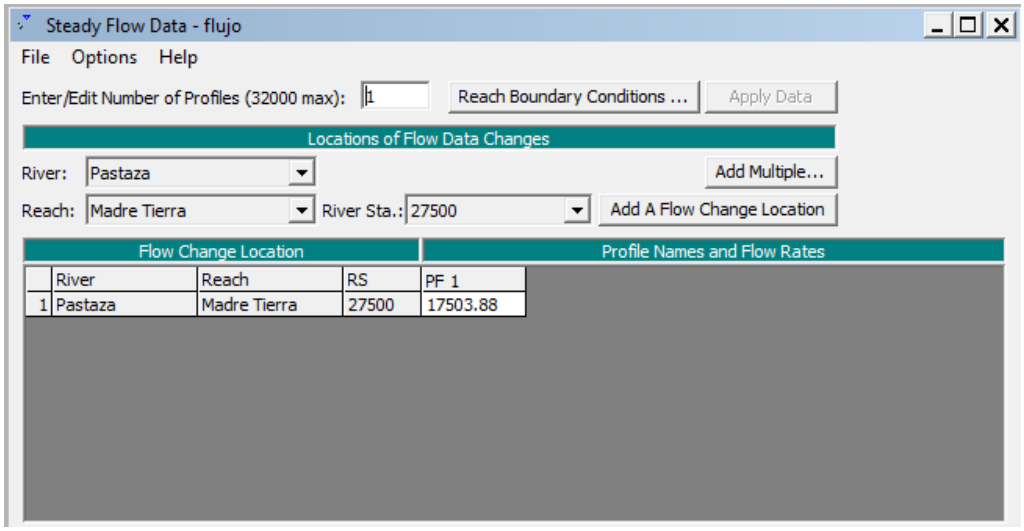


IMAGEN 17: INGRESO DE DATOS DEL CAUDAL
ELABORADO POR: AUTOR

3.8. POST PROCESO

3.8.1. EXPORTACIÓN DE DATOS

Este paso se realizó la exportación de datos para que puedan ser manejados en ArcMap, para esto se debe seleccionar todos los archivos que se creó en HEC-RAS.

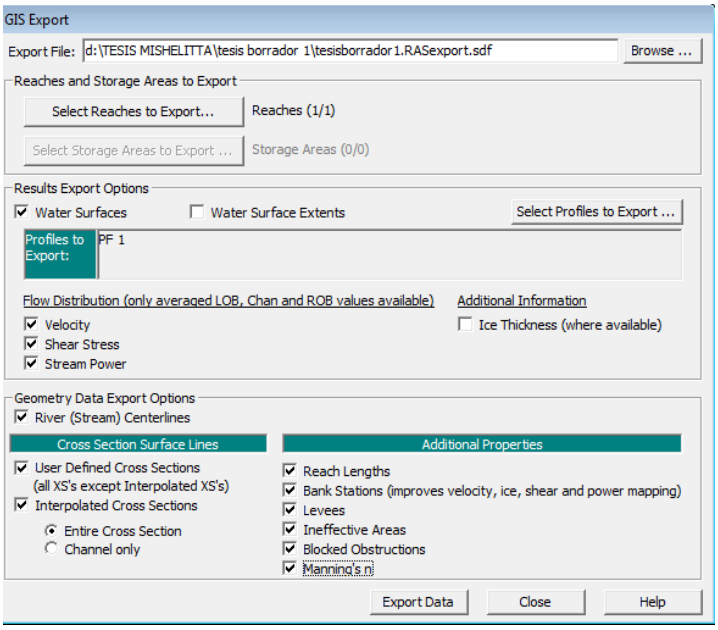


IMAGEN 18: EXPORTAR DATOS A ARCMAP
ELABORADO POR: AUTOR

3.8.2. TRANSFORMACIÓN DE ARCHIVOS

Una vez exportado el archivo se prosiguió abrir el ArcMap y desde aquí con la herramienta Hec-GeoRAS se transformó el archivo SDF a formato XML.

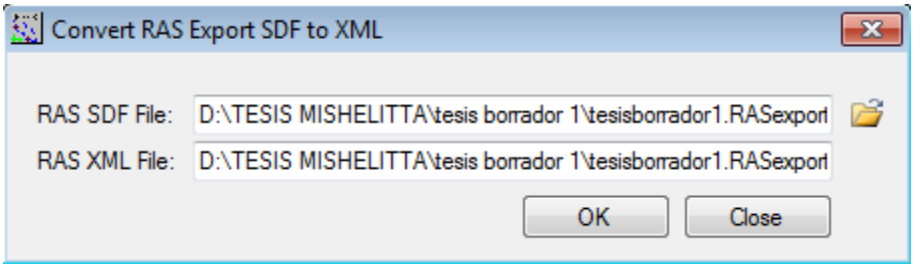


IMAGEN 19: CONVERSION DE FORMATO SDF A XML
ELABORADO POR: AUTOR

3.8.3. PROCESAR ARCHIVOS EN ARCMAP

Ya realizado este pasó, se procedió a cargar todos los archivos que fueron creados en HEC-RAS, además se cargó el TIN con el que trabajamos

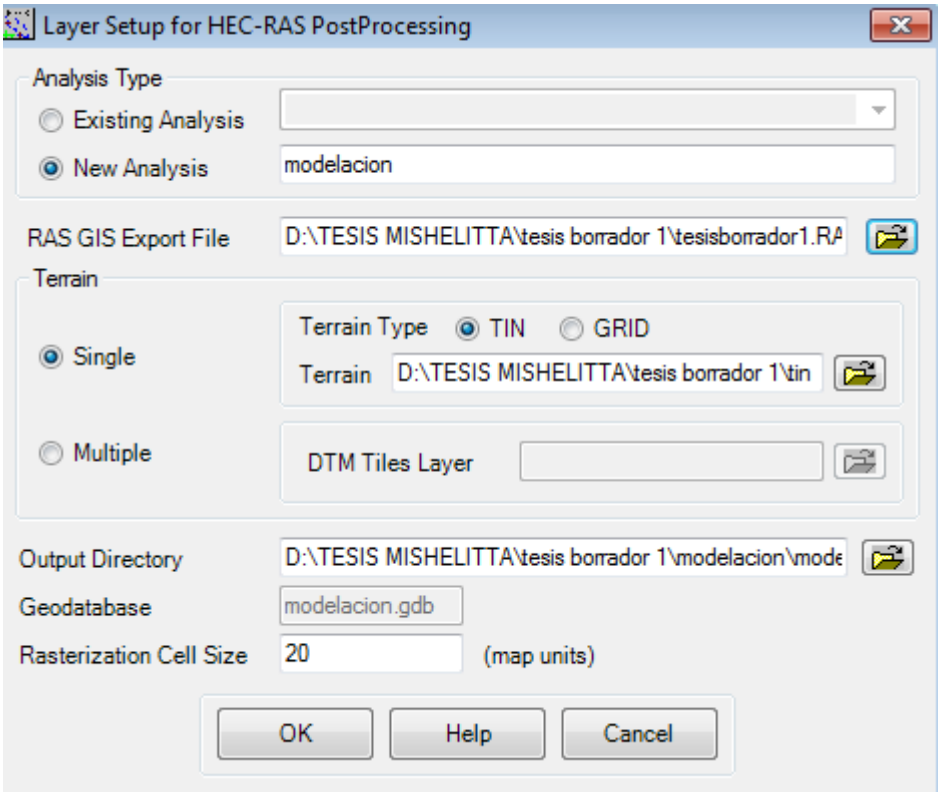


IMAGEN 20: INGRESO DE DATOS
ELABORADO POR: AUTOR

Se importó lo restante de la información y aparecieron los archivos creados en HEC-RAS

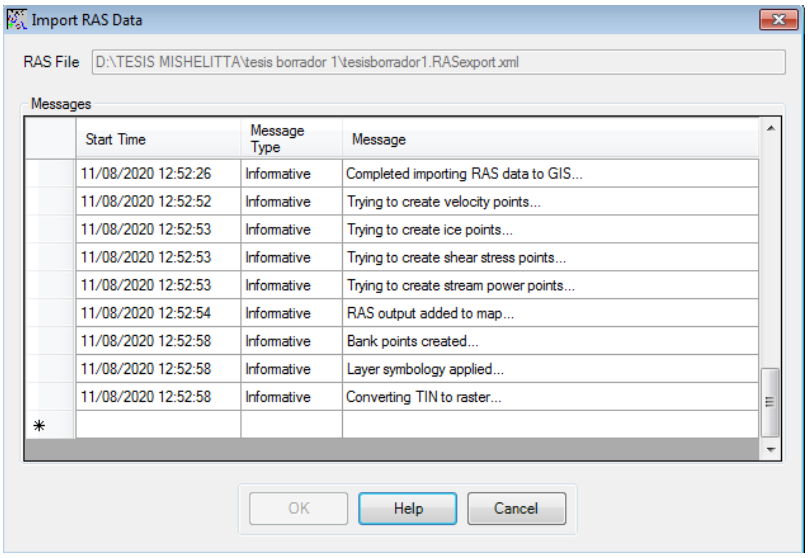


IMAGEN 21: IMPORTACIÓN DE DATOS A ARCMAP
ELABORADO POR: AUTOR

Al aparecer los archivos creados, también aparecen las secciones transversales ya calibradas, Y georreferenciadas con el DEM

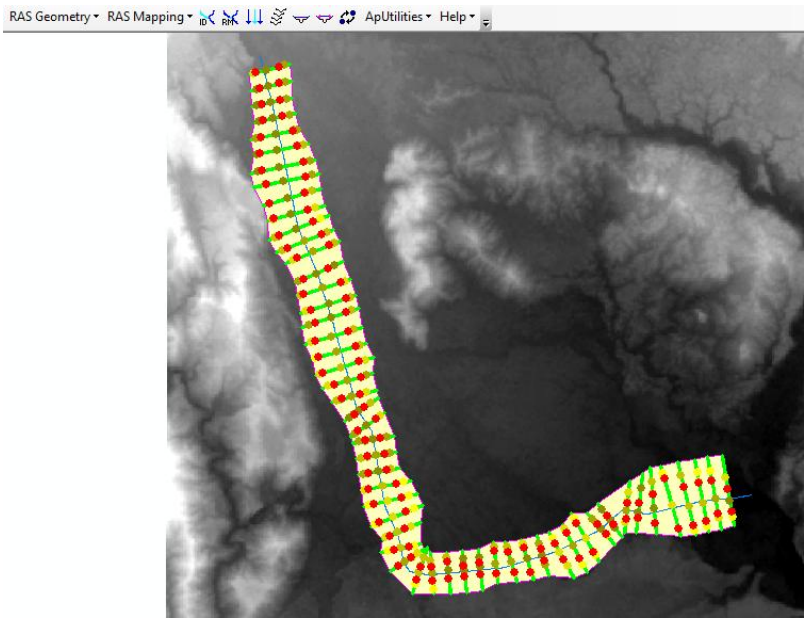


IMAGEN 22: RIOS, BORDES, Y SECCIONES TRANSVERSALES
ELABORADO POR: AUTOR

3.8.4. ELABORACIÓN DEL MAPA DE INUNDACIÓN

Para elaborar ya el mapa de inundación la herramienta de HEC-GeoRAS donde se escogerá los perfiles importados y aparecerán los TIN importados.

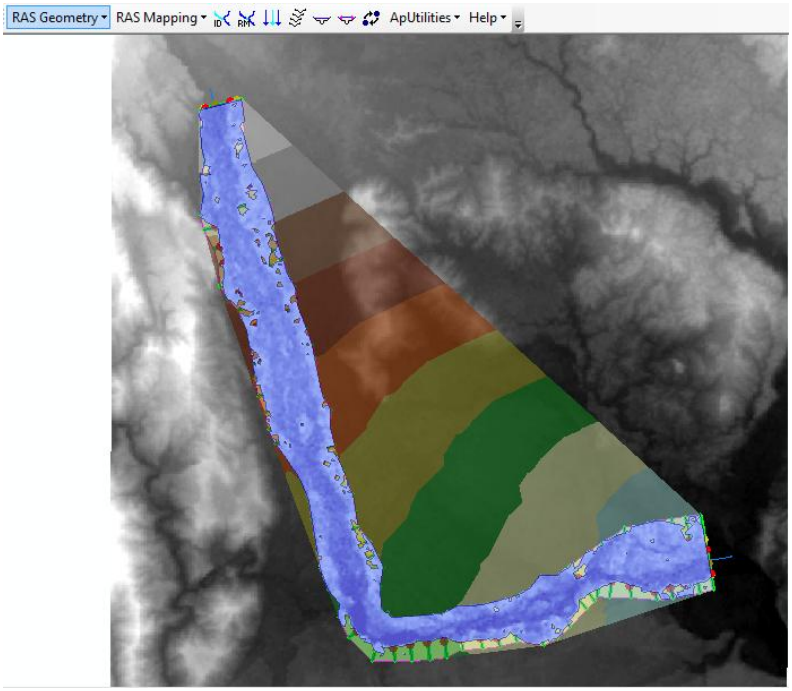


IMAGEN 23: SIMULACION DE INUNDACION DEL RIO PASTAZA
ELABORADO POR: AUTOR

3.9. OBTENCIÓN DE IMÁGENES GEOPROCESADAS EN GOOGLE EARTH ENGINE

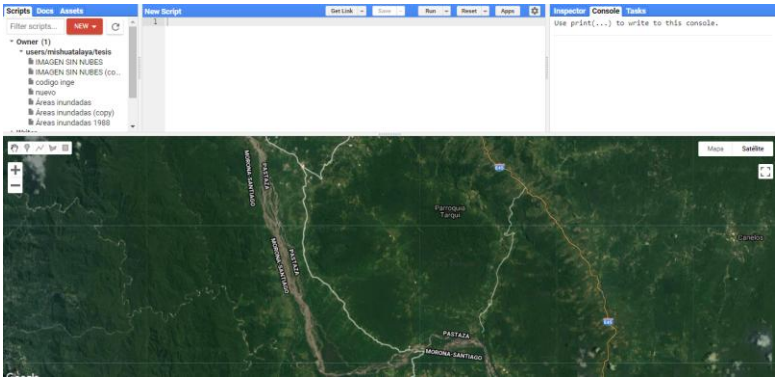


IMAGEN 24: VENTANA PRINCIPAL DEL GOOGLE EARTH ENGINE
ELABORADO POR: AUTOR

3.9.1. PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

Para geo procesar estas imágenes utilizaremos google earth engine

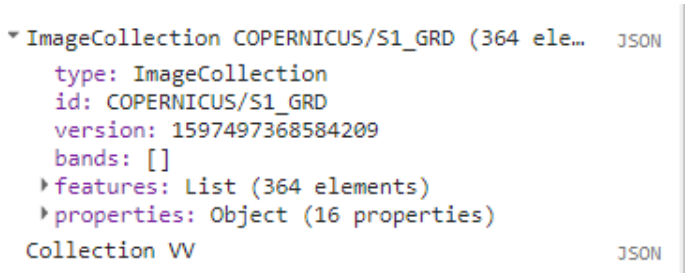


IMAGEN 25: IMÁGENES VV
ELABORADO POR: AUTOR

Se busca un satélite donde se puedan encontrar imágenes claras y de las fechas establecidas, en este caso nos manejamos con el satélite SENTINEL 1 el cual nos da imágenes desde el 2014, con 4 tipos de bandas

- VV: single co-polarization, vertical transmit/vertical receive
- HH: single co-polarization, horizontal transmit/horizontal receive
- VV + VH: dual-band cross-polarization, vertical transmit/horizontal receive
- HH + HV: dual-band cross-polarization, horizontal transmit/vertical receive

Las mismas que nos ayudaran con el geo proceso siguiente.

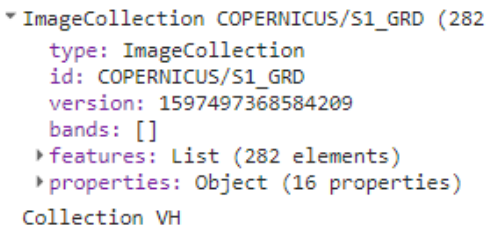


IMAGEN 26: IMÁGENES VH
ELABORADO POR: AUTOR

Se filtra imágenes con la banda VH

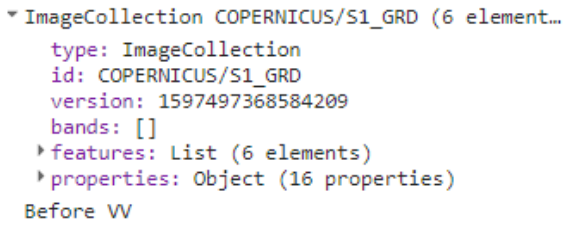


IMAGEN 27: IMÁGENES VV
ELABORADO POR: AUTOR

Se filtra imágenes con la banda VV

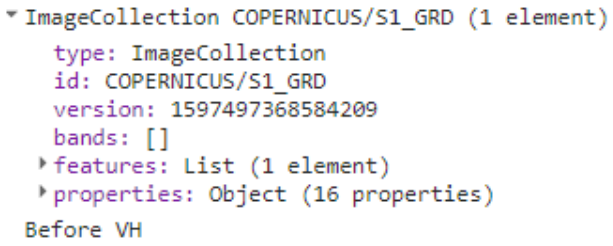


IMAGEN 28: IMÁGENES VH
ELABORADO POR: AUTOR

Se filtra imágenes con la banda VH

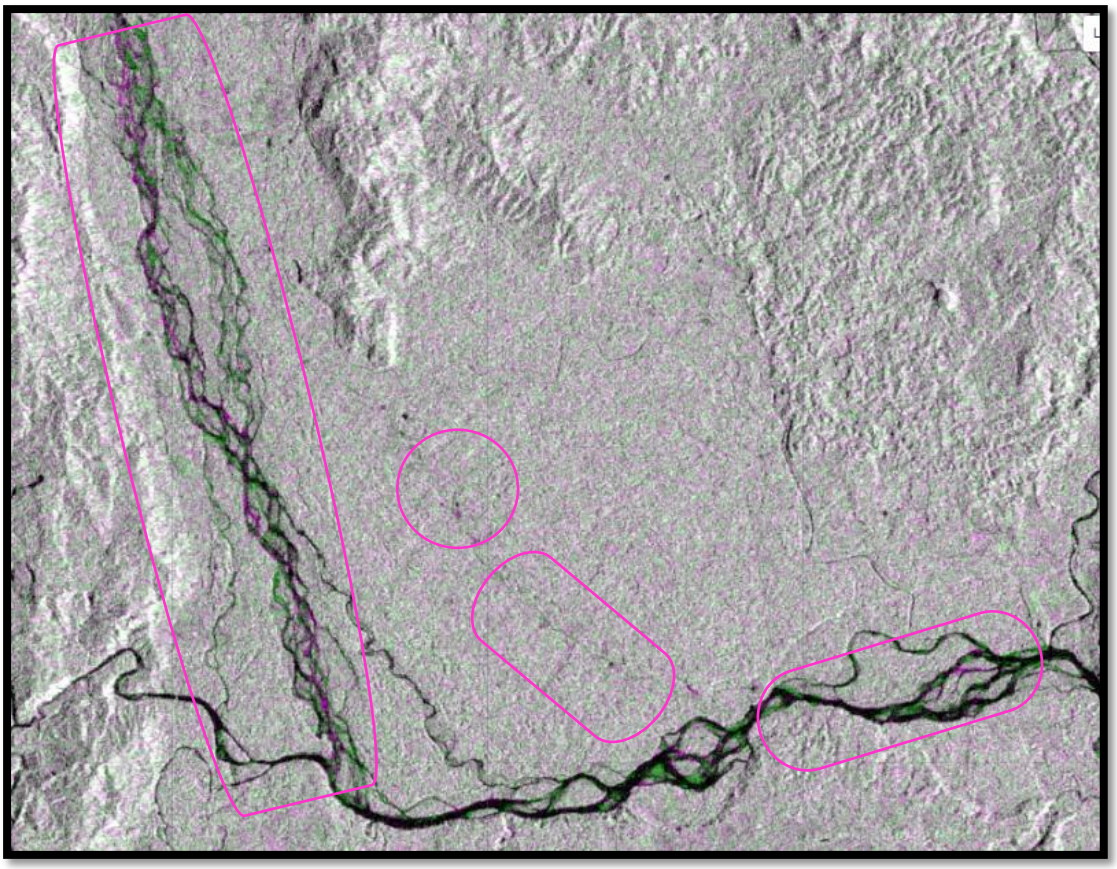


IMAGEN 29: IMAGEN GEOPROCESADA EN GOOGLE EARTH ENGINE
ELABORADO POR: AUTOR

En esta imagen se puede observar el río Pastaza en el sector de Madre Tierra, en donde a través del Google Earth Engine (Editor de Código) se pudo codificar la imagen y realizar la simulación de las áreas de inundación de esta forma se puede identificar las áreas manchadas de color morados, las cuales pertenecen a la acumulación de agua.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

OBJETIVO GENERAL

Para el verificar el objetivo general se tiene como resultado la creación de un modelamiento del río Pastaza, con la ayuda del software especializado HEC-RAS el cual nos permitió, conocer el comportamiento del río en estudio, sus variantes críticos, el área de inundación, el caudal total y su caudal crítico, para con estos resultados establecer las zonas de alta vulnerabilidad a inundaciones.

4.4. RESULTADOS EN HEC-RAS

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Pastaza Reach: Madre Tierra

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Madre Tierra	27500	PF 1	17503.88	957.13	976.36	965.07	976.47	0.008043	1.49	12994.63	1227.41	0.13
Madre Tierra	27000	PF 1	17503.88	954.00	972.13		972.23	0.008821	1.48	13058.13	1235.46	0.13
Madre Tierra	26500	PF 1	17503.88	950.41	967.23		967.35	0.010802	1.48	12032.31	1300.00	0.14
Madre Tierra	26000	PF 1	17503.88	945.00	961.09		961.25	0.013738	1.83	10896.29	1220.25	0.16
Madre Tierra	25496	PF 1	17503.88	939.00	955.04		955.13	0.010647	1.39	13576.72	1560.50	0.14
Madre Tierra	25003	PF 1	17503.88	935.92	949.47		949.56	0.011954	1.35	13531.93	1665.05	0.14
Madre Tierra	24468	PF 1	17503.88	930.00	943.90		943.97	0.008924	1.17	15203.43	1784.67	0.12
Madre Tierra	24026	PF 1	17503.88	924.00	939.43		939.51	0.011393	1.33	13981.93	1747.27	0.14
Madre Tierra	23487	PF 1	17503.88	918.90	933.20		933.30	0.011902	1.44	12985.70	1640.00	0.15
Madre Tierra	22972	PF 1	17503.88	912.00	926.77		926.88	0.012997	1.51	12206.30	1527.60	0.15
Madre Tierra	22504	PF 1	17503.88	906.00	922.42		922.49	0.006969	1.22	15242.18	1690.01	0.11
Madre Tierra	22054	PF 1	17503.88	906.00	919.10		919.17	0.007765	1.19	16038.23	1836.85	0.12
Madre Tierra	21643	PF 1	17503.88	900.00	916.50		916.56	0.005245	1.10	17175.43	1685.25	0.10
Madre Tierra	20989	PF 1	17503.88	898.35	910.87		910.98	0.015973	1.55	12352.06	1641.63	0.17
Madre Tierra	20487	PF 1	17503.88	892.36	906.26		906.31	0.005811	1.08	17101.83	1722.97	0.10
Madre Tierra	19961	PF 1	17503.88	888.00	902.16		902.25	0.010737	1.40	13378.24	1664.35	0.14
Madre Tierra	19545	PF 1	17503.88	885.00	897.90		897.98	0.009747	1.33	14595.42	1804.69	0.13
Madre Tierra	18976	PF 1	17503.88	879.00	893.66		893.72	0.005894	1.08	16954.56	1686.21	0.10
Madre Tierra	18472	PF 1	17503.88	875.62	890.56		890.62	0.006379	1.14	16187.40	1641.38	0.11
Madre Tierra	17978	PF 1	17503.88	870.00	887.80		887.85	0.004987	1.03	18255.98	1830.55	0.10
Madre Tierra	17515	PF 1	17503.88	867.00	885.06		885.13	0.006858	1.22	15388.98	1584.36	0.11
Madre Tierra	17008	PF 1	17503.88	864.00	882.19		882.25	0.004639	1.22	16087.38	1385.81	0.10
Madre Tierra	16500	PF 1	17503.88	861.00	878.99		879.10	0.007677	1.53	12937.96	1231.27	0.13
Madre Tierra	16000	PF 1	17503.88	857.22	875.54		875.62	0.006114	1.33	14527.95	1300.00	0.11
Madre Tierra	15500	PF 1	17503.88	855.00	871.79		871.91	0.009963	1.73	12505.93	1300.00	0.14
Madre Tierra	15000	PF 1	17503.88	851.23	867.76		867.83	0.006737	1.32	14688.70	1300.00	0.12
Madre Tierra	14500	PF 1	17503.88	846.00	864.04		864.14	0.008134	1.48	12940.83	1121.44	0.13
Madre Tierra	14017	PF 1	17503.88	840.16	861.55		861.61	0.003592	1.09	17675.32	1421.79	0.09
Madre Tierra	13541	PF 1	17503.88	834.00	859.88		859.93	0.003434	1.07	18067.23	1517.91	0.08
Madre Tierra	12983	PF 1	17503.88	834.00	858.61		858.65	0.001621	0.86	22686.69	1745.91	0.06
Madre Tierra	12500	PF 1	17503.88	834.00	857.47		857.53	0.003454	1.20	17407.12	1300.00	0.09
Madre Tierra	12000	PF 1	17503.88	825.61	856.27		856.31	0.001750	1.02	20199.14	1220.10	0.07
Madre Tierra	11542	PF 1	17503.88	822.00	855.47		855.52	0.002000	1.09	18674.06	1021.87	0.07
Madre Tierra	10917	PF 1	17503.88	825.00	854.19		854.25	0.004277	1.19	16145.17	1189.24	0.09
Madre Tierra	10500	PF 1	17503.88	822.00	853.11		853.19	0.002671	1.30	15817.17	859.32	0.08
Madre Tierra	10000	PF 1	17503.88	811.56	851.34		851.45	0.004673	1.51	12671.07	791.92	0.10
Madre Tierra	9500	PF 1	17503.88	817.40	848.44		848.58	0.007182	1.83	11434.95	747.29	0.12
Madre Tierra	9000	PF 1	17503.88	819.00	842.66		842.90	0.019839	2.34	8228.40	674.47	0.19
Madre Tierra	8500	PF 1	17503.88	813.00	839.18		839.24	0.003548	1.15	16311.48	1055.51	0.09
Madre Tierra	8000	PF 1	17503.88	810.00	837.44		837.50	0.003748	1.20	15774.50	1044.71	0.09
Madre Tierra	7500	PF 1	17503.88	801.00	835.39		835.46	0.004426	1.23	15022.28	1088.36	0.10
Madre Tierra	7000	PF 1	17503.88	807.53	832.36		832.50	0.008250	1.84	12027.25	1090.20	0.13
Madre Tierra	6477	PF 1	17503.88	807.00	830.32		830.35	0.002000	0.92	22099.24	1488.63	0.07
Madre Tierra	6018	PF 1	17503.88	804.00	828.89		828.97	0.004894	1.22	15806.91	1673.10	0.10
Madre Tierra	5567	PF 1	17503.88	801.00	827.77		827.80	0.001560	0.77	24722.16	1661.22	0.06
Madre Tierra	5000	PF 1	17503.88	801.00	826.46		826.53	0.003448	1.28	15762.77	970.37	0.09
Madre Tierra	4624	PF 1	17503.88	801.00	823.36		823.70	0.022475	2.73	7261.82	768.47	0.22
Madre Tierra	3964	PF 1	17503.88	795.00	819.22		819.26	0.002813	1.04	18937.41	1334.14	0.08
Madre Tierra	3592	PF 1	17503.88	794.45	816.94		817.04	0.012057	1.55	12692.73	1399.98	0.15
Madre Tierra	3080	PF 1	17503.88	794.83	812.70		812.79	0.007931	1.35	14446.56	1502.61	0.12
Madre Tierra	2497	PF 1	17503.88	792.00	809.97		810.01	0.003426	0.86	21097.30	2002.06	0.08
Madre Tierra	2001	PF 1	17503.88	789.00	807.51		807.57	0.007340	1.13	16728.84	1933.04	0.11
Madre Tierra	1543	PF 1	17503.88	781.04	804.67		804.72	0.005090	1.07	18146.79	2078.58	0.10
Madre Tierra	1139	PF 1	17503.88	783.00	802.71		802.77	0.004582	1.04	16694.68	1484.45	0.09
Madre Tierra	711	PF 1	17503.88	777.00	800.45	788.61	800.53	0.006007	1.34	15450.04	1572.91	0.11

TABLA 8: RESULTADOS TABULARES DEL MODELO HEC-RAS **ELABORADO POR:** AUTOR

En esta tabla podemos identificar el total del caudal que recorre por el río Pastaza (1703.88 $\frac{m^3}{s}$) (QTotal), tenemos la elevación de la lámina de agua (W.S. Elev) y del tirante crítico (Crit W.S), el gradiente hidráulico (E.G.Slope) la velocidad con la que recorre el caudal el área (Vel Chnl) y el ancho del río Pastaza (Top Width)

4.5. RESULTADOS EN VELOCIDAD/CAUDAL

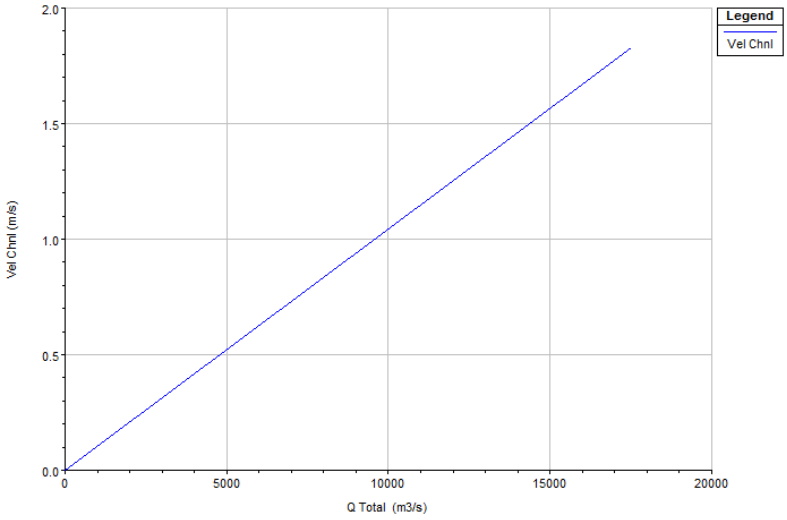


IMAGEN 30: RELACIÓN VELOCIDAD/CAUDAL
ELABORADO POR: AUTOR

En la IMAGEN 30 puede observación la relación velocidad y el caudal, en donde se identifica que aguas arriba tiene muy baja velocidad comparada con aguas abajo

4.6. RESULTADOS DEL FLUJO DEL RÍO PASTAZA

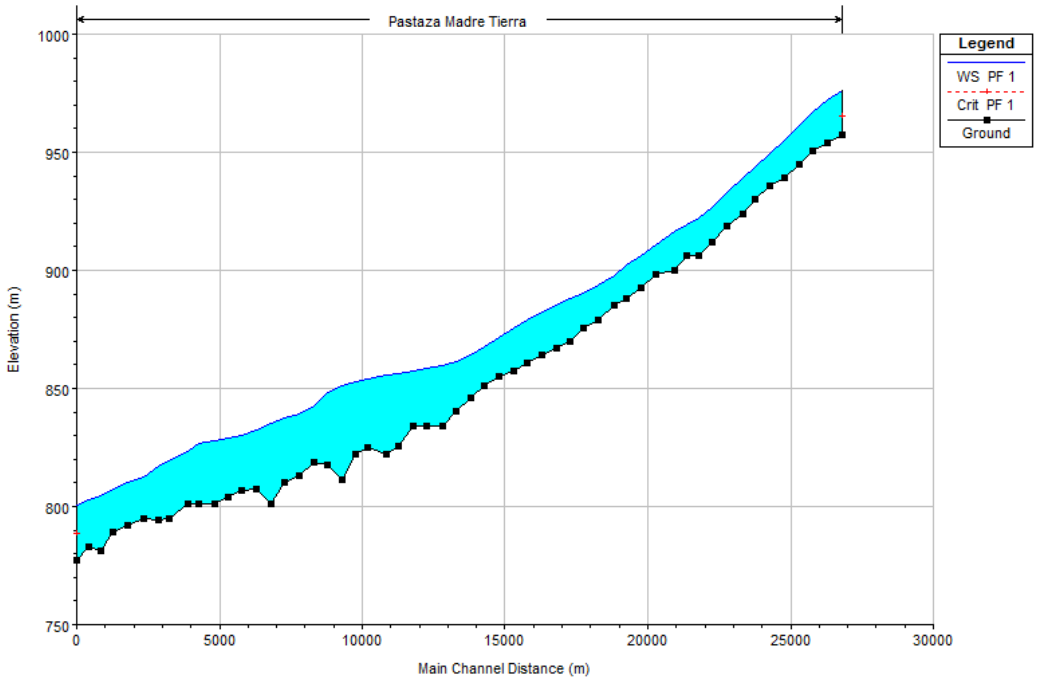


IMAGEN 31: FLUJO SUBCRITICO DEL RIO PASTAZA
ELABORADO POR: AUTOR

En la IMAGEN 31, podemos identificar que la mayor parte del tramo del río Pastaza presenta un flujo de agua subcrítico.

4.7. RESULTADOS DEL PERIL DE FLUJO

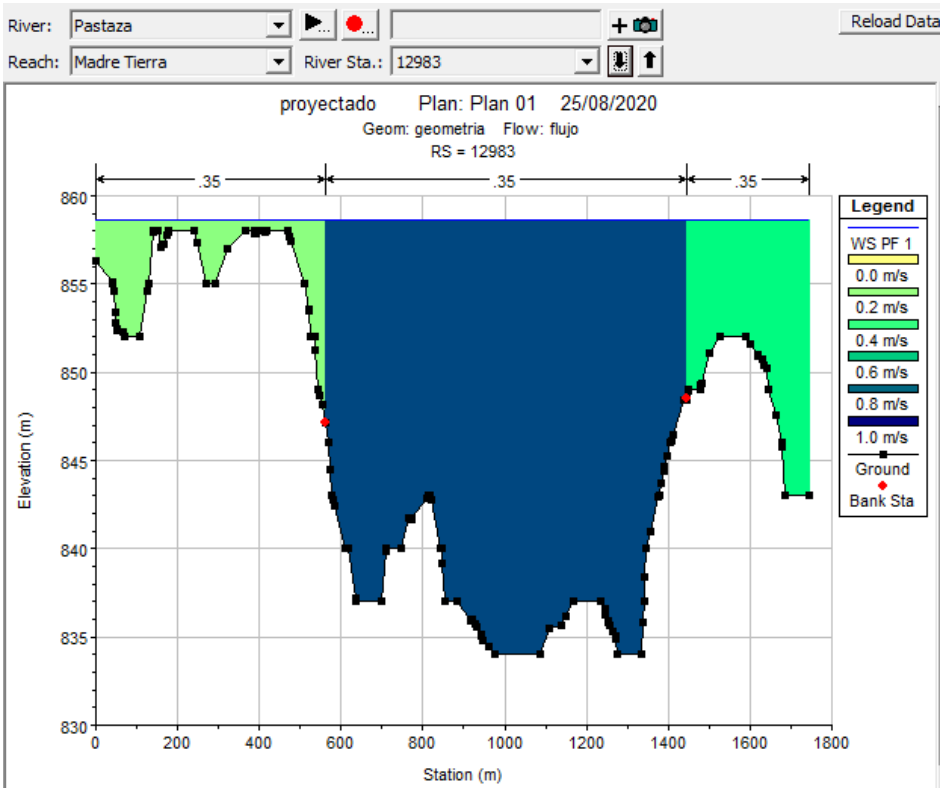


IMAGEN 32: PERFIL DE FLUJO
ELABORADO POR: AUTOR

En la IMAGEN 32, se puede observar como el nivel del agua sobre pasa los bordes del río, también se puede identificar la velocidad con la que el caudal recorre en este tramo, en donde el color verde del lado izquierdo corresponde a 0.2 m/s el azul a 1.0 m/s y el verde del lado derecho a 0.4 m/s.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Implementar el modelo hidráulico HEC-RAS en el cauce del río Pastaza en la parroquia Madre Tierra
- Establecer las zonas de inundación del río Pastaza en el sector de Madre Tierra, utilizando la herramienta HEC-RAS
- Validar los resultados obtenidos con el modelo HEC-RAS a través de imágenes satelitales geo procesadas de Google Earth Engine

4.8. RESULTADOS DEL FLUJO EN DEM DE COLOR

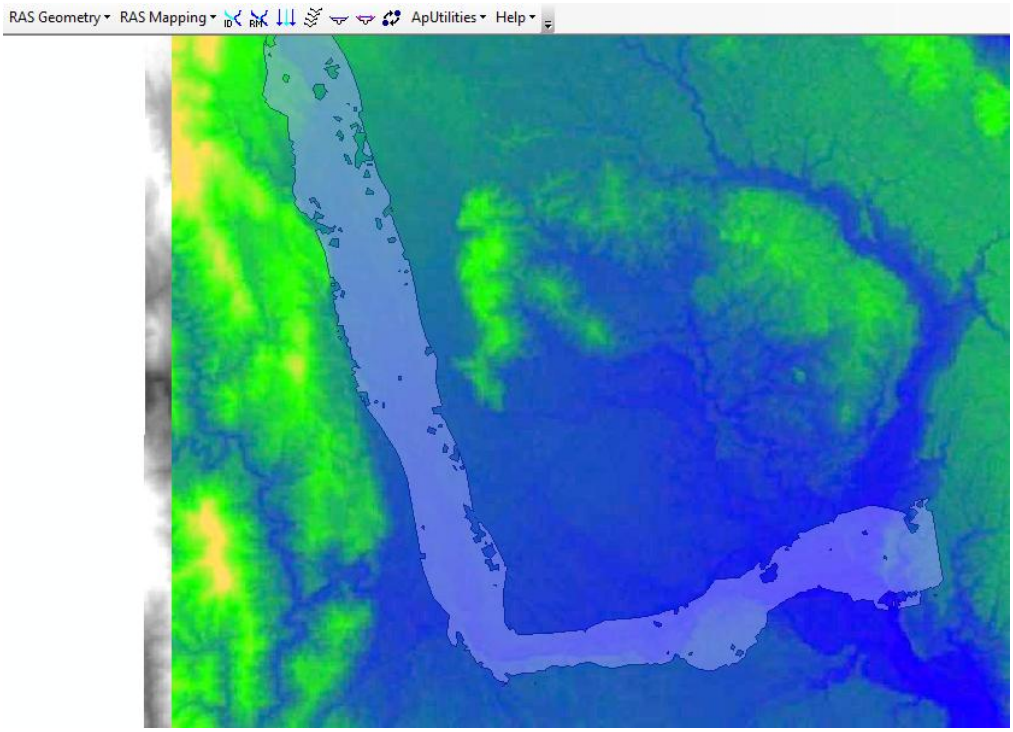


IMAGEN 33: DEM A COLOR
ELABORADO POR: AUTOR

En la IMAGEN 33, Para verificación del objetivo específico número 1, tenemos los resultados de la implementación del modelo HEC-RAS en donde podemos identificar la zona celeste que nos muestra parte de la inundación del río Pastaza, sobre una imagen DEM, geo procesado en google

Earth Engine y se puede observar la parte de afectación donde se ubica la mayor concentración de agua

4.9. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS AFECTADAS

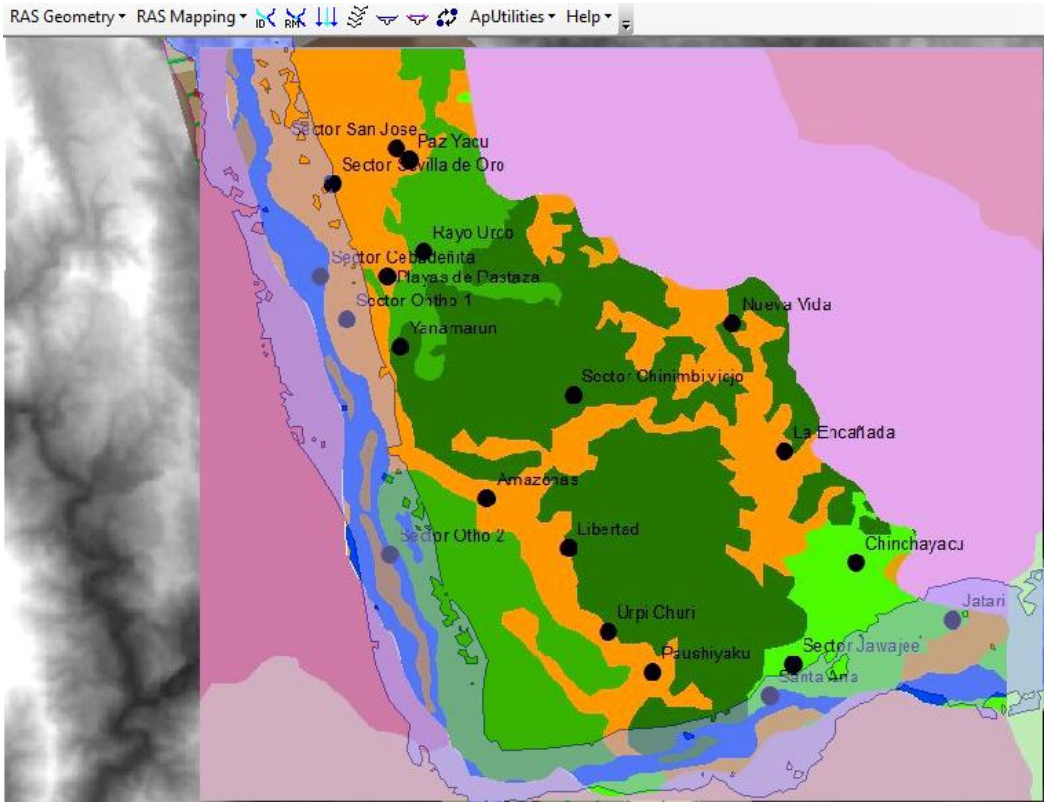


IMAGEN 34: IDENTIFICACION DE AREAS AFECTADAS
ELABORADO POR: AUTOR

En la IMAGEN 34, Se cumple con el objetivo específico número 2 en donde podemos observar 5 de las comunidades que son afectadas en su totalidad por la inundación las cuales son el Sector Cebadeñita, Sector Otho 1, Sector Otho 2, Sector Santa Ana, y el sector Jatarí, también se tiene la comunidad de Sevilla de Oro que se ve afectada en un 10% por la inundación, al igual que la comunidad Jawajee que muchas veces se ve afectada en un 50%, estas comunidades muchas de las veces que se han producido las inundaciones han tenido pérdidas materiales al igual que humanas.

4.10. VALIDACIÓN DE IMAGEN GEOPROCESADA EN GOOGLE EARTH ENGINE, CON MODELO HEC-RAS

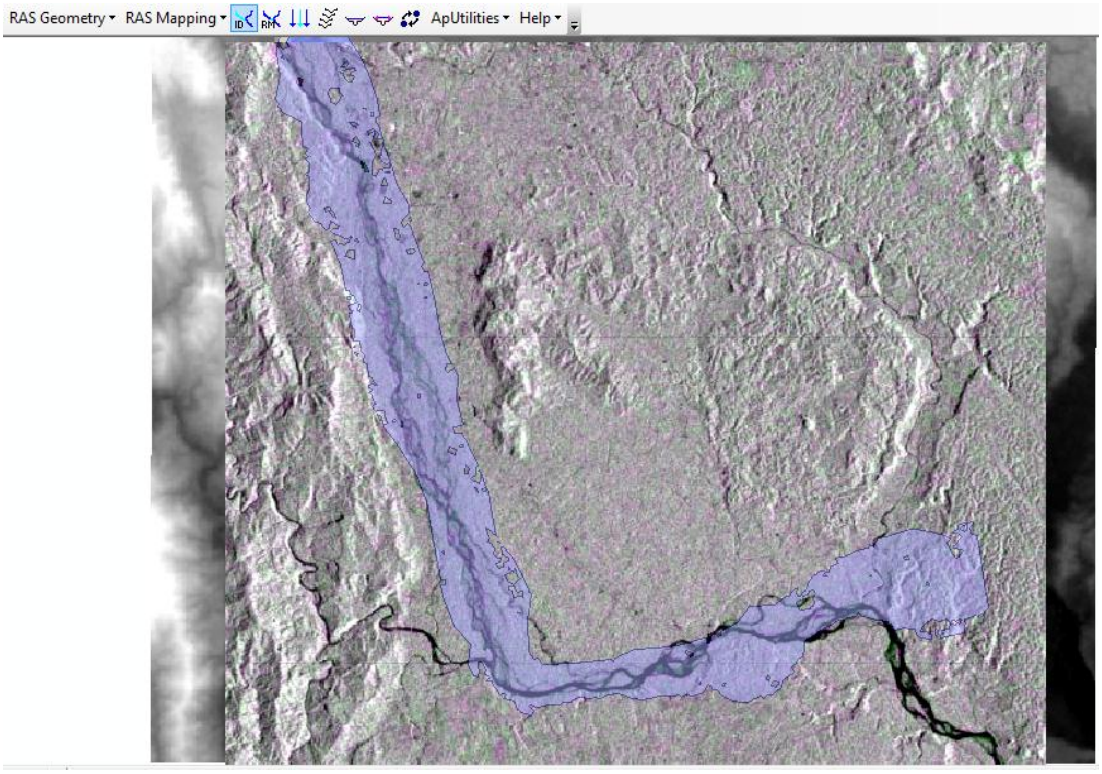


IMAGEN 35: COMPARACION DE IMÁGENES DE GOOGLE EARTH ENGINE Y HEC-RAS
ELABORADO POR: AUTOR

En la IMAGEN 35, Cumplimos el tercer objetivo específico en donde se valida los resultados que obtuvimos con el modelo HEC-RAS a través de imágenes geo procesadas en Google Earth Engine, en la imagen se puede ver de fondo la imagen geo procesada en Google Earth Engine, en donde habíamos mencionado que las partes moradas son donde se encuentra la acumulación de agua, y en la parte superior tenemos la simulación con el Hec-RAS donde se puede apreciar que sobre pasa los bordes del río produciendo la inundación y concordando con la imagen de fondo en las secciones de acumulación de agua.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.CONCLUSIONES

- Se implementó el modelo HEC-RAS en el río Pastaza conjuntamente con las herramientas de ArcMap y se pudo identificar 5 comunidades (Sector Cebadeñita, Sector Otho 1, Sector Otho 2, Sector Santa Ana, y el sector Jatarí) las cuales son zonas susceptibles en un 100% a inundación y (comunidad de Sevilla de Oro que se ve afectada en un 10%, al igual que la comunidad Jawajee afectada en un 50%). Con esta simulación se puede tener con más precisión cual es la afectación de dicho fenómeno natural y así poder mitigar las causas de la inundación.
- El cálculo de caudal máximo (17503,88 $\frac{m^3}{s}$) fue el parámetro fundamental en la creación del modelo en HEC-RAS, con esto se pudo simular las condiciones más realistas posibles.
- El uso de del HEC-GeoRAS, es una herramienta muy importante, ya que nos permite combinar datos del ArcMap, con el HEC-RAS, esta combinación facilita el trabajo y nos permite tener mejor calidad en la presentación de los resultados.
- Google Earth Engine es una plataforma que nos permite obtener imágenes de Satélites actualizadas, gracias a esto se pudo identificar las zonas de más probabilidad a inundación y realizar la comparación del resultado de la simulación con HEC-RAS con imágenes geo procesadas en Google Earth Engine.

5.2.RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una batimetría del sector para así poder contar con información precisa.
- El área de inundación se dibuja en la franja limitada por las secciones transversales por lo que se debe tratar que sean lo suficientemente extensas para que contenga el flujo desbordado.
- Se recomienda que para delimitar zonas con probabilidad a inundaciones por abundantes precipitaciones a lo largo del año, es necesario identificar los elementos morfológicos que sean inundables, inundados o propensos a inundaciones y así realizar una zonificación de afectación por dicho fenómeno.
- Se recomienda realizar un estudio del alto índice de explotación minera que existe en el lugar ya que ya que son explotaciones anti técnicas y muchas de estas han provocado la

pérdida de muros naturales del río Pastaza y este es la mayor amenaza en temporadas invernales.

- Una vez teniendo información más precisa se debería realizar un trabajo similar a este para así contar con áreas de inundación más reales y así poder comparar resultados.

CAPITULO VI

6. ANEXOS

ANEXO 1. RESULTADOS TABULARES DEL MODELO HEC-RAS

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Pastaza Reach: Madre Tierra

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Madre Tierra	27500	PF 1	17503.88	957.13	976.36	965.07	976.47	0.008043	1.49	12994.63	1227.41	0.13
Madre Tierra	27000	PF 1	17503.88	954.00	972.13		972.23	0.008821	1.48	13058.13	1235.46	0.13
Madre Tierra	26500	PF 1	17503.88	950.41	967.23		967.35	0.010802	1.48	12032.31	1300.00	0.14
Madre Tierra	26000	PF 1	17503.88	945.00	961.09		961.25	0.013738	1.83	10896.29	1220.25	0.16
Madre Tierra	25496	PF 1	17503.88	939.00	955.04		955.13	0.010647	1.39	13576.72	1560.50	0.14
Madre Tierra	25003	PF 1	17503.88	935.92	949.47		949.56	0.011954	1.35	13531.93	1665.05	0.14
Madre Tierra	24468	PF 1	17503.88	930.00	943.90		943.97	0.008924	1.17	15203.43	1784.67	0.12
Madre Tierra	24026	PF 1	17503.88	924.00	939.43		939.51	0.011393	1.33	13981.93	1747.27	0.14
Madre Tierra	23487	PF 1	17503.88	918.90	933.20		933.30	0.011902	1.44	12985.70	1640.00	0.15
Madre Tierra	22972	PF 1	17503.88	912.00	926.77		926.88	0.012997	1.51	12206.30	1527.60	0.15
Madre Tierra	22504	PF 1	17503.88	906.00	922.42		922.49	0.006969	1.22	15242.18	1690.01	0.11
Madre Tierra	22054	PF 1	17503.88	906.00	919.10		919.17	0.007765	1.19	16038.23	1836.85	0.12
Madre Tierra	21643	PF 1	17503.88	900.00	916.50		916.56	0.005245	1.10	17175.43	1685.25	0.10
Madre Tierra	20989	PF 1	17503.88	898.35	910.87		910.98	0.015973	1.55	12352.06	1641.63	0.17
Madre Tierra	20487	PF 1	17503.88	892.36	906.26		906.31	0.005811	1.08	17101.83	1722.97	0.10
Madre Tierra	19961	PF 1	17503.88	888.00	902.16		902.25	0.010737	1.40	13378.24	1664.35	0.14
Madre Tierra	19545	PF 1	17503.88	885.00	897.90		897.98	0.009747	1.33	14595.42	1804.69	0.13
Madre Tierra	18976	PF 1	17503.88	879.00	893.66		893.72	0.005894	1.08	16954.56	1686.21	0.10
Madre Tierra	18472	PF 1	17503.88	875.62	890.56		890.62	0.006379	1.14	16187.40	1641.38	0.11
Madre Tierra	17978	PF 1	17503.88	870.00	887.80		887.85	0.004987	1.03	18255.98	1830.55	0.10
Madre Tierra	17515	PF 1	17503.88	867.00	885.06		885.13	0.006858	1.22	15388.98	1584.36	0.11
Madre Tierra	17008	PF 1	17503.88	864.00	882.19		882.25	0.004639	1.22	16087.38	1385.81	0.10
Madre Tierra	16500	PF 1	17503.88	861.00	878.99		879.10	0.007677	1.53	12937.96	1231.27	0.13
Madre Tierra	16000	PF 1	17503.88	857.22	875.54		875.62	0.006114	1.33	14527.95	1300.00	0.11
Madre Tierra	15500	PF 1	17503.88	855.00	871.79		871.91	0.009963	1.73	12505.93	1300.00	0.14
Madre Tierra	15000	PF 1	17503.88	851.23	867.76		867.83	0.006737	1.32	14688.70	1300.00	0.12
Madre Tierra	14500	PF 1	17503.88	846.00	864.04		864.14	0.008134	1.48	12940.83	1121.44	0.13
Madre Tierra	14017	PF 1	17503.88	840.16	861.55		861.61	0.003592	1.09	17675.32	1421.79	0.09
Madre Tierra	13541	PF 1	17503.88	834.00	859.88		859.93	0.003434	1.07	18067.23	1517.91	0.08
Madre Tierra	12983	PF 1	17503.88	834.00	858.61		858.65	0.001621	0.86	22686.69	1745.91	0.06
Madre Tierra	12500	PF 1	17503.88	834.00	857.47		857.53	0.003454	1.20	17407.12	1300.00	0.09
Madre Tierra	12000	PF 1	17503.88	825.61	856.27		856.31	0.001750	1.02	20199.14	1220.10	0.07
Madre Tierra	11542	PF 1	17503.88	822.00	855.47		855.52	0.002000	1.09	18674.06	1021.87	0.07
Madre Tierra	10917	PF 1	17503.88	825.00	854.19		854.25	0.004277	1.19	16145.17	1189.24	0.09
Madre Tierra	10500	PF 1	17503.88	822.00	853.11		853.19	0.002671	1.30	15817.17	859.32	0.08
Madre Tierra	10000	PF 1	17503.88	811.56	851.34		851.45	0.004673	1.51	12671.07	791.92	0.10
Madre Tierra	9500	PF 1	17503.88	817.40	848.44		848.58	0.007182	1.83	11434.95	747.29	0.12
Madre Tierra	9000	PF 1	17503.88	819.00	842.66		842.90	0.019839	2.34	8228.40	674.47	0.19
Madre Tierra	8500	PF 1	17503.88	813.00	839.18		839.24	0.003548	1.15	16311.48	1055.51	0.09
Madre Tierra	8000	PF 1	17503.88	810.00	837.44		837.50	0.003748	1.20	15774.50	1044.71	0.09
Madre Tierra	7500	PF 1	17503.88	801.00	835.39		835.46	0.004426	1.23	15022.28	1088.36	0.10
Madre Tierra	7000	PF 1	17503.88	807.53	832.36		832.50	0.008250	1.84	12027.25	1090.20	0.13
Madre Tierra	6477	PF 1	17503.88	807.00	830.32		830.35	0.002000	0.92	22099.24	1488.63	0.07
Madre Tierra	6018	PF 1	17503.88	804.00	828.89		828.97	0.004894	1.22	15806.91	1673.10	0.10
Madre Tierra	5567	PF 1	17503.88	801.00	827.77		827.80	0.001560	0.77	24722.16	1661.22	0.06
Madre Tierra	5000	PF 1	17503.88	801.00	826.46		826.53	0.003448	1.28	15762.77	970.37	0.09
Madre Tierra	4624	PF 1	17503.88	801.00	823.36		823.70	0.022475	2.73	7261.82	768.47	0.22
Madre Tierra	3964	PF 1	17503.88	795.00	819.22		819.26	0.002813	1.04	18937.41	1334.14	0.08
Madre Tierra	3592	PF 1	17503.88	794.45	816.94		817.04	0.012057	1.55	12692.73	1399.98	0.15
Madre Tierra	3080	PF 1	17503.88	794.83	812.70		812.79	0.007931	1.35	14446.56	1502.61	0.12
Madre Tierra	2497	PF 1	17503.88	792.00	809.97		810.01	0.003426	0.86	21097.30	2002.06	0.08
Madre Tierra	2001	PF 1	17503.88	789.00	807.51		807.57	0.007340	1.13	16728.84	1933.04	0.11
Madre Tierra	1543	PF 1	17503.88	781.04	804.67		804.72	0.005090	1.07	18146.79	2078.58	0.10
Madre Tierra	1139	PF 1	17503.88	783.00	802.71		802.77	0.004582	1.04	16694.68	1484.45	0.09
Madre Tierra	711	PF 1	17503.88	777.00	800.45	788.61	800.53	0.006007	1.34	15450.04	1572.91	0.11

ANEXO 2. TABLAS DE RESULTADOS DE LAS 55 SECCIONES

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 27500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	976.47	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	507.34	500.00	524.56
W.S. Elev (m)	976.36	Flow Area (m2)	2012.69	10404.97	576.98
Crit W.S. (m)	965.07	Area (m2)	2012.69	10404.97	576.98
E.G. Slope (m/m)	0.008043	Flow (m3/s)	1600.80	15509.95	393.13
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	357.30	738.84	131.27
Top Width (m)	1227.41	Avg. Vel. (m/s)	0.80	1.49	0.68
Vel Total (m/s)	1.35	Hydr. Depth (m)	5.63	14.08	4.40
Max Chl Dpth (m)	19.23	Conv. (m3/s)	17849.6	172942.8	4383.6
Conv. Total (m3/s)	195175.9	Wetted Per. (m)	368.04	741.56	133.06
Length Wtd. (m)	503.55	Shear (N/m2)	431.33	1106.68	342.01
Min Ch El (m)	957.13	Stream Power (N/m s)	343.06	1649.66	233.03
Alpha	1.12	Cum Volume (1000 m3)	78034.16	285049.40	47070.35
Frctn Loss (m)	4.24	Cum SA (1000 m2)	10903.22	21152.78	5790.27
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 27000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	972.23	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	526.11	500.00	494.56
W.S. Elev (m)	972.13	Flow Area (m2)	2532.98	7881.01	2644.15
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2532.98	7881.01	2644.15
E.G. Slope (m/m)	0.008821	Flow (m3/s)	2337.70	11682.08	3484.10
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	390.63	603.77	241.06
Top Width (m)	1235.46	Avg. Vel. (m/s)	0.92	1.48	1.32
Vel Total (m/s)	1.34	Hydr. Depth (m)	6.48	13.05	10.97
Max Chl Dpth (m)	18.13	Conv. (m3/s)	24890.5	124384.1	37096.7
Conv. Total (m3/s)	186371.3	Wetted Per. (m)	397.12	607.02	243.00
Length Wtd. (m)	500.48	Shear (N/m2)	551.73	1123.05	941.24
Min Ch El (m)	954.00	Stream Power (N/m s)	509.20	1664.71	1240.24
Alpha	1.07	Cum Volume (1000 m3)	76881.06	280477.90	46225.52
Frctn Loss (m)	4.87	Cum SA (1000 m2)	10713.49	20817.13	5692.61
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 26500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	967.35	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.12	Reach Len. (m)	505.08	500.00	509.29
W.S. Elev (m)	967.23	Flow Area (m2)	977.68	6540.30	4514.33
Crit W.S. (m)		Area (m2)	977.68	6540.30	4514.33
E.G. Slope (m/m)	0.010802	Flow (m3/s)	551.20	9681.84	7270.84
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	371.77	586.15	342.08
Top Width (m)	1300.00	Avg. Vel. (m/s)	0.56	1.48	1.61
Vel Total (m/s)	1.45	Hydr. Depth (m)	2.63	11.16	13.20
Max Chl Dpth (m)	16.82	Conv. (m3/s)	5303.3	93152.8	69955.6
Conv. Total (m3/s)	168411.8	Wetted Per. (m)	373.74	587.62	357.39
Length Wtd. (m)	502.75	Shear (N/m2)	277.12	1179.06	1338.08
Min Ch El (m)	950.41	Stream Power (N/m s)	156.24	1745.40	2155.14
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	75957.57	276872.60	44455.37
Frctn Loss (m)	6.10	Cum SA (1000 m2)	10512.94	20519.65	5548.41
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 26000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	961.25	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.15	Reach Len. (m)	517.45	503.66	521.48
W.S. Elev (m)	961.09	Flow Area (m2)	1159.51	7832.36	1904.41
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1159.51	7832.36	1904.41
E.G. Slope (m/m)	0.013738	Flow (m3/s)	862.93	14328.36	2312.60
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	342.82	611.93	265.50
Top Width (m)	1220.25	Avg. Vel. (m/s)	0.74	1.83	1.21
Vel Total (m/s)	1.61	Hydr. Depth (m)	3.38	12.80	7.17
Max Chl Dpth (m)	16.09	Conv. (m3/s)	7362.2	122244.0	19730.2
Conv. Total (m3/s)	149336.3	Wetted Per. (m)	350.55	613.46	275.81
Length Wtd. (m)	506.38	Shear (N/m2)	445.63	1720.10	930.27
Min Ch El (m)	945.00	Stream Power (N/m s)	331.64	3146.72	1129.66
Alpha	1.15	Cum Volume (1000 m3)	75417.84	273279.40	42820.87
Frctn Loss (m)	6.10	Cum SA (1000 m2)	10332.48	20220.13	5393.70
C & E Loss (m)	0.02				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 25496 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	955.13	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.09	Reach Len. (m)	502.21	492.45	501.18
W.S. Elev (m)	955.04	Flow Area (m2)	1040.18	10730.02	1806.53
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1040.18	10730.02	1806.53
E.G. Slope (m/m)	0.010647	Flow (m3/s)	888.88	14946.77	1668.23
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	205.96	1042.19	312.35
Top Width (m)	1560.50	Avg. Vel. (m/s)	0.85	1.39	0.92
Vel Total (m/s)	1.29	Hydr. Depth (m)	5.05	10.30	5.78
Max Chl Dpth (m)	16.04	Conv. (m3/s)	8614.6	144855.7	16167.6
Conv. Total (m3/s)	169637.8	Wetted Per. (m)	210.77	1044.71	325.87
Length Wtd. (m)	494.12	Shear (N/m2)	515.26	1072.36	578.81
Min Ch El (m)	939.00	Stream Power (N/m s)	440.32	1493.78	534.50
Alpha	1.07	Cum Volume (1000 m3)	74848.73	268604.80	41853.28
Frctn Loss (m)	5.57	Cum SA (1000 m2)	10190.49	19803.57	5243.03
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 25003 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	949.56	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.09	Reach Len. (m)	530.27	535.23	575.90
W.S. Elev (m)	949.47	Flow Area (m2)	1353.89	10104.81	2073.24
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1353.89	10104.81	2073.24
E.G. Slope (m/m)	0.011954	Flow (m3/s)	1090.34	13600.62	2812.92
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	320.61	1126.58	217.86
Top Width (m)	1665.05	Avg. Vel. (m/s)	0.81	1.35	1.36
Vel Total (m/s)	1.29	Hydr. Depth (m)	4.22	8.97	9.52
Max Chl Dpth (m)	13.55	Conv. (m3/s)	9972.6	124396.1	25727.9
Conv. Total (m3/s)	160096.7	Wetted Per. (m)	327.07	1129.82	229.04
Length Wtd. (m)	543.38	Shear (N/m2)	485.24	1048.42	1061.09
Min Ch El (m)	935.92	Stream Power (N/m s)	390.78	1411.13	1439.67
Alpha	1.04	Cum Volume (1000 m3)	74247.56	263474.80	40881.05
Frctn Loss (m)	5.58	Cum SA (1000 m2)	10058.27	19269.57	5110.16
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 24468 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	943.97	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	455.11	442.59	440.15
W.S. Elev (m)	943.90	Flow Area (m2)	1970.45	9727.18	3505.81
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1970.45	9727.18	3505.81
E.G. Slope (m/m)	0.008924	Flow (m3/s)	1561.51	11417.14	4525.24
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	383.90	1067.94	332.83
Top Width (m)	1784.67	Avg. Vel. (m/s)	0.79	1.17	1.29
Vel Total (m/s)	1.15	Hydr. Depth (m)	5.13	9.11	10.53
Max Chl Dpth (m)	13.90	Conv. (m3/s)	16529.4	120856.8	47902.3
Conv. Total (m3/s)	185288.5	Wetted Per. (m)	391.68	1072.65	335.22
Length Wtd. (m)	443.51	Shear (N/m2)	440.28	793.62	915.25
Min Ch El (m)	930.00	Stream Power (N/m s)	348.90	931.50	1181.39
Alpha	1.05	Cum Volume (1000 m3)	73366.16	258167.40	39274.56
Frctn Loss (m)	4.46	Cum SA (1000 m2)	9871.48	18682.29	4951.59
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 24026 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	939.51	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.08	Reach Len. (m)	478.75	538.32	608.30
W.S. Elev (m)	939.43	Flow Area (m2)	2252.50	11423.57	305.86
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2252.50	11423.57	305.86
E.G. Slope (m/m)	0.011393	Flow (m3/s)	1967.37	15211.55	324.96
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	457.89	1246.89	42.49
Top Width (m)	1747.27	Avg. Vel. (m/s)	0.87	1.33	1.06
Vel Total (m/s)	1.25	Hydr. Depth (m)	4.92	9.16	7.20
Max Chl Dpth (m)	15.43	Conv. (m3/s)	18431.8	142513.2	3044.4
Conv. Total (m3/s)	163989.5	Wetted Per. (m)	464.74	1252.05	47.04
Length Wtd. (m)	533.80	Shear (N/m2)	541.51	1019.37	726.47
Min Ch El (m)	924.00	Stream Power (N/m s)	472.96	1357.39	771.82
Alpha	1.05	Cum Volume (1000 m3)	72405.21	253486.90	38435.71
Frctn Loss (m)	6.22	Cum SA (1000 m2)	9679.92	18170.03	4868.99
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 23487 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	933.30	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.003
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	533.05	515.32	498.15
W.S. Elev (m)	933.20	Flow Area (m2)	1588.52	11397.18	0.00
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1588.52	11397.18	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.011902	Flow (m3/s)	1068.77	16435.12	0.00
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	497.10	1142.70	0.20
Top Width (m)	1640.00	Avg. Vel. (m/s)	0.67	1.44	0.01
Vel Total (m/s)	1.35	Hydr. Depth (m)	3.20	9.97	0.01
Max Chl Dpth (m)	14.30	Conv. (m3/s)	9796.5	150647.0	0.0
Conv. Total (m3/s)	160443.5	Wetted Per. (m)	500.93	1145.38	0.20
Length Wtd. (m)	516.19	Shear (N/m2)	370.13	1161.41	
Min Ch El (m)	918.90	Stream Power (N/m s)	249.03	1674.79	
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	71485.77	247344.40	38342.68
Frctn Loss (m)	6.42	Cum SA (1000 m2)	9451.32	17526.85	4856.00
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 22972 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	926.88	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	926.77	Reach Len. (m)	364.66	468.31	587.04
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	1050.98	11150.99	4.33
E.G. Slope (m/m)	0.012997	Area (m2)	1050.98	11150.99	4.33
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	642.48	16860.48	0.92
Top Width (m)	1527.60	Top Width (m)	407.56	1111.92	8.12
Vel Total (m/s)	1.43	Avg. Vel. (m/s)	0.61	1.51	0.21
Max Chl Dpth (m)	14.77	Hydr. Depth (m)	2.58	10.03	0.53
Conv. Total (m3/s)	153536.2	Conv. (m3/s)	5635.6	147892.5	8.1
Length Wtd. (m)	471.13	Wetted Per. (m)	410.58	1114.97	8.19
Min Ch El (m)	912.00	Shear (N/m2)	326.25	1274.71	67.40
Alpha	1.08	Stream Power (N/m s)	199.44	1927.38	14.36
Frctn Loss (m)	4.38	Cum Volume (1000 m3)	70782.27	241534.70	38341.61
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	9210.21	16945.92	4853.93

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 22504 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	922.49	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.07	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	922.42	Reach Len. (m)	463.50	449.92	460.41
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	426.69	13046.17	1769.32
E.G. Slope (m/m)	0.006969	Area (m2)	426.69	13046.17	1769.32
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	130.07	15867.83	1505.98
Top Width (m)	1690.01	Top Width (m)	298.02	1130.37	261.62
Vel Total (m/s)	1.15	Avg. Vel. (m/s)	0.30	1.22	0.85
Max Chl Dpth (m)	16.42	Hydr. Depth (m)	1.43	11.54	6.76
Conv. Total (m3/s)	209676.8	Conv. (m3/s)	1558.1	190078.8	18039.9
Length Wtd. (m)	451.96	Wetted Per. (m)	304.56	1132.94	262.46
Min Ch El (m)	906.00	Shear (N/m2)	95.75	786.97	460.71
Alpha	1.06	Stream Power (N/m s)	29.19	957.18	392.14
Frctn Loss (m)	3.32	Cum Volume (1000 m3)	70512.84	235868.80	37821.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	9081.56	16420.88	4774.76

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 22054 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	919.17	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	919.10	Reach Len. (m)	416.03	410.81	425.21
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	2802.08	11020.48	2215.67
E.G. Slope (m/m)	0.007765	Area (m2)	2802.08	11020.48	2215.67
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	2591.87	13124.05	1787.97
Top Width (m)	1836.85	Top Width (m)	390.67	1068.75	377.43
Vel Total (m/s)	1.09	Avg. Vel. (m/s)	0.92	1.19	0.81
Max Chl Dpth (m)	13.10	Hydr. Depth (m)	7.17	10.31	5.87
Conv. Total (m3/s)	198642.2	Conv. (m3/s)	29413.8	148937.8	20290.7
Length Wtd. (m)	412.50	Wetted Per. (m)	397.90	1071.26	386.12
Min Ch El (m)	906.00	Shear (N/m2)	536.22	783.33	436.94
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	496.00	932.85	352.60
Frctn Loss (m)	2.61	Cum Volume (1000 m3)	69764.58	230454.80	36903.64
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	8921.95	15926.16	4627.64

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 21643 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	916.56	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	916.50	Reach Len. (m)	662.06	654.23	680.14
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	2733.71	13351.83	1089.89
E.G. Slope (m/m)	0.005245	Area (m2)	2733.71	13351.83	1089.89
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	2181.33	14720.65	601.90
Top Width (m)	1685.25	Top Width (m)	353.06	1083.33	248.86
Vel Total (m/s)	1.02	Avg. Vel. (m/s)	0.80	1.10	0.55
Max Chl Dpth (m)	16.50	Hydr. Depth (m)	7.74	12.32	4.38
Conv. Total (m3/s)	241692.0	Conv. (m3/s)	30119.7	203261.4	8311.0
Length Wtd. (m)	657.18	Wetted Per. (m)	361.00	1085.60	249.96
Min Ch El (m)	900.00	Shear (N/m2)	389.50	632.60	224.27
Alpha	1.07	Stream Power (N/m s)	310.80	697.45	123.85
Frctn Loss (m)	5.57	Cum Volume (1000 m3)	68613.05	225448.50	36200.86
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	8767.25	15484.12	4494.49

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 20989 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	910.98	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	910.87	Reach Len. (m)	614.26	502.06	423.84
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	3635.66	7393.05	1323.35
E.G. Slope (m/m)	0.015973	Area (m2)	3635.66	7393.05	1323.35
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	4780.32	11438.20	1285.37
Top Width (m)	1641.63	Top Width (m)	517.62	832.20	291.81
Vel Total (m/s)	1.42	Avg. Vel. (m/s)	1.31	1.55	0.97
Max Chl Dpth (m)	13.36	Hydr. Depth (m)	7.02	8.88	4.53
Conv. Total (m3/s)	138497.8	Conv. (m3/s)	37823.8	90503.7	10170.3
Length Wtd. (m)	514.63	Wetted Per. (m)	523.25	833.60	299.97
Min Ch El (m)	898.35	Shear (N/m2)	1088.35	1389.19	691.02
Alpha	1.05	Stream Power (N/m s)	1431.01	2149.30	671.19
Frctn Loss (m)	4.65	Cum Volume (1000 m3)	66504.59	218662.60	35380.19
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m2)	8479.02	14857.52	4310.63

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 20487 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	906.31	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	906.26	Reach Len. (m)	521.00	525.97	531.66
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	1843.84	13334.33	1923.67
E.G. Slope (m/m)	0.005811	Area (m2)	1843.84	13334.33	1923.67
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	1306.56	14377.33	1819.99
Top Width (m)	1722.97	Top Width (m)	310.50	1209.34	203.13
Vel Total (m/s)	1.02	Avg. Vel. (m/s)	0.71	1.08	0.95
Max Chl Dpth (m)	13.90	Hydr. Depth (m)	5.94	11.03	9.47
Conv. Total (m3/s)	229625.3	Conv. (m3/s)	17140.2	188609.5	23875.6
Length Wtd. (m)	525.98	Wetted Per. (m)	314.18	1210.55	212.47
Min Ch El (m)	892.36	Shear (N/m2)	334.41	627.67	515.92
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	236.97	676.77	488.12
Frctn Loss (m)	4.06	Cum Volume (1000 m3)	64821.68	213459.40	34692.08
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	8224.69	14345.03	4205.74

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 19961 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	902.25	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.09	Reach Len. (m)	407.64	416.02	434.58
W.S. Elev (m)	902.16	Flow Area (m2)	1231.19	11786.18	360.86
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1231.19	11786.18	360.86
E.G. Slope (m/m)	0.010737	Flow (m3/s)	888.94	16455.75	159.20
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	319.76	1146.48	198.11
Top Width (m)	1664.35	Avg. Vel. (m/s)	0.72	1.40	0.44
Vel Total (m/s)	1.31	Hydr. Depth (m)	3.85	10.28	1.82
Max Chl Dpth (m)	14.16	Conv. (m3/s)	8578.9	158810.7	1536.4
Conv. Total (m3/s)	168926.0	Wetted Per. (m)	323.27	1150.83	198.54
Length Wtd. (m)	416.93	Shear (N/m2)	401.01	1078.33	191.37
Min Ch El (m)	888.00	Stream Power (N/m s)	289.53	1505.55	84.42
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	64020.63	206853.10	34084.79
Frctn Loss (m)	4.26	Cum SA (1000 m2)	8060.50	13725.48	4099.08
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 19545 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	897.98	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.08	Reach Len. (m)	603.29	568.15	539.89
W.S. Elev (m)	897.90	Flow Area (m2)	1710.92	10325.83	2558.67
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1710.92	10325.83	2558.67
E.G. Slope (m/m)	0.009747	Flow (m3/s)	1245.70	13742.99	2515.20
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	408.12	1006.26	390.31
Top Width (m)	1804.69	Avg. Vel. (m/s)	0.73	1.33	0.98
Vel Total (m/s)	1.20	Hydr. Depth (m)	4.19	10.26	6.56
Max Chl Dpth (m)	12.90	Conv. (m3/s)	12617.8	139204.2	25476.7
Conv. Total (m3/s)	177298.7	Wetted Per. (m)	412.57	1007.47	393.30
Length Wtd. (m)	570.86	Shear (N/m2)	396.37	979.63	621.82
Min Ch El (m)	885.00	Stream Power (N/m s)	288.59	1303.83	611.26
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	63420.97	202253.60	33450.41
Frctn Loss (m)	4.26	Cum SA (1000 m2)	7912.15	13277.69	3971.22
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 18976 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	893.72	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	509.95	504.44	499.59
W.S. Elev (m)	893.66	Flow Area (m2)	4198.12	11751.45	1005.00
Crit W.S. (m)		Area (m2)	4198.12	11751.45	1005.00
E.G. Slope (m/m)	0.005894	Flow (m3/s)	4057.36	12720.67	725.85
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	448.01	1070.43	167.77
Top Width (m)	1686.21	Avg. Vel. (m/s)	0.97	1.08	0.72
Vel Total (m/s)	1.03	Hydr. Depth (m)	9.37	10.98	5.99
Max Chl Dpth (m)	14.66	Conv. (m3/s)	52847.0	165686.5	9454.2
Conv. Total (m3/s)	227987.7	Wetted Per. (m)	453.95	1072.00	168.22
Length Wtd. (m)	505.26	Shear (N/m2)	534.58	633.66	345.34
Min Ch El (m)	879.00	Stream Power (N/m s)	516.65	685.92	249.42
Alpha	1.02	Cum Volume (1000 m3)	61638.54	195982.00	32488.41
Frctn Loss (m)	3.10	Cum SA (1000 m2)	7653.90	12687.76	3820.57
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 18472 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	890.62	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	478.60	493.89	516.41
W.S. Elev (m)	890.56	Flow Area (m2)	2362.71	13443.53	381.16
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2362.71	13443.53	381.16
E.G. Slope (m/m)	0.006379	Flow (m3/s)	1952.26	15342.27	209.36
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	339.63	1200.19	101.56
Top Width (m)	1641.38	Avg. Vel. (m/s)	0.83	1.14	0.55
Vel Total (m/s)	1.08	Hydr. Depth (m)	6.96	11.20	3.75
Max Chl Dpth (m)	14.94	Conv. (m3/s)	24442.8	192089.5	2621.2
Conv. Total (m3/s)	219153.5	Wetted Per. (m)	342.92	1202.06	102.07
Length Wtd. (m)	492.25	Shear (N/m2)	431.02	699.64	233.60
Min Ch El (m)	875.62	Stream Power (N/m s)	356.14	798.45	128.31
Alpha	1.04	Cum Volume (1000 m3)	59965.69	189627.30	32142.15
Frctn Loss (m)	2.77	Cum SA (1000 m2)	7453.07	12115.06	3753.29
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 17978 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	887.85	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.05	Reach Len. (m)	479.97	463.40	495.07
W.S. Elev (m)	887.80	Flow Area (m2)	3856.69	13365.05	1034.24
Crit W.S. (m)		Area (m2)	3856.69	13365.05	1034.24
E.G. Slope (m/m)	0.004987	Flow (m3/s)	3067.25	13793.82	642.81
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	489.09	1150.65	190.81
Top Width (m)	1830.55	Avg. Vel. (m/s)	0.80	1.03	0.62
Vel Total (m/s)	0.96	Hydr. Depth (m)	7.89	11.62	5.42
Max Chl Dpth (m)	17.80	Conv. (m3/s)	43433.5	195326.0	9102.5
Conv. Total (m3/s)	247862.0	Wetted Per. (m)	492.83	1155.28	191.30
Length Wtd. (m)	468.20	Shear (N/m2)	382.72	565.78	264.41
Min Ch El (m)	870.00	Stream Power (N/m s)	304.38	583.93	164.34
Alpha	1.05	Cum Volume (1000 m3)	58477.39	183007.00	31776.69
Frctn Loss (m)	2.72	Cum SA (1000 m2)	7254.76	11534.53	3677.80
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 17515 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	885.13	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	528.88	506.64	533.00
W.S. Elev (m)	885.06	Flow Area (m2)	4043.98	10124.51	1220.49
Crit W.S. (m)		Area (m2)	4043.98	10124.51	1220.49
E.G. Slope (m/m)	0.006858	Flow (m3/s)	4463.21	12320.04	720.63
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	396.97	865.54	321.85
Top Width (m)	1584.36	Avg. Vel. (m/s)	1.10	1.22	0.59
Vel Total (m/s)	1.14	Hydr. Depth (m)	10.19	11.70	3.79
Max Chl Dpth (m)	18.06	Conv. (m3/s)	53895.6	148771.2	8702.0
Conv. Total (m3/s)	211368.9	Wetted Per. (m)	401.41	868.07	325.65
Length Wtd. (m)	514.01	Shear (N/m2)	677.51	784.37	252.05
Min Ch El (m)	867.00	Stream Power (N/m s)	747.75	954.46	148.82
Alpha	1.06	Cum Volume (1000 m3)	56581.35	177564.50	31218.57
Frctn Loss (m)	2.87	Cum SA (1000 m2)	7042.12	11067.38	3550.90
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 17008 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	882.25	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	267.41	508.59	722.88
W.S. Elev (m)	882.19	Flow Area (m2)	3751.16	9530.38	2805.83
Crit W.S. (m)		Area (m2)	3751.16	9530.38	2805.83
E.G. Slope (m/m)	0.004639	Flow (m3/s)	3642.52	11639.70	2221.67
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	447.81	605.73	332.27
Top Width (m)	1385.81	Avg. Vel. (m/s)	0.97	1.22	0.79
Vel Total (m/s)	1.09	Hydr. Depth (m)	8.38	15.73	8.44
Max Chl Dpth (m)	18.19	Conv. (m3/s)	53479.8	170895.2	32618.8
Conv. Total (m3/s)	256993.7	Wetted Per. (m)	450.63	606.15	341.86
Length Wtd. (m)	536.70	Shear (N/m2)	378.69	715.27	373.38
Min Ch El (m)	864.00	Stream Power (N/m s)	367.72	873.57	295.64
Alpha	1.07	Cum Volume (1000 m3)	54520.00	172585.50	30145.55
Frctn Loss (m)	3.15	Cum SA (1000 m2)	6818.72	10694.68	3376.57
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 16500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	879.10	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	518.08	500.00	522.78
W.S. Elev (m)	878.99	Flow Area (m2)	1742.38	5749.44	5446.14
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1742.38	5749.44	5446.14
E.G. Slope (m/m)	0.007677	Flow (m3/s)	1062.29	8776.35	7665.25
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	457.91	380.56	392.80
Top Width (m)	1231.27	Avg. Vel. (m/s)	0.61	1.53	1.41
Vel Total (m/s)	1.35	Hydr. Depth (m)	3.81	15.11	13.86
Max Chl Dpth (m)	17.99	Conv. (m3/s)	12124.4	100168.2	87486.7
Conv. Total (m3/s)	199779.3	Wetted Per. (m)	460.03	381.83	408.51
Length Wtd. (m)	508.41	Shear (N/m2)	285.13	1133.55	1003.61
Min Ch El (m)	861.00	Stream Power (N/m s)	173.84	1730.33	1412.54
Alpha	1.12	Cum Volume (1000 m3)	53785.49	168699.90	27162.96
Frctn Loss (m)	3.47	Cum SA (1000 m2)	6697.62	10443.87	3114.50
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 16000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	875.62	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.08	Reach Len. (m)	721.00	500.00	274.70
W.S. Elev (m)	875.54	Flow Area (m2)	1372.30	9714.83	3440.82
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1372.30	9714.83	3440.82
E.G. Slope (m/m)	0.006114	Flow (m3/s)	781.56	12934.30	3788.03
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	332.64	666.09	301.27
Top Width (m)	1300.00	Avg. Vel. (m/s)	0.57	1.33	1.10
Vel Total (m/s)	1.20	Hydr. Depth (m)	4.13	14.58	11.42
Max Chl Dpth (m)	18.32	Conv. (m3/s)	9995.8	165423.7	48447.1
Conv. Total (m3/s)	223866.7	Wetted Per. (m)	337.12	667.71	314.52
Length Wtd. (m)	481.67	Shear (N/m2)	244.04	872.26	655.86
Min Ch El (m)	857.22	Stream Power (N/m s)	138.99	1161.33	722.05
Alpha	1.09	Cum Volume (1000 m3)	52978.66	164833.90	24840.00
Frctn Loss (m)	3.70	Cum SA (1000 m2)	6492.84	10182.21	2933.08
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 15500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	871.91	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.12	Reach Len. (m)	503.21	500.00	502.27
W.S. Elev (m)	871.79	Flow Area (m2)	2909.58	6866.66	2729.69
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2909.58	6866.66	2729.69
E.G. Slope (m/m)	0.009963	Flow (m3/s)	2937.70	11857.89	2708.29
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	430.55	460.15	409.30
Top Width (m)	1300.00	Avg. Vel. (m/s)	1.01	1.73	0.99
Vel Total (m/s)	1.40	Hydr. Depth (m)	6.76	14.92	6.67
Max Chl Dpth (m)	16.79	Conv. (m3/s)	29432.0	118800.8	27133.6
Conv. Total (m3/s)	175366.4	Wetted Per. (m)	436.76	460.82	420.65
Length Wtd. (m)	501.09	Shear (N/m2)	650.84	1455.80	633.99
Min Ch El (m)	855.00	Stream Power (N/m s)	657.13	2513.99	629.02
Alpha	1.20	Cum Volume (1000 m3)	51435.05	160688.50	23992.47
Frctn Loss (m)	4.07	Cum SA (1000 m2)	6217.71	9900.65	2835.48
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 15000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	867.83	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.08	Reach Len. (m)	501.00	500.00	500.00
W.S. Elev (m)	867.76	Flow Area (m2)	4152.39	7232.03	3304.29
Crit W.S. (m)		Area (m2)	4152.39	7232.03	3304.29
E.G. Slope (m/m)	0.006737	Flow (m3/s)	4826.90	9521.46	3155.53
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	368.69	542.36	388.95
Top Width (m)	1300.00	Avg. Vel. (m/s)	1.16	1.32	0.95
Vel Total (m/s)	1.19	Hydr. Depth (m)	11.26	13.33	8.50
Max Chl Dpth (m)	16.53	Conv. (m3/s)	58809.6	116006.9	38446.1
Conv. Total (m3/s)	213262.6	Wetted Per. (m)	376.24	543.65	402.08
Length Wtd. (m)	500.24	Shear (N/m2)	729.09	878.80	542.89
Min Ch El (m)	851.23	Stream Power (N/m s)	847.52	1157.00	518.45
Alpha	1.04	Cum Volume (1000 m3)	49658.22	157163.80	22477.13
Frctn Loss (m)	3.69	Cum SA (1000 m2)	6016.62	9650.02	2635.01
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 14500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	864.14	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	495.27	482.10	496.56
W.S. Elev (m)	864.04	Flow Area (m2)	2658.49	7865.83	2416.52
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2658.49	7865.83	2416.52
E.G. Slope (m/m)	0.008134	Flow (m3/s)	3516.65	11660.55	2326.69
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	226.57	569.48	325.39
Top Width (m)	1121.44	Avg. Vel. (m/s)	1.32	1.48	0.96
Vel Total (m/s)	1.35	Hydr. Depth (m)	11.73	13.81	7.43
Max Chl Dpth (m)	18.04	Conv. (m3/s)	38991.0	129287.1	25797.3
Conv. Total (m3/s)	194075.4	Wetted Per. (m)	228.58	570.07	334.59
Length Wtd. (m)	485.27	Shear (N/m2)	927.77	1100.67	576.13
Min Ch El (m)	846.00	Stream Power (N/m s)	1227.25	1631.67	554.71
Alpha	1.06	Cum Volume (1000 m3)	47952.10	153389.40	21046.93
Frctn Loss (m)	2.52	Cum SA (1000 m2)	5867.50	9372.06	2456.43
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 14017 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	861.61	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	474.29	476.48	496.12
W.S. Elev (m)	861.55	Flow Area (m2)	1600.06	13976.17	2099.08
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1600.06	13976.17	2099.08
E.G. Slope (m/m)	0.003592	Flow (m3/s)	820.31	15297.54	1386.04
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	296.91	861.91	262.97
Top Width (m)	1421.79	Avg. Vel. (m/s)	0.51	1.09	0.66
Vel Total (m/s)	0.99	Hydr. Depth (m)	5.39	16.22	7.98
Max Chl Dpth (m)	21.39	Conv. (m3/s)	13687.3	255249.2	23126.9
Conv. Total (m3/s)	292063.4	Wetted Per. (m)	309.49	864.81	277.20
Length Wtd. (m)	477.47	Shear (N/m2)	182.10	569.24	266.72
Min Ch El (m)	840.16	Stream Power (N/m s)	93.36	623.06	176.12
Alpha	1.12	Cum Volume (1000 m3)	46897.54	148124.40	19925.80
Frctn Loss (m)	1.68	Cum SA (1000 m2)	5737.87	9027.03	2310.35
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 13541 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	859.93	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.05	Reach Len. (m)	487.79	557.84	643.05
W.S. Elev (m)	859.88	Flow Area (m2)	2107.58	14538.99	1420.66
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2107.58	14538.99	1420.66
E.G. Slope (m/m)	0.003434	Flow (m3/s)	1389.34	15493.48	621.06
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	282.81	902.21	332.89
Top Width (m)	1517.91	Avg. Vel. (m/s)	0.66	1.07	0.44
Vel Total (m/s)	0.97	Hydr. Depth (m)	7.45	16.11	4.27
Max Chl Dpth (m)	25.88	Conv. (m3/s)	23707.4	264378.0	10597.7
Conv. Total (m3/s)	298683.1	Wetted Per. (m)	294.72	905.52	336.75
Length Wtd. (m)	559.50	Shear (N/m2)	240.84	540.75	142.08
Min Ch El (m)	834.00	Stream Power (N/m s)	158.77	576.25	62.11
Alpha	1.11	Cum Volume (1000 m3)	46018.29	141330.90	19052.69
Frctn Loss (m)	1.27	Cum SA (1000 m2)	5600.39	8606.74	2162.54
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 12983 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	858.65	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	535.33	483.58	503.70
W.S. Elev (m)	858.61	Flow Area (m2)	1549.48	18203.51	2933.70
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1549.48	18203.51	2933.70
E.G. Slope (m/m)	0.001621	Flow (m3/s)	348.83	15665.77	1489.29
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	561.28	884.92	299.71
Top Width (m)	1745.91	Avg. Vel. (m/s)	0.23	0.86	0.51
Vel Total (m/s)	0.77	Hydr. Depth (m)	2.76	20.57	9.79
Max Chl Dpth (m)	24.61	Conv. (m3/s)	8663.6	389082.3	36988.6
Conv. Total (m3/s)	434734.6	Wetted Per. (m)	566.00	889.66	316.47
Length Wtd. (m)	491.08	Shear (N/m2)	43.52	325.29	147.37
Min Ch El (m)	834.00	Stream Power (N/m s)	9.80	279.94	74.81
Alpha	1.15	Cum Volume (1000 m3)	45126.35	132198.40	17652.66
Frctn Loss (m)	1.12	Cum SA (1000 m2)	5394.52	8108.27	1959.14
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 12500 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	857.53	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	857.47	Reach Len. (m)	631.33	500.00	415.05
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	4585.95	9799.22	3021.95
E.G. Slope (m/m)	0.003454	Area (m2)	4585.95	9799.22	3021.95
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	3151.89	11789.35	2562.64
Top Width (m)	1300.00	Top Width (m)	537.08	508.49	254.43
Vel Total (m/s)	1.01	Avg. Vel. (m/s)	0.69	1.20	0.85
Max Chl Dpth (m)	23.47	Hydr. Depth (m)	8.54	19.27	11.88
Conv. Total (m3/s)	297839.9	Conv. (m3/s)	53631.5	200603.4	43605.0
Length Wtd. (m)	505.94	Wetted Per. (m)	553.78	510.94	266.26
Min Ch El (m)	834.00	Shear (N/m2)	280.48	649.59	384.41
Alpha	1.15	Stream Power (N/m s)	192.77	781.51	325.98
Frctn Loss (m)	1.21	Cum Volume (1000 m3)	43484.11	125427.60	16152.73
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	5100.53	7771.36	1819.58

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 12000 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	856.31	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.04	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	856.27	Reach Len. (m)	213.66	457.47	594.50
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	4052.49	11731.44	4415.21
E.G. Slope (m/m)	0.001750	Area (m2)	4052.49	11731.44	4415.21
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	2234.45	11952.68	3316.75
Top Width (m)	1220.10	Top Width (m)	398.49	470.60	351.01
Vel Total (m/s)	0.87	Avg. Vel. (m/s)	0.55	1.02	0.75
Max Chl Dpth (m)	31.13	Hydr. Depth (m)	10.17	24.93	12.58
Conv. Total (m3/s)	418464.3	Conv. (m3/s)	53418.9	285752.0	79293.4
Length Wtd. (m)	424.76	Wetted Per. (m)	408.94	471.30	368.35
Min Ch El (m)	825.61	Shear (N/m2)	170.03	427.09	205.66
Alpha	1.14	Stream Power (N/m s)	93.75	435.15	154.50
Frctn Loss (m)	0.79	Cum Volume (1000 m3)	40757.26	120044.90	14609.33
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	4805.20	7526.59	1693.94

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 11542 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	855.52	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.05	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	855.47	Reach Len. (m)	152.70	625.20	867.04
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	6445.84	11812.38	415.84
E.G. Slope (m/m)	0.002000	Area (m2)	6445.84	11812.38	415.84
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	4442.44	12854.13	207.31
Top Width (m)	1021.87	Top Width (m)	504.71	470.11	47.05
Vel Total (m/s)	0.94	Avg. Vel. (m/s)	0.69	1.09	0.50
Max Chl Dpth (m)	33.47	Hydr. Depth (m)	12.77	25.13	8.84
Conv. Total (m3/s)	391352.8	Conv. (m3/s)	99324.4	287393.4	4635.0
Length Wtd. (m)	447.50	Wetted Per. (m)	514.65	475.36	53.97
Min Ch El (m)	822.00	Shear (N/m2)	245.70	487.48	151.16
Alpha	1.13	Stream Power (N/m s)	169.34	530.47	75.36
Frctn Loss (m)	1.26	Cum Volume (1000 m3)	39635.73	114659.60	13173.30
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	4708.72	7311.42	1575.61

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 10917 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	854.25	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	147.83	417.34	580.58
W.S. Elev (m)	854.19	Flow Area (m2)	8654.04	6952.17	538.96
Crit W.S. (m)		Area (m2)	8654.04	6952.17	538.96
E.G. Slope (m/m)	0.004277	Flow (m3/s)	8975.17	8243.75	284.97
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	649.37	427.60	112.27
Top Width (m)	1189.24	Avg. Vel. (m/s)	1.04	1.19	0.53
Vel Total (m/s)	1.08	Hydr. Depth (m)	13.33	16.26	4.80
Max Chl Dpth (m)	29.19	Conv. (m3/s)	137232.3	126048.7	4357.2
Conv. Total (m3/s)	267638.2	Wetted Per. (m)	661.85	434.90	113.23
Length Wtd. (m)	319.48	Shear (N/m2)	548.46	670.52	199.65
Min Ch El (m)	825.00	Stream Power (N/m s)	568.81	795.09	105.56
Alpha	1.04	Cum Volume (1000 m3)	38482.86	108793.80	12759.37
Frctn Loss (m)	1.07	Cum SA (1000 m2)	4620.60	7030.79	1506.55
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 10500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	853.19	Wt. n-Val.	0.350	0.350	
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	510.62	500.00	501.69
W.S. Elev (m)	853.11	Flow Area (m2)	5324.10	10493.08	
Crit W.S. (m)		Area (m2)	5324.10	10493.08	
E.G. Slope (m/m)	0.002671	Flow (m3/s)	3909.01	13594.87	
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	470.73	388.59	
Top Width (m)	859.32	Avg. Vel. (m/s)	0.73	1.30	
Vel Total (m/s)	1.11	Hydr. Depth (m)	11.31	27.00	
Max Chl Dpth (m)	31.11	Conv. (m3/s)	75630.6	263030.4	
Conv. Total (m3/s)	338661.0	Wetted Per. (m)	480.25	403.78	
Length Wtd. (m)	501.52	Shear (N/m2)	290.42	680.78	
Min Ch El (m)	822.00	Stream Power (N/m s)	213.23	882.02	
Alpha	1.16	Cum Volume (1000 m3)	37449.66	105153.50	12602.92
Frctn Loss (m)	1.74	Cum SA (1000 m2)	4537.81	6860.48	1473.95
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 9500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	848.58	Wt. n-Val.	0.350	0.350	
Vel Head (m)	0.13	Reach Len. (m)	514.31	500.00	500.84
W.S. Elev (m)	848.44	Flow Area (m2)	5404.01	6030.94	
Crit W.S. (m)		Area (m2)	5404.01	6030.94	
E.G. Slope (m/m)	0.007182	Flow (m3/s)	6447.41	11056.47	
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	476.75	270.54	
Top Width (m)	747.29	Avg. Vel. (m/s)	1.19	1.83	
Vel Total (m/s)	1.53	Hydr. Depth (m)	11.34	22.29	
Max Chl Dpth (m)	31.04	Conv. (m3/s)	76077.1	130462.3	
Conv. Total (m3/s)	206539.4	Wetted Per. (m)	494.09	289.49	
Length Wtd. (m)	505.94	Shear (N/m2)	770.34	1467.33	
Min Ch El (m)	817.40	Stream Power (N/m s)	919.08	2690.04	
Alpha	1.13	Cum Volume (1000 m3)	33827.55	95579.10	12602.92
Frctn Loss (m)	5.67	Cum SA (1000 m2)	4137.50	6457.87	1473.95
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 9000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	842.90				
Vel Head (m)	0.24	Wt. n-Val.	0.350	0.350	
W.S. Elev (m)	842.66	Reach Len. (m)	545.89	500.00	500.60
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	4203.86	4024.55	
E.G. Slope (m/m)	0.019839	Area (m2)	4203.86	4024.55	
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	8076.12	9427.77	
Top Width (m)	674.47	Top Width (m)	401.99	272.48	
Vel Total (m/s)	2.13	Avg. Vel. (m/s)	1.92	2.34	
Max Chl Dpth (m)	23.66	Hydr. Depth (m)	10.46	14.77	
Conv. Total (m3/s)	124272.0	Conv. (m3/s)	57337.9	66934.2	
Length Wtd. (m)	515.03	Wetted Per. (m)	403.05	286.56	
Min Ch El (m)	819.00	Shear (N/m2)	2029.21	2732.33	
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	3898.36	6400.66	
Frctn Loss (m)	3.61	Cum Volume (1000 m3)	31356.84	93065.23	12602.92
C & E Loss (m)	0.05	Cum SA (1000 m2)	3911.52	6322.11	1473.95

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 8500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	839.24				
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	839.18	Reach Len. (m)	356.12	500.00	582.70
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	3792.15	12098.86	420.48
E.G. Slope (m/m)	0.003548	Area (m2)	3792.15	12098.86	420.48
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	3385.56	13865.04	253.28
Top Width (m)	1055.51	Top Width (m)	307.08	688.36	60.07
Vel Total (m/s)	1.07	Avg. Vel. (m/s)	0.89	1.15	0.60
Max Chl Dpth (m)	26.18	Hydr. Depth (m)	12.35	17.58	7.00
Conv. Total (m3/s)	293843.1	Conv. (m3/s)	56834.5	232756.7	4252.0
Length Wtd. (m)	475.16	Wetted Per. (m)	315.64	692.48	63.15
Min Ch El (m)	813.00	Shear (N/m2)	418.06	607.98	231.70
Alpha	1.04	Stream Power (N/m s)	373.24	696.73	139.57
Frctn Loss (m)	1.73	Cum Volume (1000 m3)	29174.37	89034.37	12497.67
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3717.99	6081.90	1458.92

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 8000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	837.50				
Vel Head (m)	0.07	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	837.44	Reach Len. (m)	515.21	500.00	509.22
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	3467.10	12232.62	74.78
E.G. Slope (m/m)	0.003748	Area (m2)	3467.10	12232.62	74.78
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	2816.24	14665.22	22.42
Top Width (m)	1044.71	Top Width (m)	339.70	673.65	31.36
Vel Total (m/s)	1.11	Avg. Vel. (m/s)	0.81	1.20	0.30
Max Chl Dpth (m)	27.44	Hydr. Depth (m)	10.21	18.16	2.38
Conv. Total (m3/s)	285910.8	Conv. (m3/s)	46000.8	239543.8	366.2
Length Wtd. (m)	501.67	Wetted Per. (m)	346.47	681.74	33.32
Min Ch El (m)	810.00	Shear (N/m2)	367.81	659.51	82.48
Alpha	1.06	Stream Power (N/m s)	298.76	790.66	24.73
Frctn Loss (m)	2.04	Cum Volume (1000 m3)	27881.79	82951.50	12353.38
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	3602.82	5741.40	1432.28

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 7500 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	835.46	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	512.13	500.00	502.34
W.S. Elev (m)	835.39	Flow Area (m2)	1568.91	13349.93	103.43
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1568.91	13349.93	103.43
E.G. Slope (m/m)	0.004426	Flow (m3/s)	984.62	16473.45	45.82
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	257.90	793.86	36.59
Top Width (m)	1088.36	Avg. Vel. (m/s)	0.63	1.23	0.44
Vel Total (m/s)	1.17	Hydr. Depth (m)	6.08	16.82	2.83
Max Chl Dpth (m)	34.39	Conv. (m3/s)	14799.7	247611.1	688.7
Conv. Total (m3/s)	263099.5	Wetted Per. (m)	261.53	807.13	38.62
Length Wtd. (m)	501.49	Shear (N/m2)	260.39	717.93	116.25
Min Ch El (m)	801.00	Stream Power (N/m s)	163.42	885.90	51.49
Alpha	1.07	Cum Volume (1000 m3)	26584.49	76555.86	12308.00
Frctn Loss (m)	2.96	Cum SA (1000 m2)	3448.88	5374.52	1414.98
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 7000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	832.50	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.14	Reach Len. (m)	484.94	522.37	865.12
W.S. Elev (m)	832.36	Flow Area (m2)	3110.35	6808.83	2108.07
Crit W.S. (m)		Area (m2)	3110.35	6808.83	2108.07
E.G. Slope (m/m)	0.008250	Flow (m3/s)	2916.21	12518.42	2069.26
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	448.59	356.76	284.85
Top Width (m)	1090.20	Avg. Vel. (m/s)	0.94	1.84	0.98
Vel Total (m/s)	1.46	Hydr. Depth (m)	6.93	19.09	7.40
Max Chl Dpth (m)	24.83	Conv. (m3/s)	32105.7	137820.1	22781.3
Conv. Total (m3/s)	192707.0	Wetted Per. (m)	452.95	361.09	286.58
Length Wtd. (m)	588.66	Shear (N/m2)	555.58	1525.63	595.15
Min Ch El (m)	807.53	Stream Power (N/m s)	520.90	2804.96	584.20
Alpha	1.26	Cum Volume (1000 m3)	25386.29	71516.17	11752.54
Frctn Loss (m)	2.11	Cum SA (1000 m2)	3267.97	5086.87	1334.24
C & E Loss (m)	0.03				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 6477 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	830.35	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	522.04	459.45	450.30
W.S. Elev (m)	830.32	Flow Area (m2)	4253.28	10359.26	7486.69
Crit W.S. (m)		Area (m2)	4253.28	10359.26	7486.69
E.G. Slope (m/m)	0.002000	Flow (m3/s)	2705.47	9483.51	5314.91
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	381.09	537.37	570.18
Top Width (m)	1488.63	Avg. Vel. (m/s)	0.64	0.92	0.71
Vel Total (m/s)	0.79	Hydr. Depth (m)	11.16	19.28	13.13
Max Chl Dpth (m)	23.32	Conv. (m3/s)	60497.5	212062.1	118847.5
Conv. Total (m3/s)	391407.1	Wetted Per. (m)	382.92	540.16	571.66
Length Wtd. (m)	464.58	Shear (N/m2)	217.84	376.12	256.85
Min Ch El (m)	807.00	Stream Power (N/m s)	138.57	344.32	182.34
Alpha	1.07	Cum Volume (1000 m3)	23600.83	67032.13	7602.23
Frctn Loss (m)	1.38	Cum SA (1000 m2)	3066.80	4853.33	964.39
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 6018 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	828.97	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	435.39	450.90	520.77
W.S. Elev (m)	828.89	Flow Area (m2)	1598.16	13417.67	791.08
Crit W.S. (m)		Area (m2)	1598.16	13417.67	791.08
E.G. Slope (m/m)	0.004894	Flow (m3/s)	970.60	16315.57	217.72
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	297.06	887.74	488.30
Top Width (m)	1673.10	Avg. Vel. (m/s)	0.61	1.22	0.28
Vel Total (m/s)	1.11	Hydr. Depth (m)	5.38	15.11	1.62
Max Chl Dpth (m)	24.89	Conv. (m3/s)	13874.2	233221.0	3112.1
Conv. Total (m3/s)	250207.3	Wetted Per. (m)	301.74	894.21	489.63
Length Wtd. (m)	453.78	Shear (N/m2)	254.19	720.14	77.54
Min Ch El (m)	804.00	Stream Power (N/m s)	154.38	875.68	21.34
Alpha	1.14	Cum Volume (1000 m3)	22073.49	61569.97	5738.49
Frctn Loss (m)	1.16	Cum SA (1000 m2)	2889.79	4525.95	726.07
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 5567 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	827.80	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.03	Reach Len. (m)	516.17	567.28	739.86
W.S. Elev (m)	827.77	Flow Area (m2)	3095.71	18617.71	3008.75
Crit W.S. (m)		Area (m2)	3095.71	18617.71	3008.75
E.G. Slope (m/m)	0.001560	Flow (m3/s)	1415.96	14332.37	1755.55
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	368.80	1041.33	251.09
Top Width (m)	1661.22	Avg. Vel. (m/s)	0.46	0.77	0.58
Vel Total (m/s)	0.71	Hydr. Depth (m)	8.39	17.88	11.98
Max Chl Dpth (m)	26.77	Conv. (m3/s)	35845.8	362832.7	44442.9
Conv. Total (m3/s)	443121.4	Wetted Per. (m)	379.44	1045.09	255.95
Length Wtd. (m)	566.85	Shear (N/m2)	124.84	272.59	179.87
Min Ch El (m)	801.00	Stream Power (N/m s)	57.10	209.85	104.95
Alpha	1.07	Cum Volume (1000 m3)	21051.66	54347.59	4749.07
Frctn Loss (m)	1.26	Cum SA (1000 m2)	2744.83	4091.04	533.55
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 5000 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	826.53	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.07	Reach Len. (m)	467.15	375.28	367.74
W.S. Elev (m)	826.46	Flow Area (m2)	6801.70	8165.77	795.30
Crit W.S. (m)		Area (m2)	6801.70	8165.77	795.30
E.G. Slope (m/m)	0.003448	Flow (m3/s)	6562.32	10421.69	519.87
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	481.76	387.24	101.37
Top Width (m)	970.37	Avg. Vel. (m/s)	0.96	1.28	0.65
Vel Total (m/s)	1.11	Hydr. Depth (m)	14.12	21.09	7.85
Max Chl Dpth (m)	25.46	Conv. (m3/s)	111759.7	177486.9	8853.7
Conv. Total (m3/s)	298100.3	Wetted Per. (m)	493.19	389.17	103.41
Length Wtd. (m)	392.47	Shear (N/m2)	466.29	709.44	260.04
Min Ch El (m)	801.00	Stream Power (N/m s)	449.88	905.43	169.99
Alpha	1.08	Cum Volume (1000 m3)	18497.29	46750.73	3341.83
Frctn Loss (m)	2.79	Cum SA (1000 m2)	2525.32	3685.84	403.16
C & E Loss (m)	0.03				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 4624 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	823.70	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.35	Reach Len. (m)	1130.57	660.26	241.94
W.S. Elev (m)	823.36	Flow Area (m2)	358.98	5550.76	1352.09
Crit W.S. (m)		Area (m2)	358.98	5550.76	1352.09
E.G. Slope (m/m)	0.022475	Flow (m3/s)	206.91	15161.83	2135.14
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	238.63	340.51	189.33
Top Width (m)	768.47	Avg. Vel. (m/s)	0.58	2.73	1.58
Vel Total (m/s)	2.41	Hydr. Depth (m)	1.50	16.30	7.14
Max Chl Dpth (m)	22.36	Conv. (m3/s)	1380.2	101134.5	14242.1
Conv. Total (m3/s)	116756.8	Wetted Per. (m)	239.31	344.69	191.01
Length Wtd. (m)	709.14	Shear (N/m2)	330.62	3549.27	1560.18
Min Ch El (m)	801.00	Stream Power (N/m s)	190.57	9694.80	2463.75
Alpha	1.17	Cum Volume (1000 m3)	16824.73	44176.96	2946.99
Frctn Loss (m)	4.35	Cum SA (1000 m2)	2357.05	3549.29	349.71
C & E Loss (m)	0.09				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 3964 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	819.26	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.05	Reach Len. (m)	504.35	372.01	395.47
W.S. Elev (m)	819.22	Flow Area (m2)	7689.93	9181.59	2065.89
Crit W.S. (m)		Area (m2)	7689.93	9181.59	2065.89
E.G. Slope (m/m)	0.002813	Flow (m3/s)	6557.96	9565.64	1380.28
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	604.82	507.82	221.50
Top Width (m)	1334.14	Avg. Vel. (m/s)	0.85	1.04	0.67
Vel Total (m/s)	0.92	Hydr. Depth (m)	12.71	18.08	9.33
Max Chl Dpth (m)	24.21	Conv. (m3/s)	123649.5	180358.9	26025.0
Conv. Total (m3/s)	330033.4	Wetted Per. (m)	610.90	509.32	223.14
Length Wtd. (m)	432.15	Shear (N/m2)	347.23	497.28	255.38
Min Ch El (m)	795.00	Stream Power (N/m s)	296.12	518.08	170.63
Alpha	1.05	Cum Volume (1000 m3)	12274.80	39313.37	2533.52
Frctn Loss (m)	2.21	Cum SA (1000 m2)	1880.26	3269.23	300.01
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 3592 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	817.04	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.10	Reach Len. (m)	307.48	511.68	617.52
W.S. Elev (m)	816.94	Flow Area (m2)	7111.89	5303.82	277.02
Crit W.S. (m)		Area (m2)	7111.89	5303.82	277.02
E.G. Slope (m/m)	0.012057	Flow (m3/s)	9064.27	8204.56	235.05
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	861.75	478.76	59.47
Top Width (m)	1399.98	Avg. Vel. (m/s)	1.27	1.55	0.85
Vel Total (m/s)	1.38	Hydr. Depth (m)	8.25	11.08	4.66
Max Chl Dpth (m)	22.49	Conv. (m3/s)	82548.6	74719.2	2140.6
Conv. Total (m3/s)	159408.3	Wetted Per. (m)	868.55	484.42	62.29
Length Wtd. (m)	439.70	Shear (N/m2)	968.16	1294.57	525.88
Min Ch El (m)	794.45	Stream Power (N/m s)	1233.95	2002.59	446.20
Alpha	1.04	Cum Volume (1000 m3)	8542.15	36619.01	2070.25
Frctn Loss (m)	4.25	Cum SA (1000 m2)	1510.42	3085.72	244.46
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 3080 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	812.79	Wt. n-Val.	0.350	0.350	
Vel Head (m)	0.08	Reach Len. (m)	353.48	583.32	755.99
W.S. Elev (m)	812.70	Flow Area (m2)	4013.39	10433.17	
Crit W.S. (m)		Area (m2)	4013.39	10433.17	
E.G. Slope (m/m)	0.007931	Flow (m3/s)	3397.61	14106.27	
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	657.47	845.14	
Top Width (m)	1502.61	Avg. Vel. (m/s)	0.85	1.35	
Vel Total (m/s)	1.21	Hydr. Depth (m)	6.10	12.34	
Max Chl Dpth (m)	17.87	Conv. (m3/s)	38152.1	158400.6	
Conv. Total (m3/s)	196552.7	Wetted Per. (m)	661.30	851.73	
Length Wtd. (m)	554.54	Shear (N/m2)	471.99	952.66	
Min Ch El (m)	794.83	Stream Power (N/m s)	399.57	1288.05	
Alpha	1.10	Cum Volume (1000 m3)	6831.75	32592.86	1984.71
Frctn Loss (m)	2.77	Cum SA (1000 m2)	1276.86	2747.01	226.09
C & E Loss (m)	0.01				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 2001 Profile: PF 1

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	807.57	Wt. n-Val.	0.350	0.350	
Vel Head (m)	0.06	Reach Len. (m)	526.40	458.31	411.89
W.S. Elev (m)	807.51	Flow Area (m2)	5637.34	11091.50	
Crit W.S. (m)		Area (m2)	5637.34	11091.50	
E.G. Slope (m/m)	0.007340	Flow (m3/s)	4928.93	12574.95	
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	824.04	1109.00	
Top Width (m)	1933.04	Avg. Vel. (m/s)	0.87	1.13	
Vel Total (m/s)	1.05	Hydr. Depth (m)	6.84	10.00	
Max Chl Dpth (m)	18.51	Conv. (m3/s)	57533.2	146781.7	
Conv. Total (m3/s)	204314.9	Wetted Per. (m)	835.04	1112.67	
Length Wtd. (m)	469.49	Shear (N/m2)	485.90	717.47	
Min Ch El (m)	789.00	Stream Power (N/m s)	424.84	813.43	
Alpha	1.04	Cum Volume (1000 m3)	3708.65	16491.27	1984.71
Frctn Loss (m)	2.85	Cum SA (1000 m2)	765.00	1354.04	226.09
C & E Loss (m)	0.00				

Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 1543 Profile: PF 1

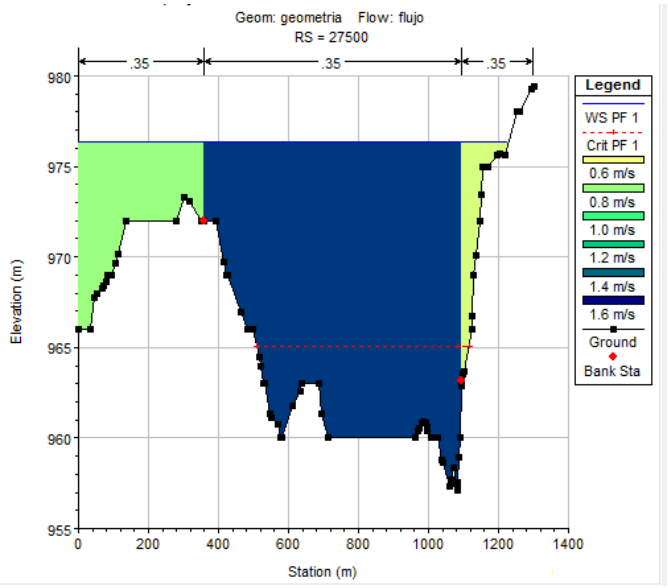
		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	804.72	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
Vel Head (m)	0.05	Reach Len. (m)	404.30	403.80	406.73
W.S. Elev (m)	804.67	Flow Area (m2)	2366.42	14674.59	1105.79
Crit W.S. (m)		Area (m2)	2366.42	14674.59	1105.79
E.G. Slope (m/m)	0.005090	Flow (m3/s)	1202.11	15738.31	563.46
Q Total (m3/s)	17503.88	Top Width (m)	601.15	1209.23	268.21
Top Width (m)	2078.58	Avg. Vel. (m/s)	0.51	1.07	0.51
Vel Total (m/s)	0.96	Hydr. Depth (m)	3.94	12.14	4.12
Max Chl Dpth (m)	23.63	Conv. (m3/s)	16849.0	220591.9	7897.7
Conv. Total (m3/s)	245338.5	Wetted Per. (m)	601.54	1215.99	282.24
Length Wtd. (m)	404.19	Shear (N/m2)	196.37	602.40	195.57
Min Ch El (m)	781.04	Stream Power (N/m s)	99.75	646.07	99.66
Alpha	1.14	Cum Volume (1000 m3)	1602.06	10586.83	1756.98
Frctn Loss (m)	1.95	Cum SA (1000 m2)	389.89	822.81	170.86
C & E Loss (m)	0.00				

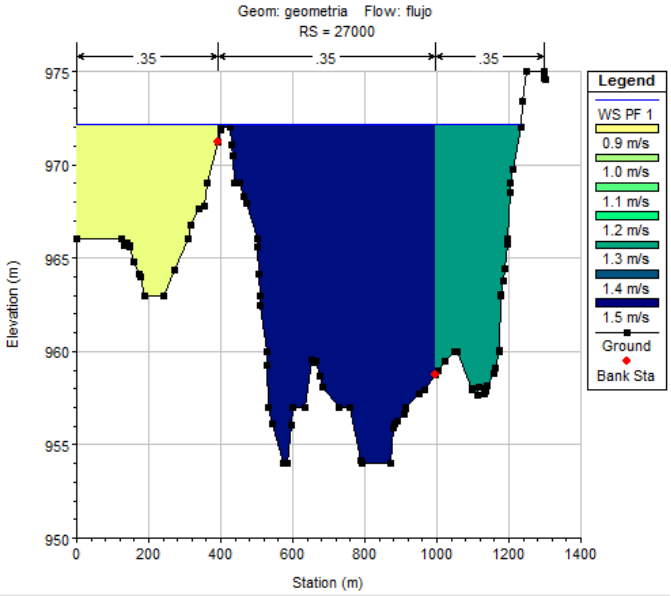
Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 711 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	800.53	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.08	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	800.45	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	788.61	Flow Area (m2)	4387.39	10383.34	679.30
E.G. Slope (m/m)	0.006007	Area (m2)	4387.39	10383.34	679.30
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	3085.08	13899.37	519.43
Top Width (m)	1572.91	Top Width (m)	773.07	695.54	104.30
Vel Total (m/s)	1.13	Avg. Vel. (m/s)	0.70	1.34	0.76
Max Chl Dpth (m)	23.45	Hydr. Depth (m)	5.68	14.93	6.51
Conv. Total (m3/s)	225842.3	Conv. (m3/s)	39805.0	179335.4	6701.9
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	775.37	698.62	105.87
Min Ch El (m)	777.00	Shear (N/m2)	333.33	875.52	377.99
Alpha	1.19	Stream Power (N/m s)	234.39	1171.99	289.03
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

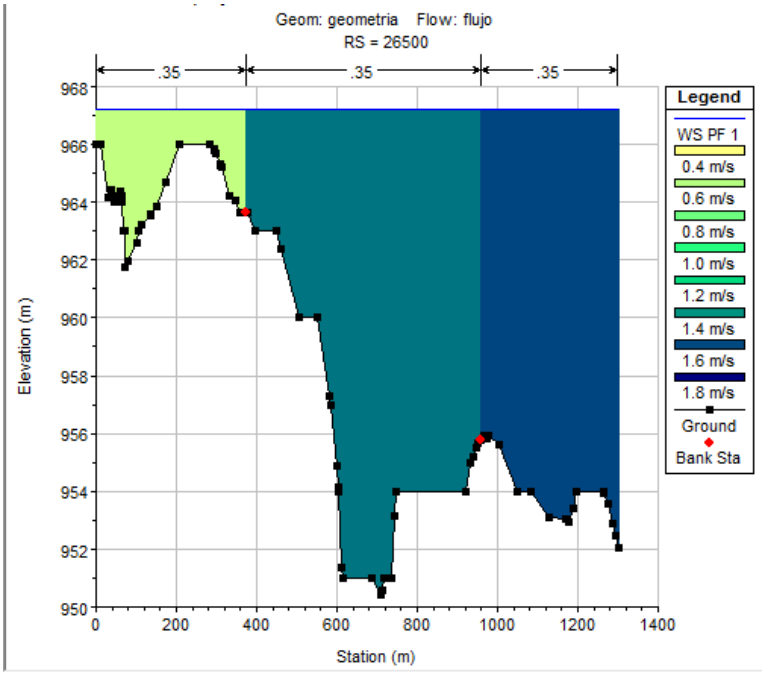
Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 10000 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	851.45	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.	0.350	0.350	
W.S. Elev (m)	851.34	Reach Len. (m)	502.85	500.00	505.27
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	1784.19	10886.88	
E.G. Slope (m/m)	0.004673	Area (m2)	1784.19	10886.88	
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	1091.95	16411.93	
Top Width (m)	791.92	Top Width (m)	316.27	475.65	
Vel Total (m/s)	1.38	Avg. Vel. (m/s)	0.61	1.51	
Max Chl Dpth (m)	39.78	Hydr. Depth (m)	5.64	22.89	
Conv. Total (m3/s)	256062.0	Conv. (m3/s)	15974.0	240088.0	
Length Wtd. (m)	500.61	Wetted Per. (m)	321.65	507.69	
Min Ch El (m)	811.56	Shear (N/m2)	254.19	982.64	
Alpha	1.13	Stream Power (N/m s)	155.57	1481.33	
Frctn Loss (m)	2.87	Cum Volume (1000 m3)	35634.84	99808.55	12602.92
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	4336.88	6644.42	1473.95

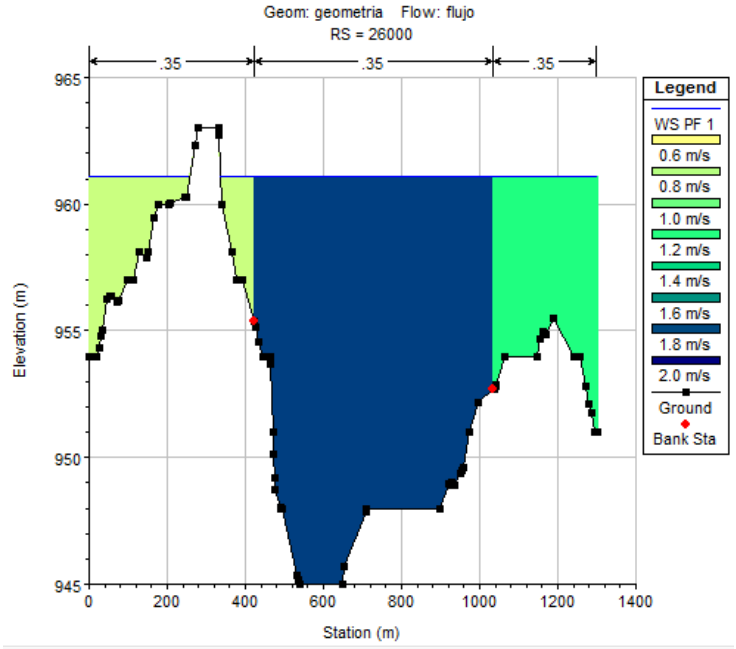
Plan: Plan 01 Pastaza Madre Tierra RS: 1139 Profile: PF 1					
E.G. Elev (m)	802.77	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.	0.350	0.350	0.350
W.S. Elev (m)	802.71	Reach Len. (m)	450.73	427.83	415.06
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	315.61	12993.47	3385.59
E.G. Slope (m/m)	0.004582	Area (m2)	315.61	12993.47	3385.59
Q Total (m3/s)	17503.88	Flow (m3/s)	78.05	13546.54	3879.29
Top Width (m)	1484.45	Top Width (m)	220.22	1033.82	230.40
Vel Total (m/s)	1.05	Avg. Vel. (m/s)	0.25	1.04	1.15
Max Chl Dpth (m)	19.71	Hydr. Depth (m)	1.43	12.57	14.69
Conv. Total (m3/s)	258590.5	Conv. (m3/s)	1153.1	200127.4	57310.0
Length Wtd. (m)	428.29	Wetted Per. (m)	221.13	1038.13	234.77
Min Ch El (m)	783.00	Shear (N/m2)	64.13	562.38	647.97
Alpha	1.03	Stream Power (N/m s)	15.86	586.32	742.45
Frctn Loss (m)	2.24	Cum Volume (1000 m3)	1059.89	5000.65	843.59
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	223.85	369.94	69.46

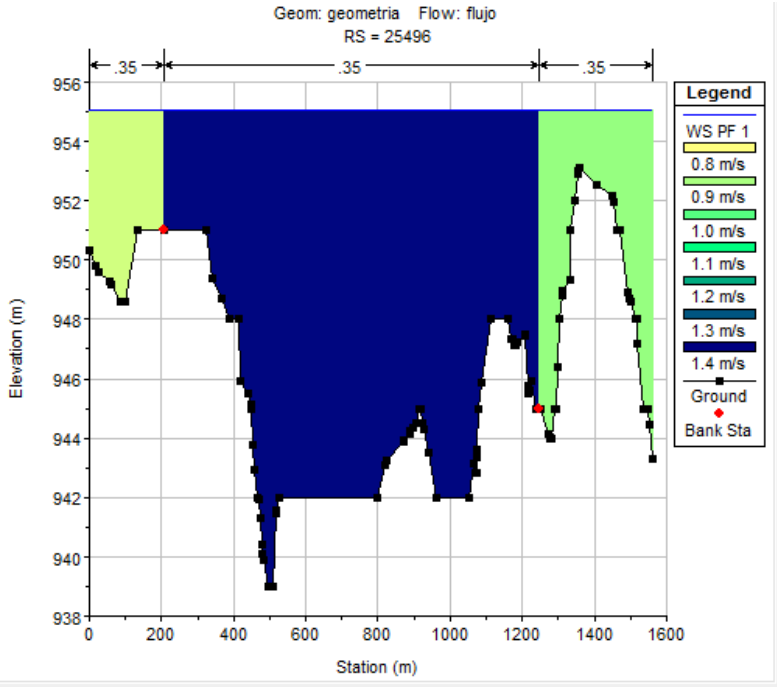
ANEXO 3. FLUJO DE AGUA DE LAS 55 SECCIONES

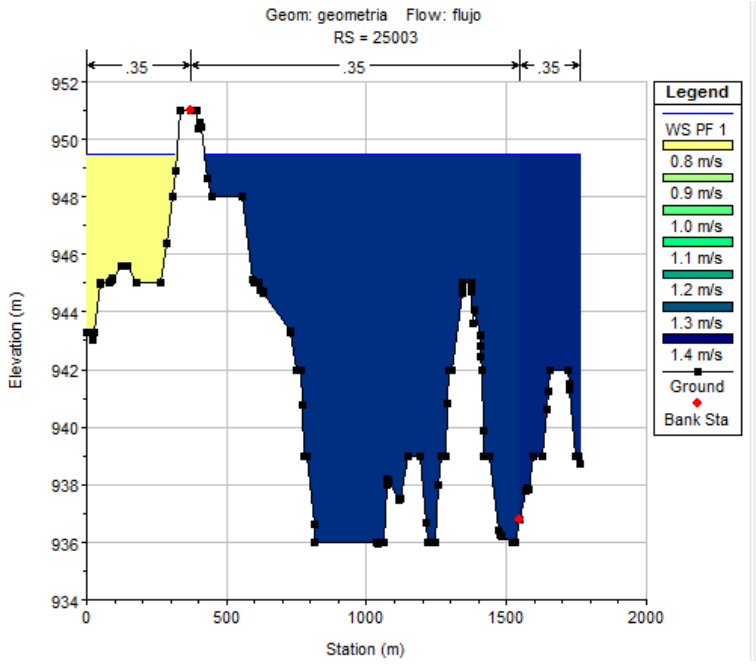

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 27500
.35
.35
.35
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS PF 1
Crit PF 1
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta

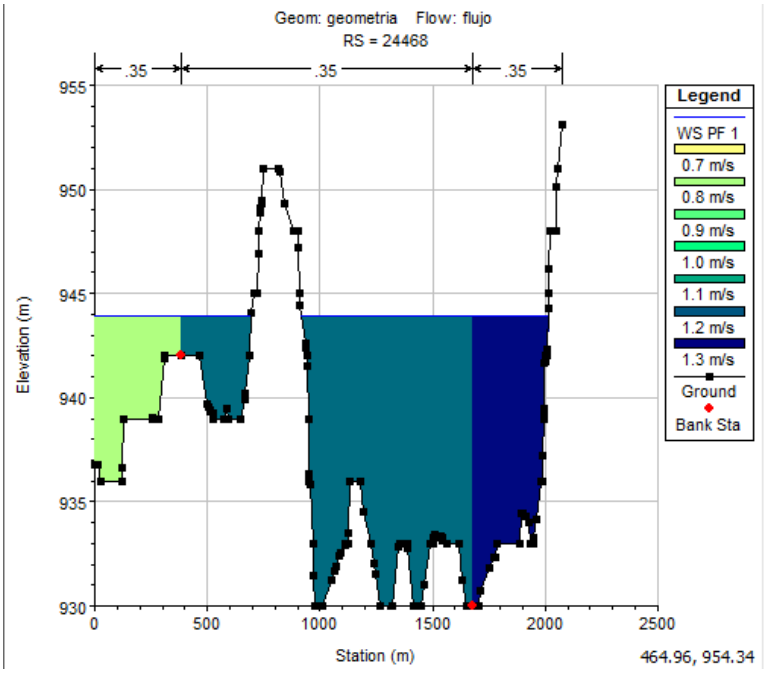

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 27000
.35
.35
.35
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
1.5 m/s
Ground
Bank Sta

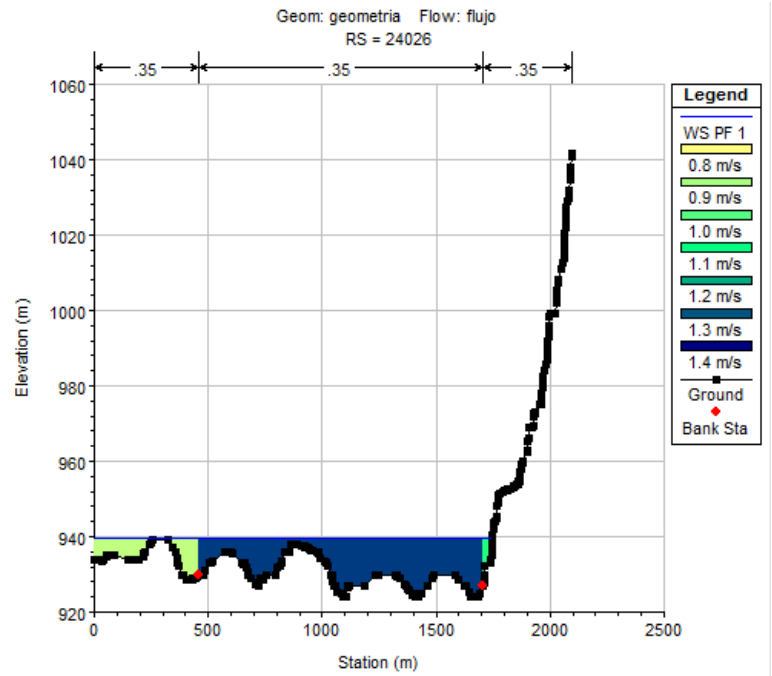

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 26500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
968
966
964
962
960
958
956
954
952
950
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

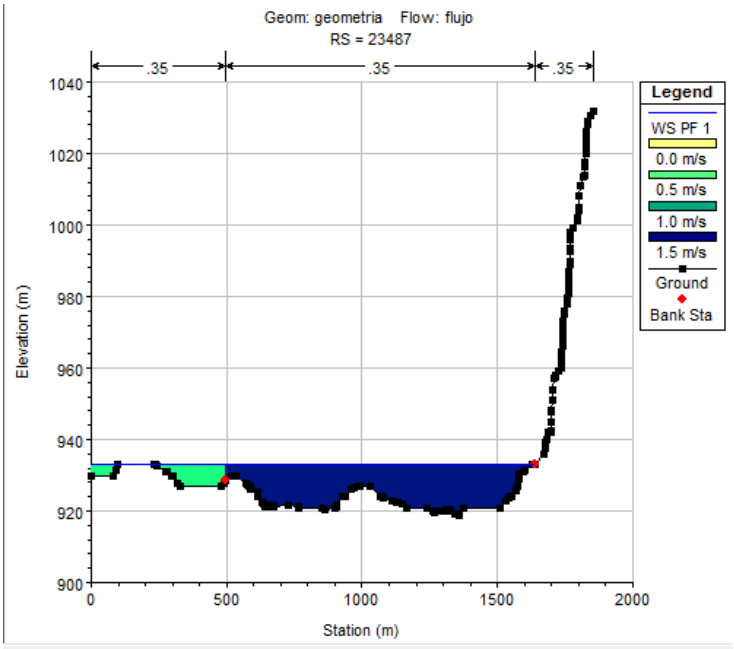

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 26000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
2.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
965
960
955
950
945
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

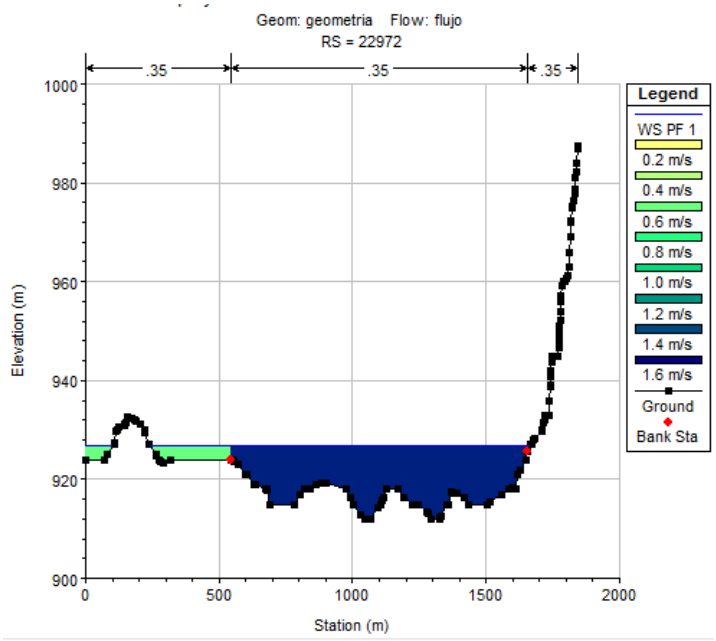

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 25496
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
956
954
952
950
948
946
944
942
940
938
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600

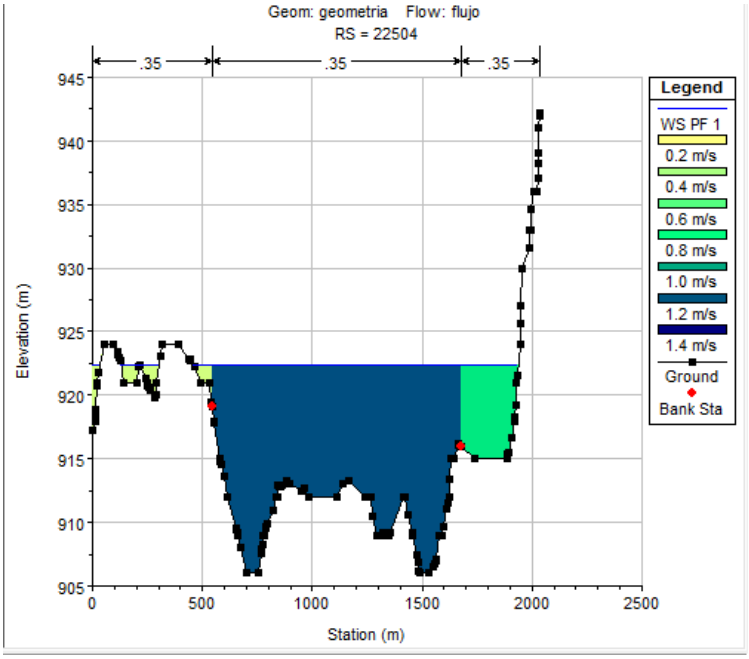

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 25003
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
952
950
948
946
944
942
940
938
936
934
0
500
1000
1500
2000

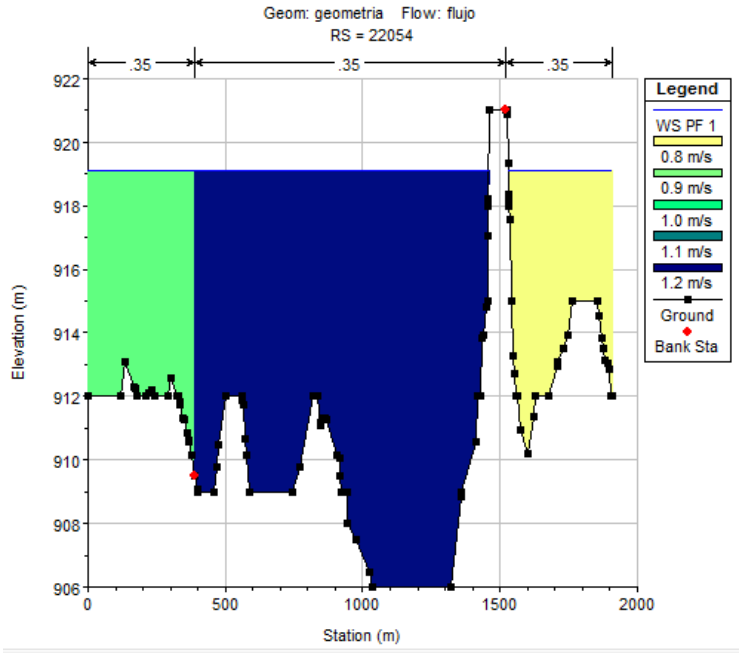

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 24468
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
955
950
945
940
935
930
0
500
1000
1500
2000
2500
Station (m)
464.96, 954.34

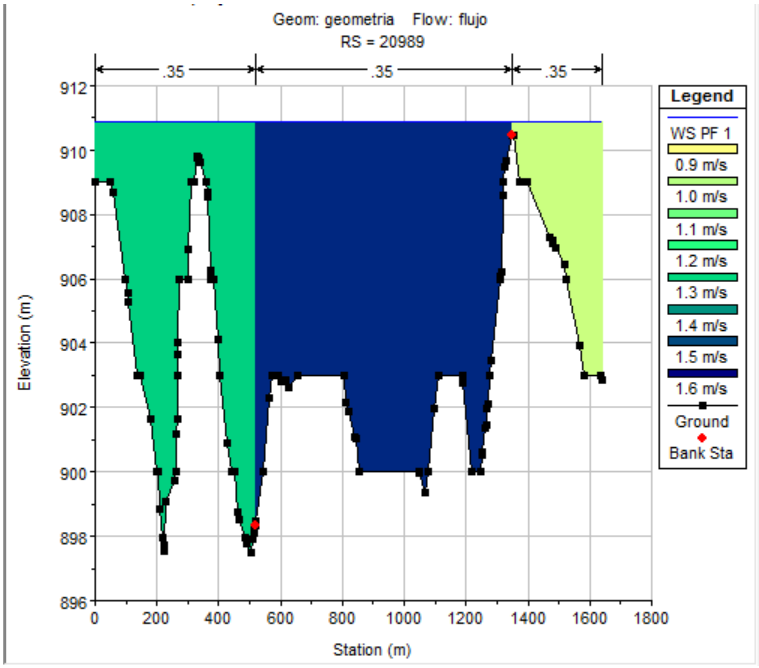

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 24026
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1060
1040
1020
1000
980
960
940
920
0
500
1000
1500
2000
2500
Station (m)

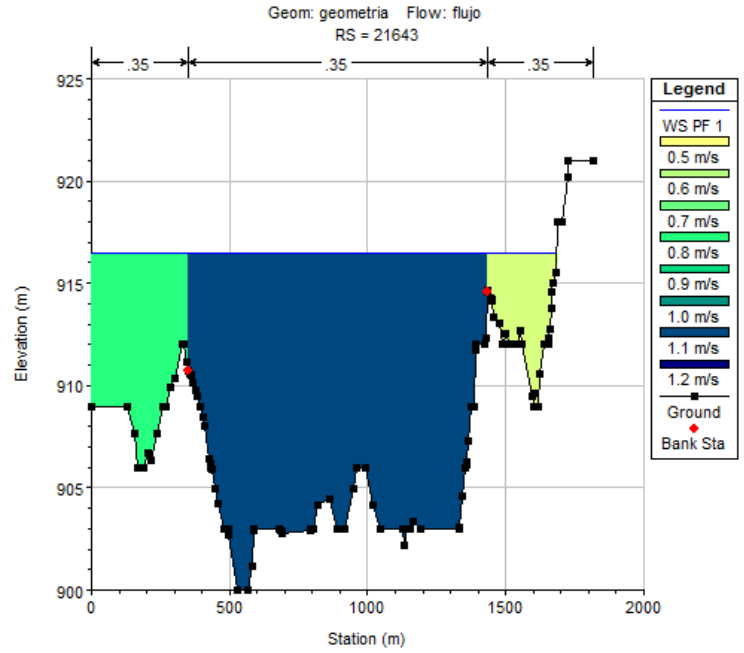

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 23487
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.0 m/s
0.5 m/s
1.0 m/s
1.5 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1040
1020
1000
980
960
940
920
900
0
500
1000
1500
2000
Station (m)

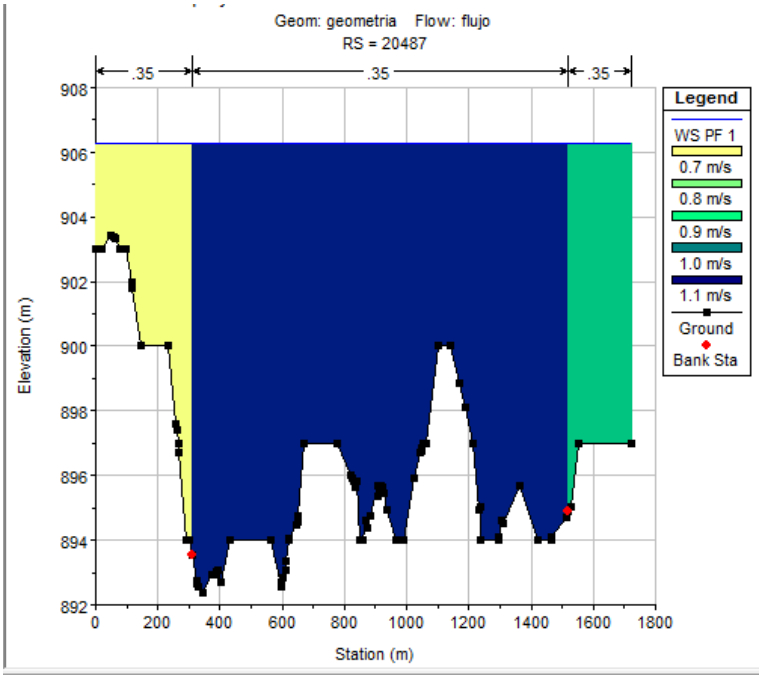

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 22972
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
1000
980
960
940
920
900
0
500
1000
1500
2000
Station (m)

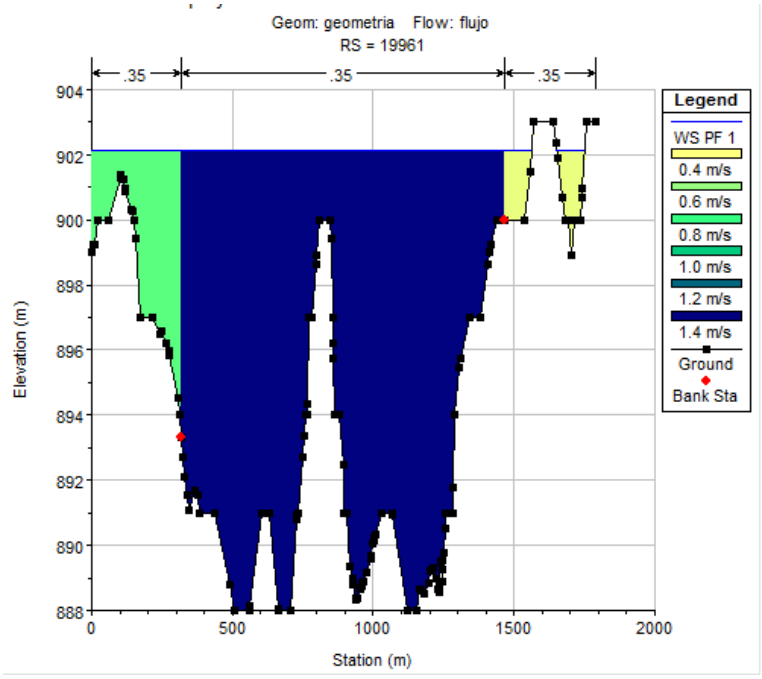

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 22504
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
945
940
935
930
925
920
915
910
905
0
500
1000
1500
2000
2500

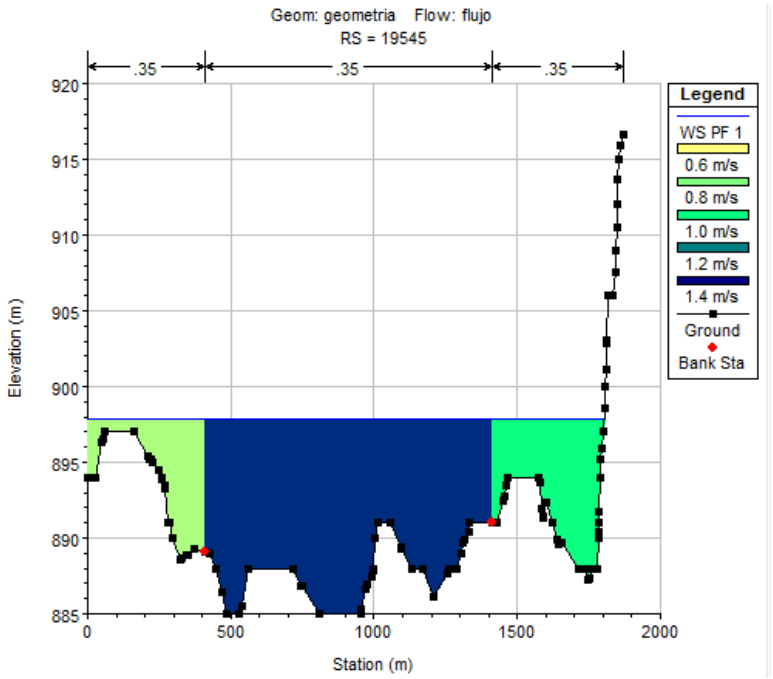

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 22054
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
922
920
918
916
914
912
910
908
906
0
500
1000
1500
2000

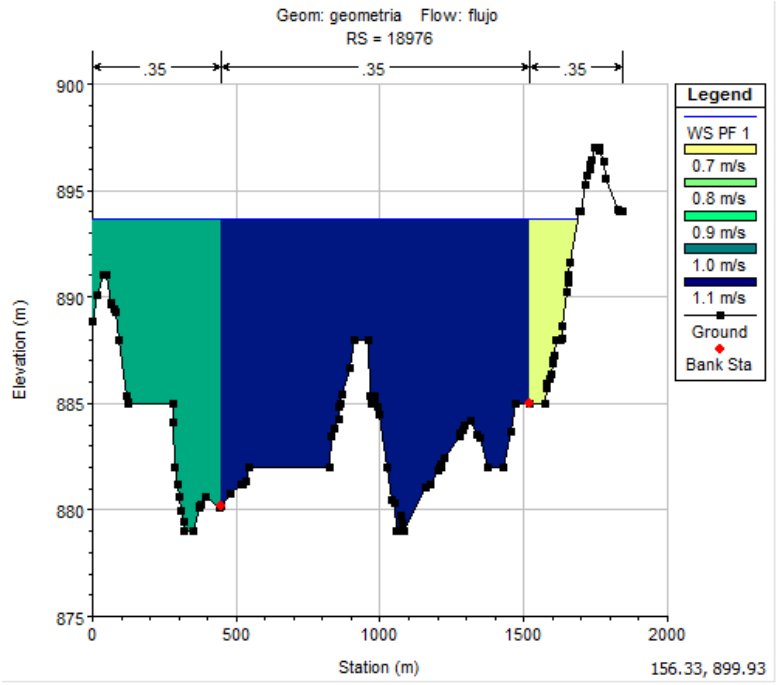

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 20989
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
1.5 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
912
910
908
906
904
902
900
898
896
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

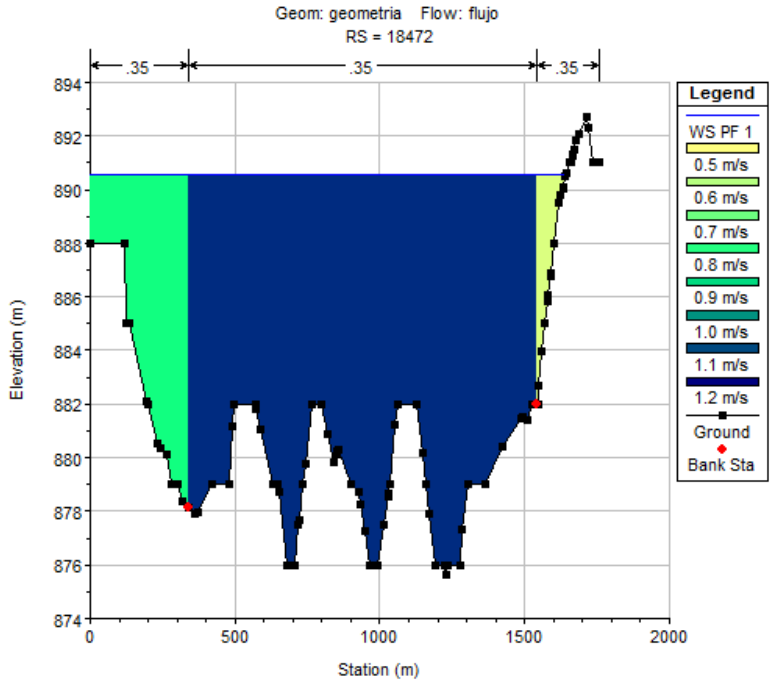

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 21643
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.5 m/s
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
925
920
915
910
905
900
0
500
1000
1500
2000

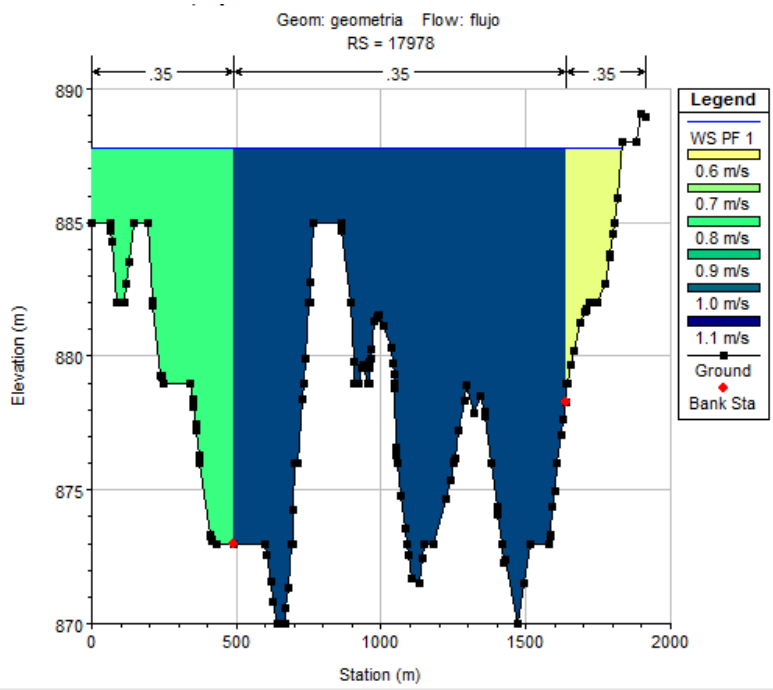

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 20487
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
908
906
904
902
900
898
896
894
892
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

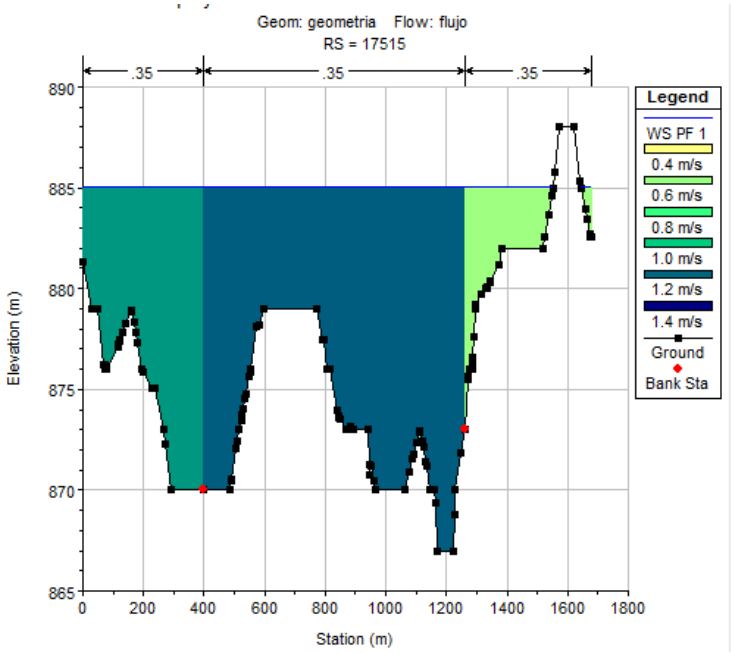

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 19961
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
904
902
900
898
896
894
892
890
888
0
500
1000
1500
2000

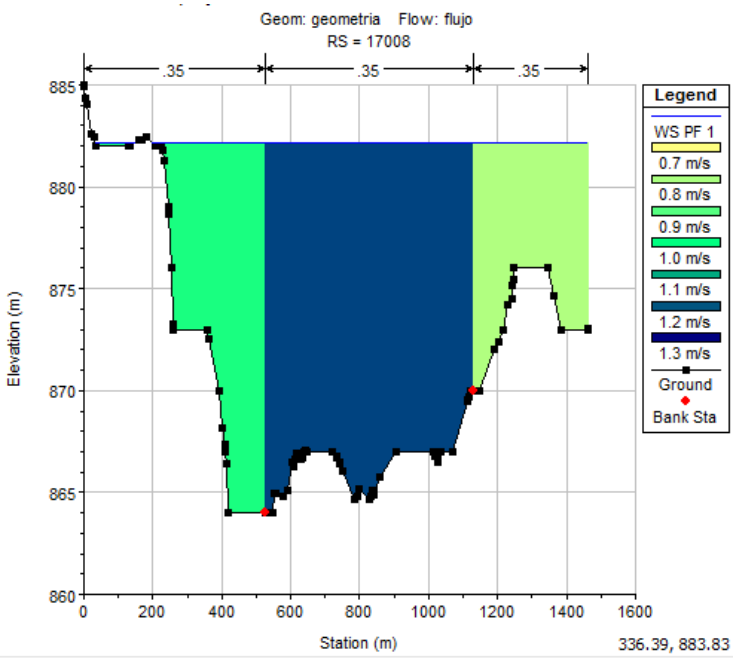

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 19545
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
920
915
910
905
900
895
890
885
0
500
1000
1500
2000

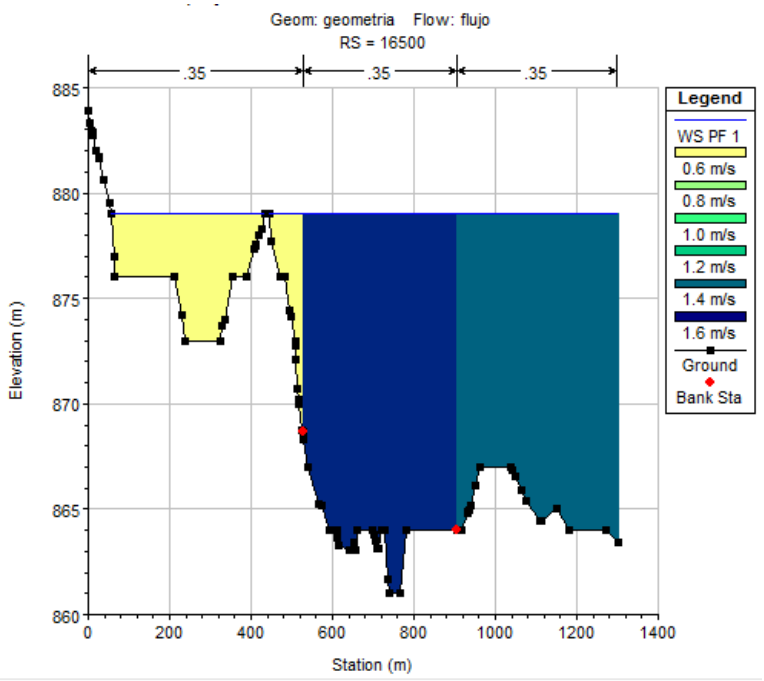

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 18976
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
900
895
890
885
880
875
0
500
1000
1500
2000
156.33, 899.93

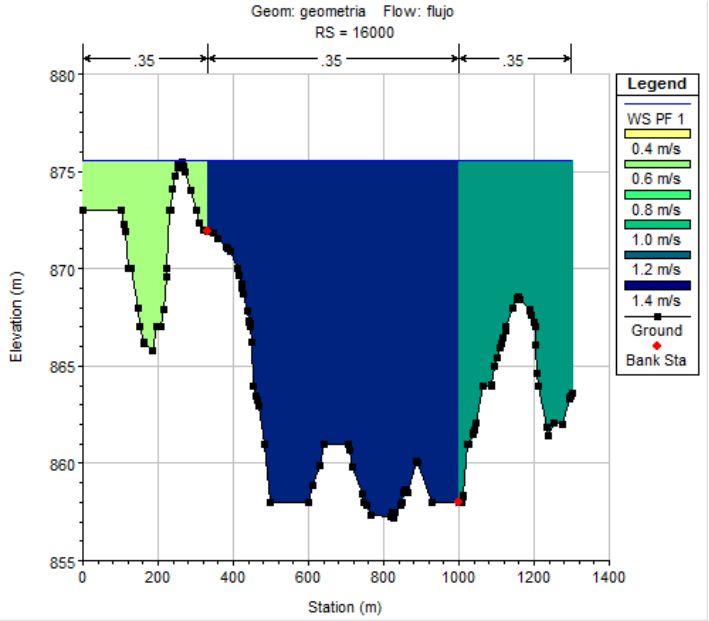

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 18472
.35
.35
.35
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.5 m/s
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta

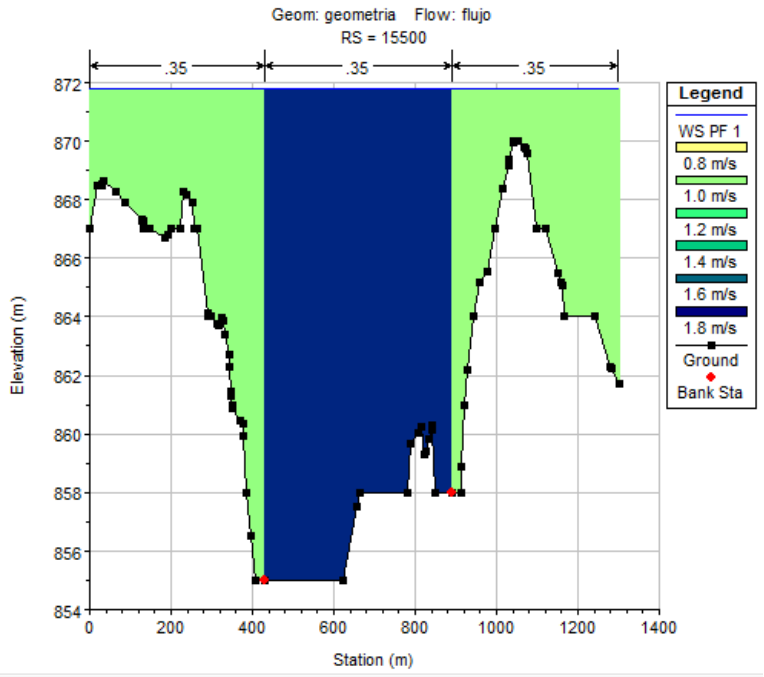

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 17978
.35
.35
.35
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta

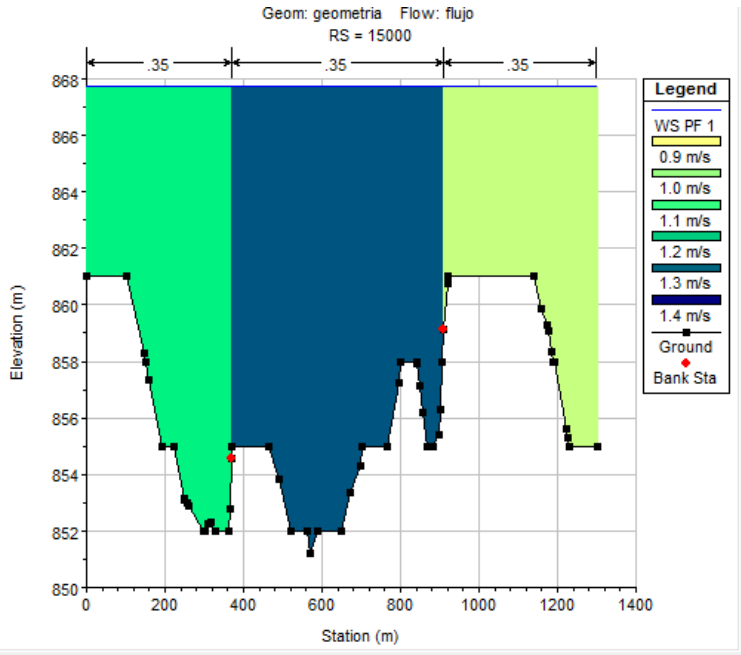

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 17515
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
890
885
880
875
870
865
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

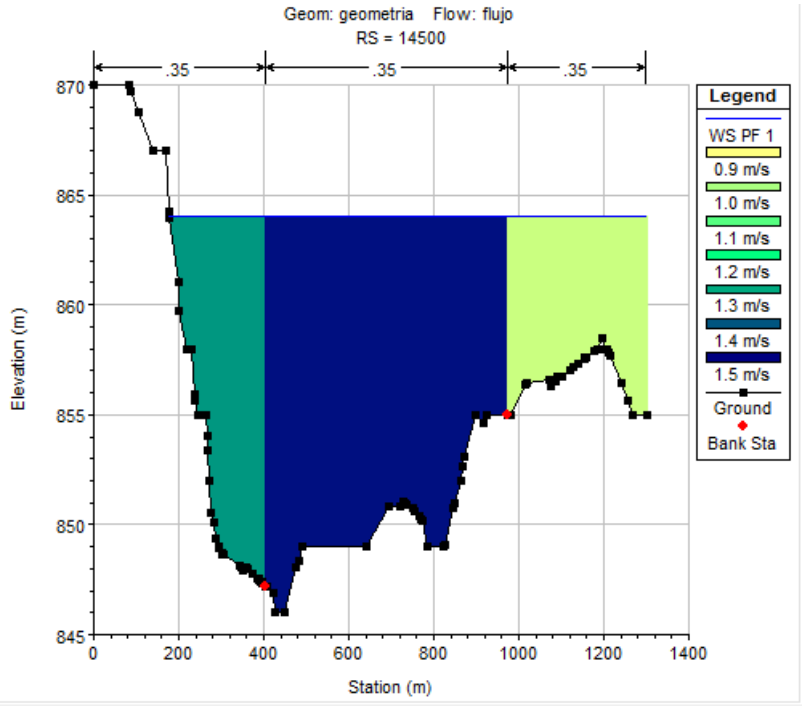

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 17008
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
885
880
875
870
865
860
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
336.39, 883.83

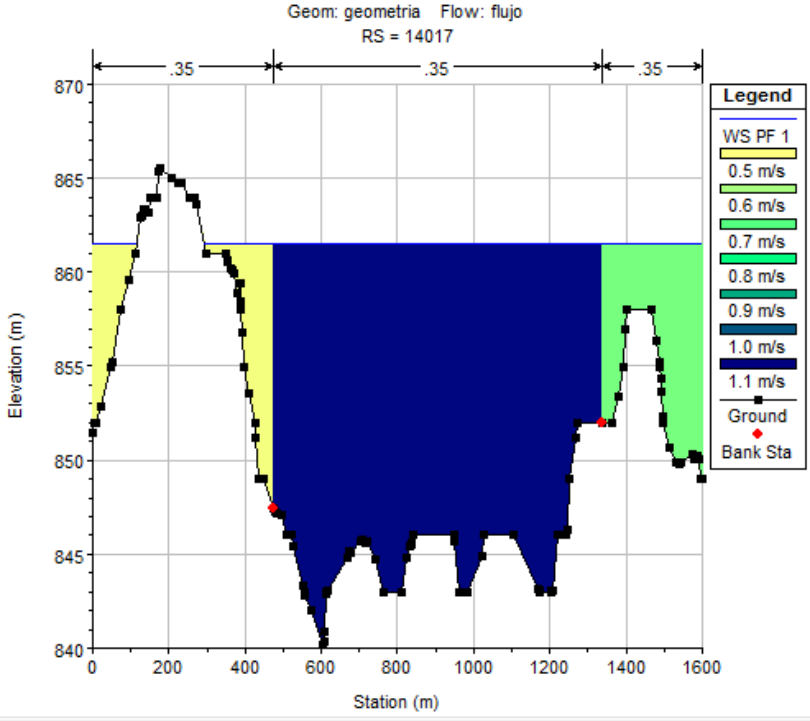

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 16500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
885
880
875
870
865
860
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

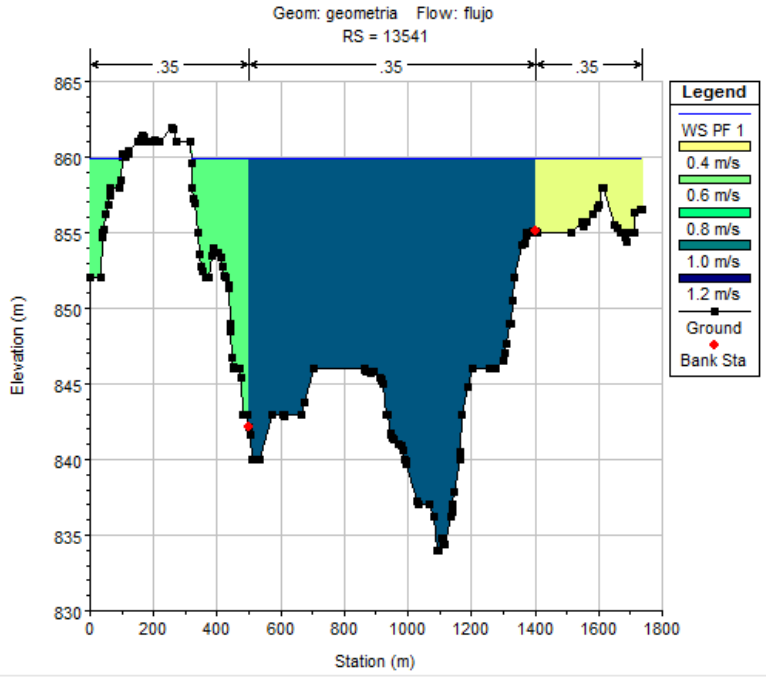

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 16000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
880
875
870
865
860
855
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

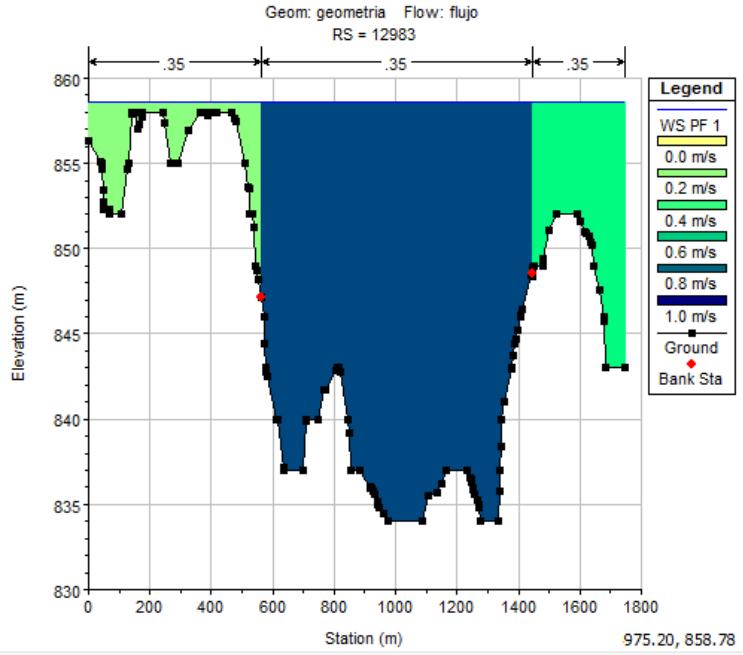

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 15500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
872
870
868
866
864
862
860
858
856
854
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

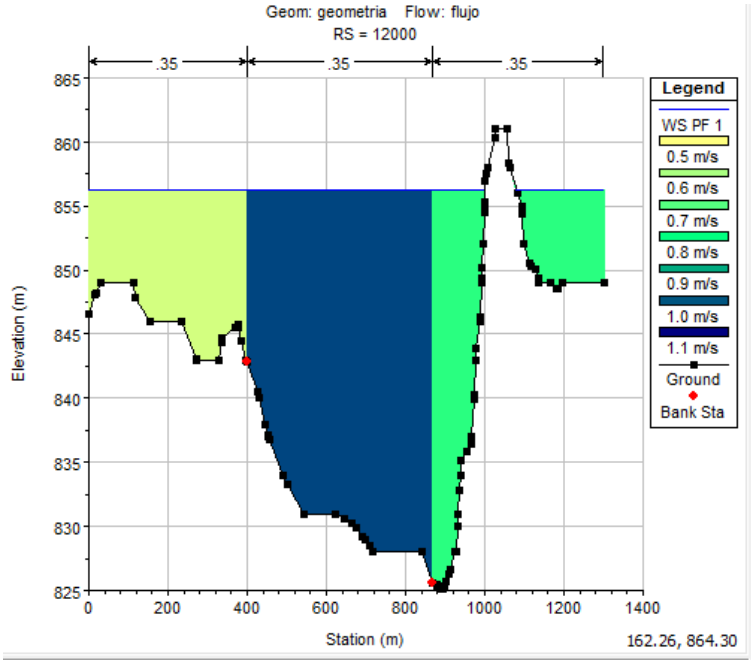

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 15000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
868
866
864
862
860
858
856
854
852
850
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

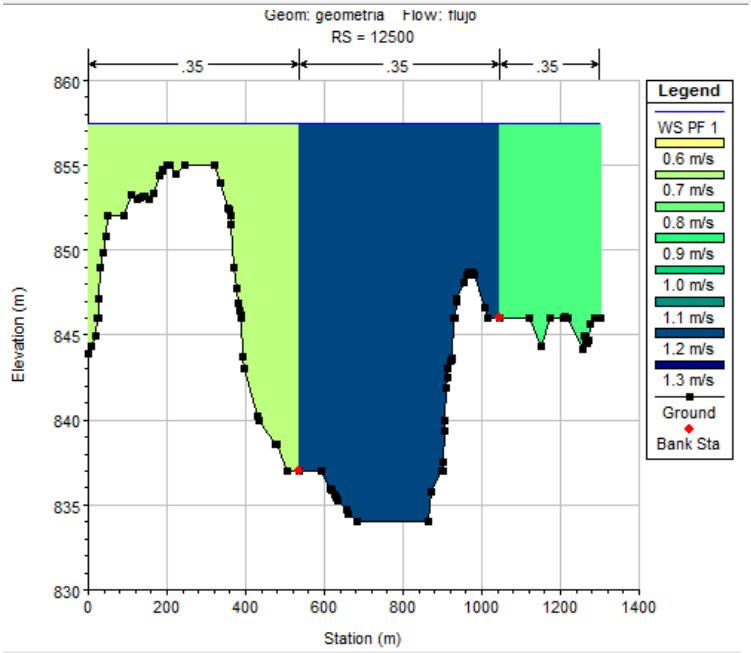

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 14500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
1.5 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
870
865
860
855
850
845
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

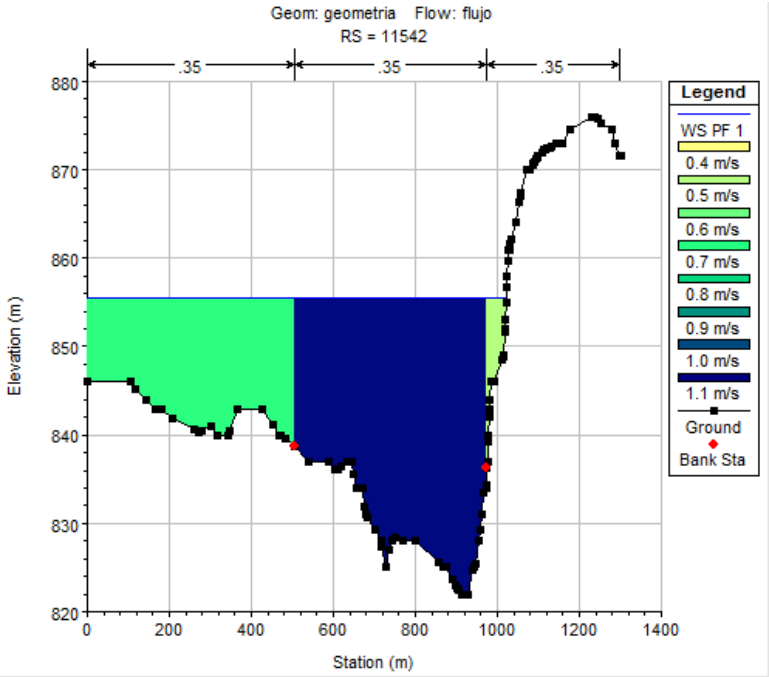

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 14017
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.5 m/s
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
870
865
860
855
850
845
840
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600

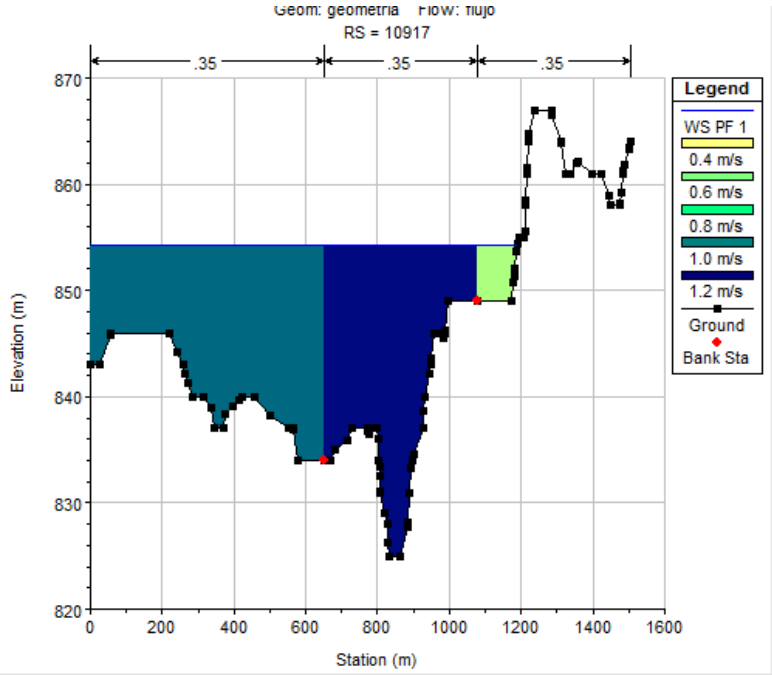

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 13541
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
865
860
855
850
845
840
835
830
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

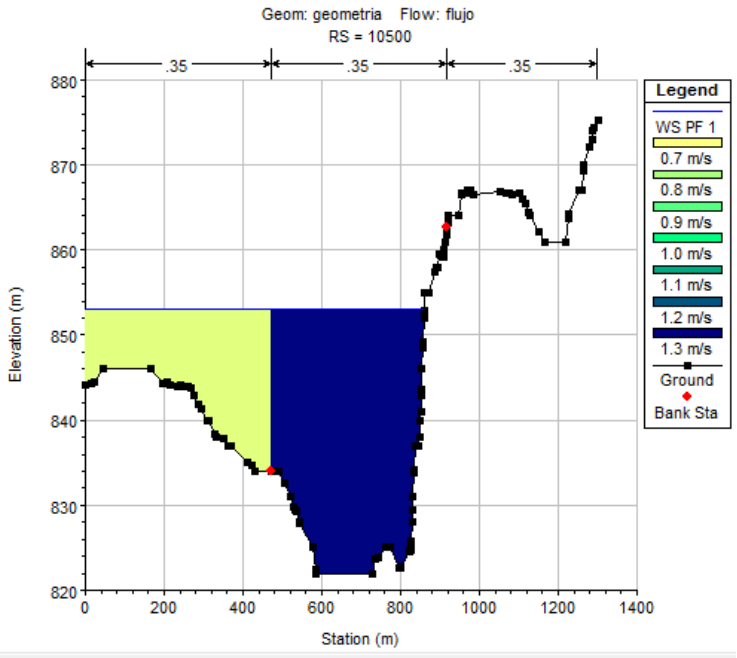

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 12983
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
975.20, 858.78
860
855
850
845
840
835
830
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

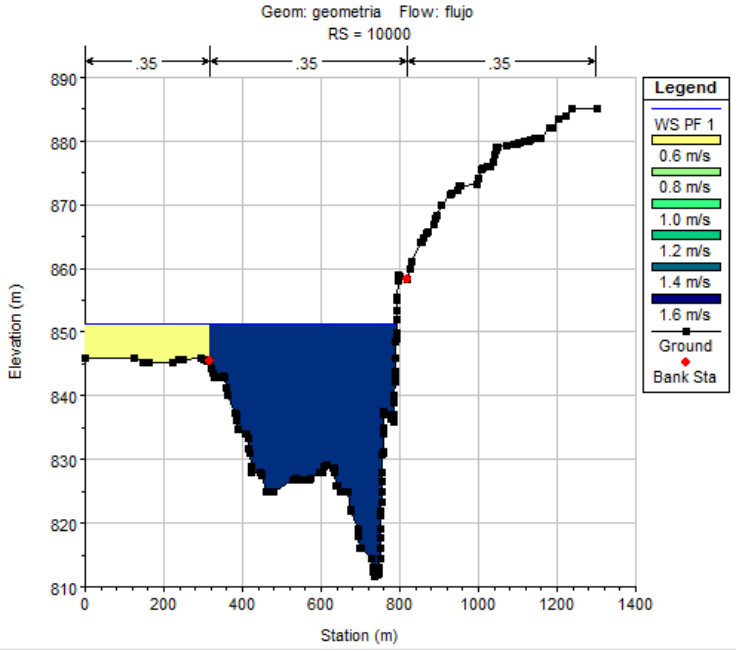

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 12000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.5 m/s
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
162.26, 864.30

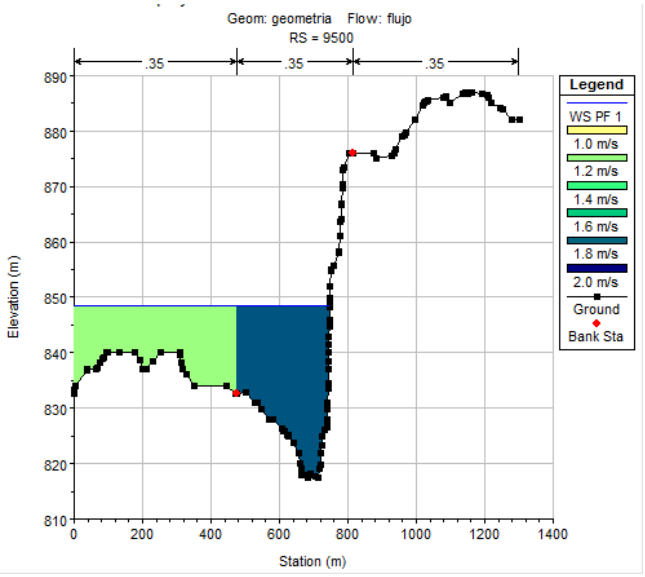

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 12500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

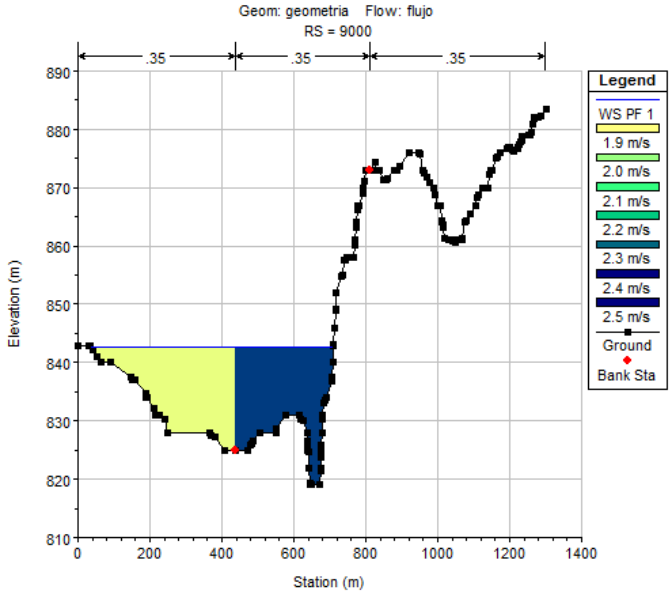

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 11542
.35
.35
.35
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.5 m/s
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta

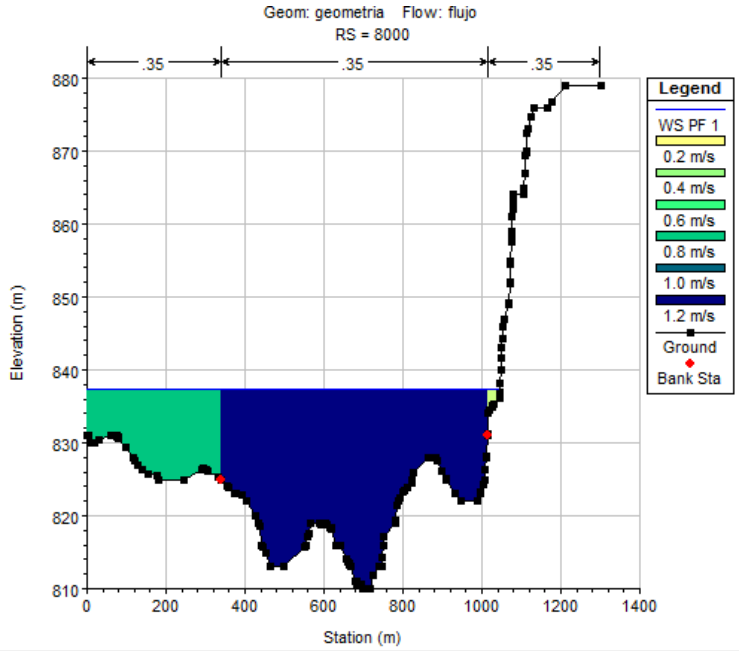

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 10917
.35
.35
.35
Elevation (m)
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta

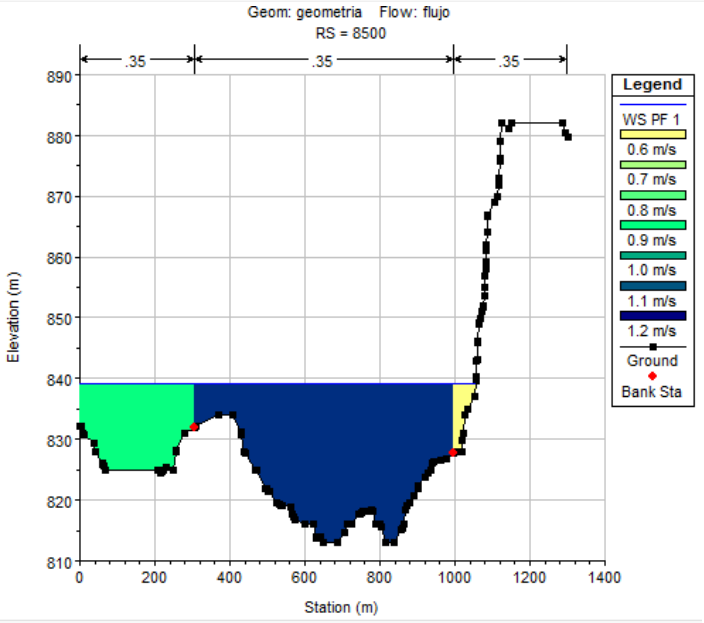

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 10500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

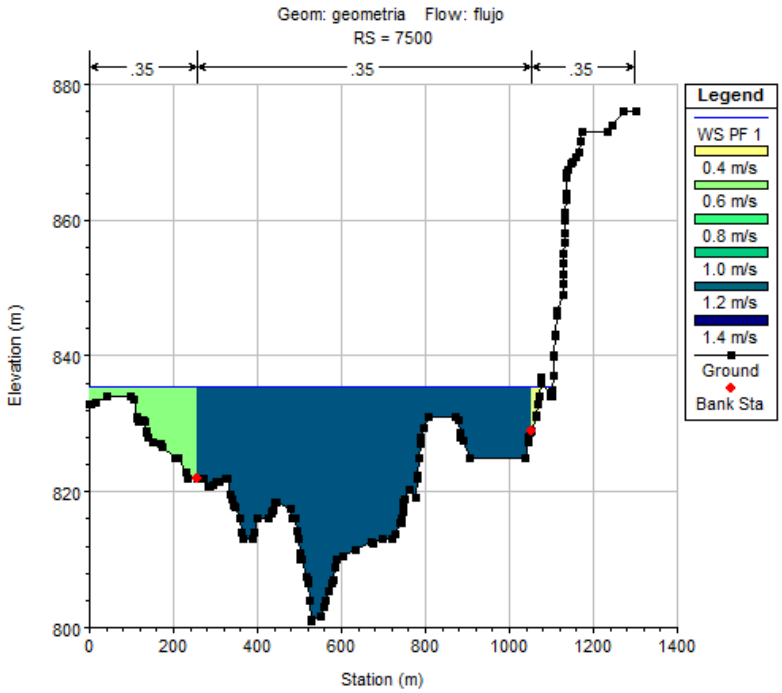

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 10000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)

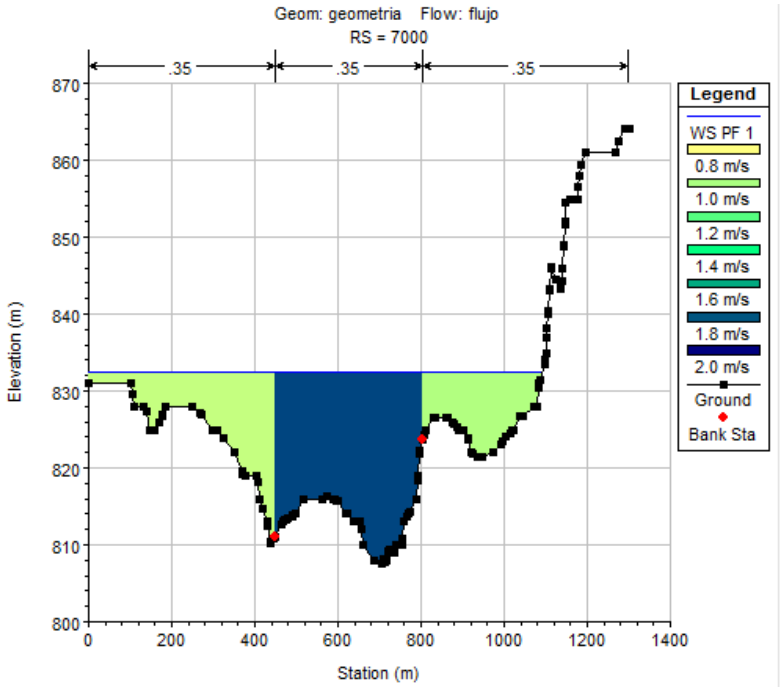

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 9500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
2.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
890
880
870
860
850
840
830
820
810
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

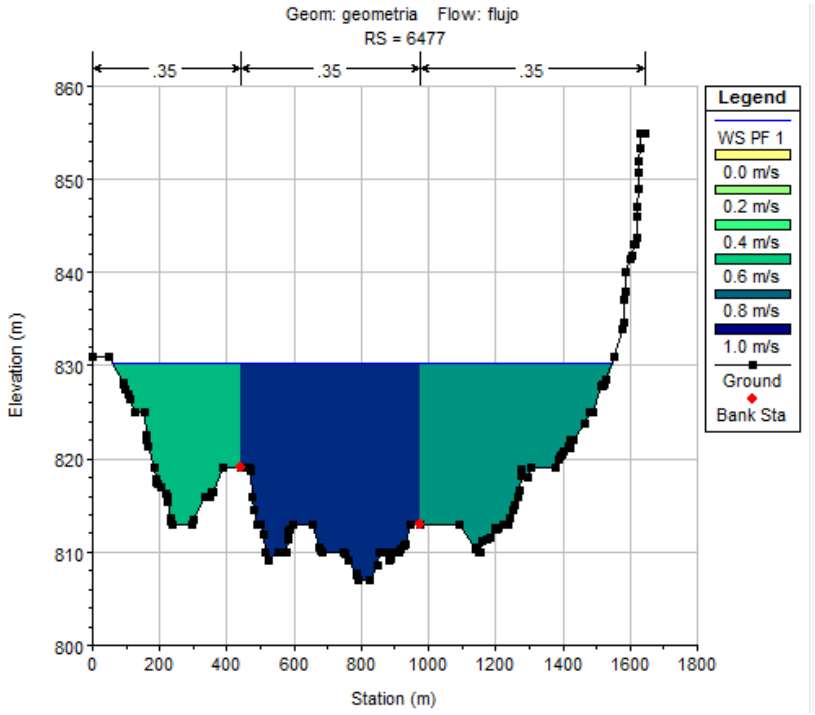

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 9000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
1.9 m/s
2.0 m/s
2.1 m/s
2.2 m/s
2.3 m/s
2.4 m/s
2.5 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
890
880
870
860
850
840
830
820
810
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

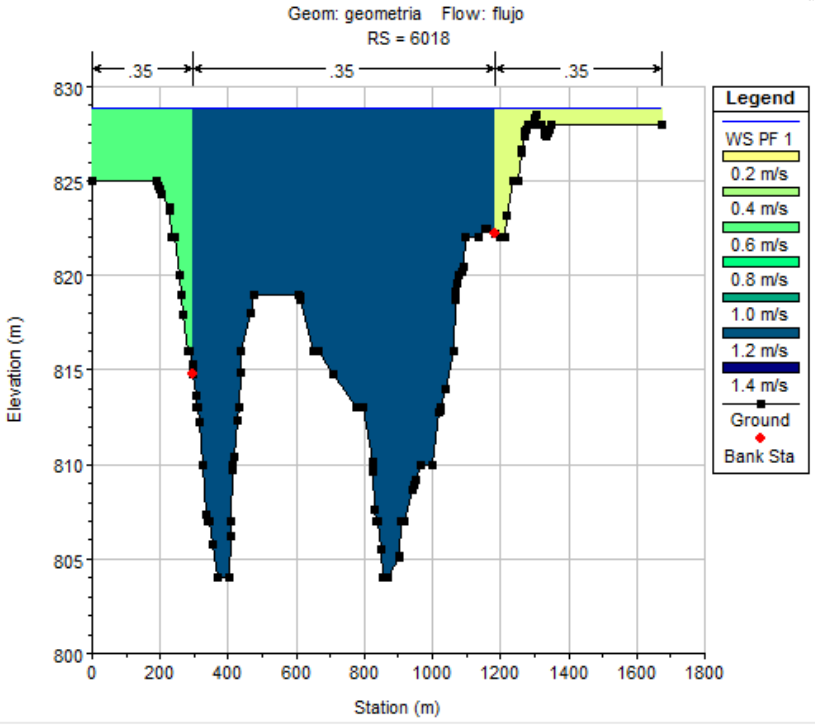

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 8000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
880
870
860
850
840
830
820
810
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

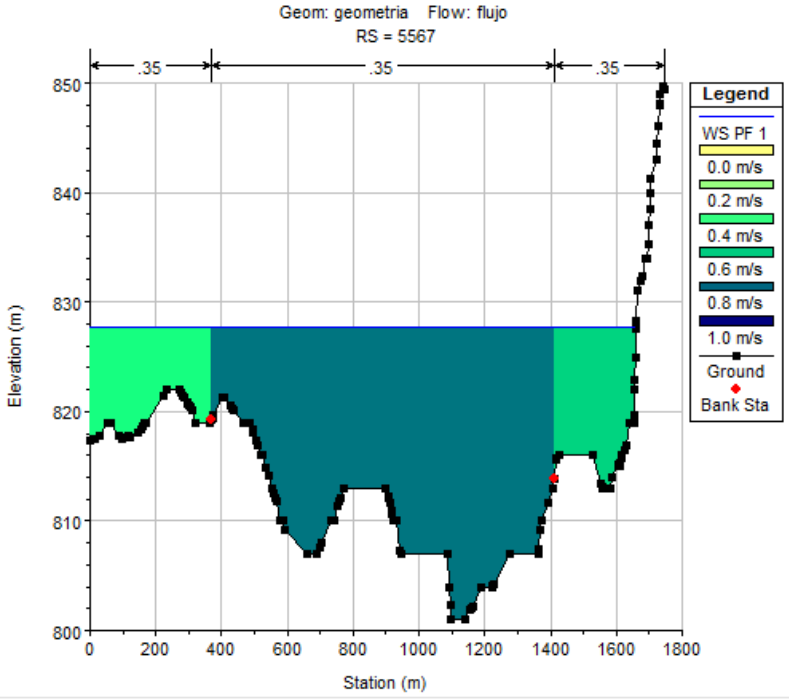

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 8500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
890
880
870
860
850
840
830
820
810
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

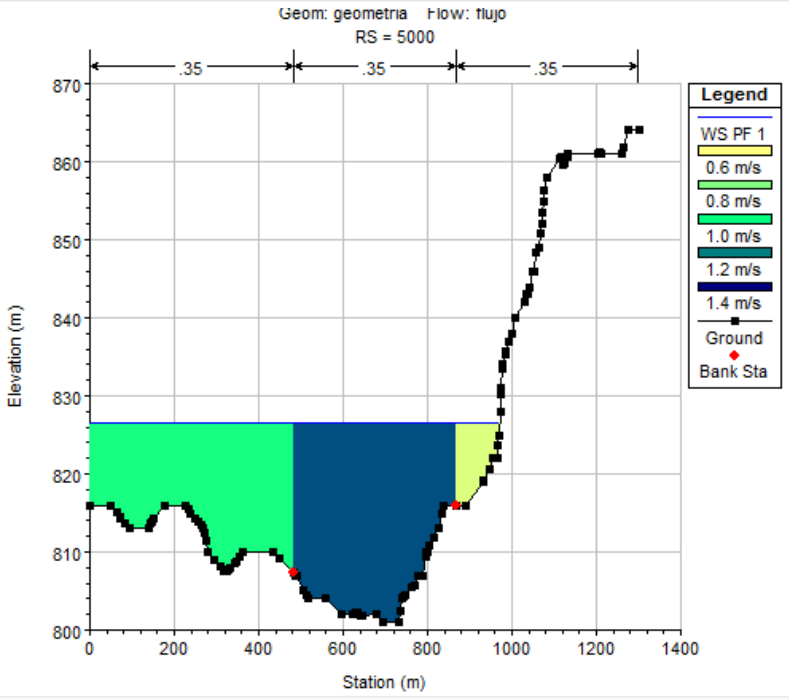

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 7500
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
880
860
840
820
800
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

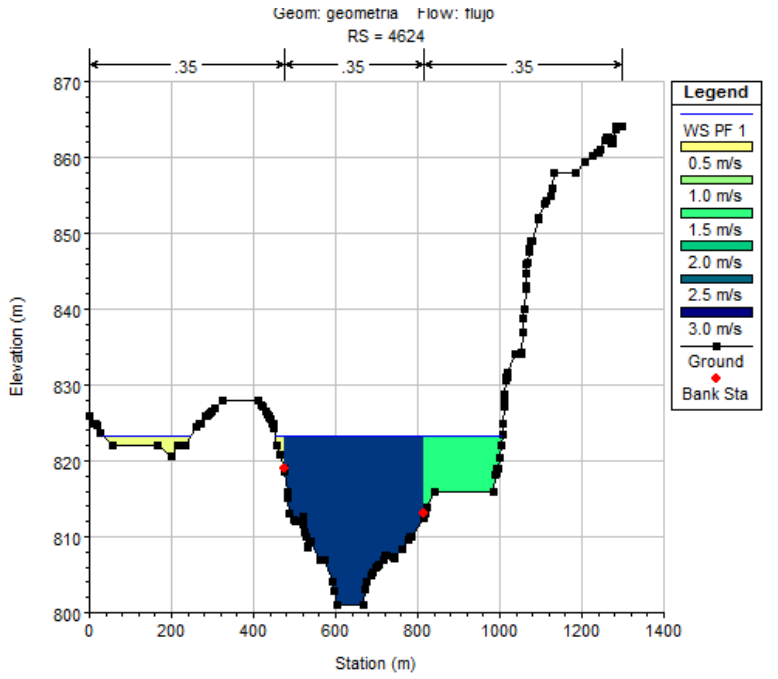

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 7000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
1.8 m/s
2.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
870
860
850
840
830
820
810
800
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

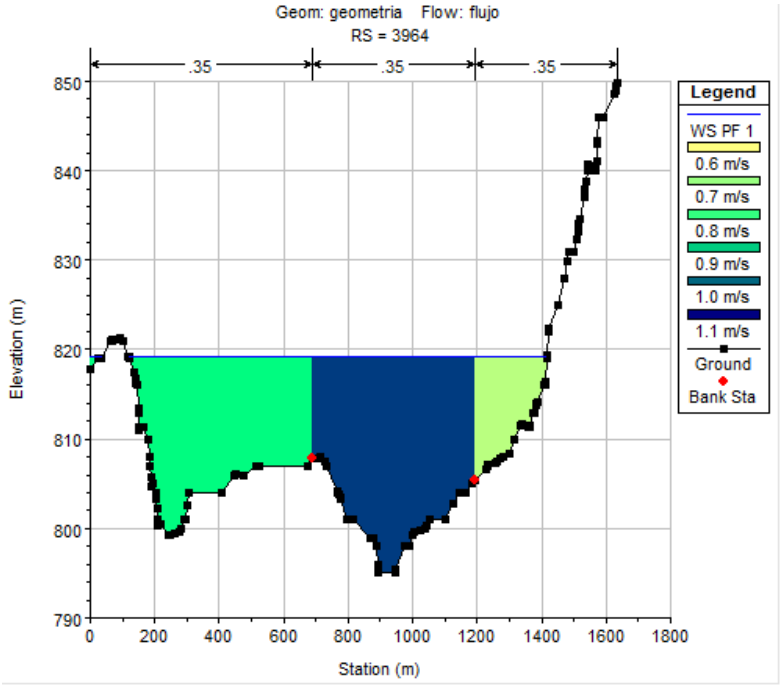

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 6477
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
860
850
840
830
820
810
800
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

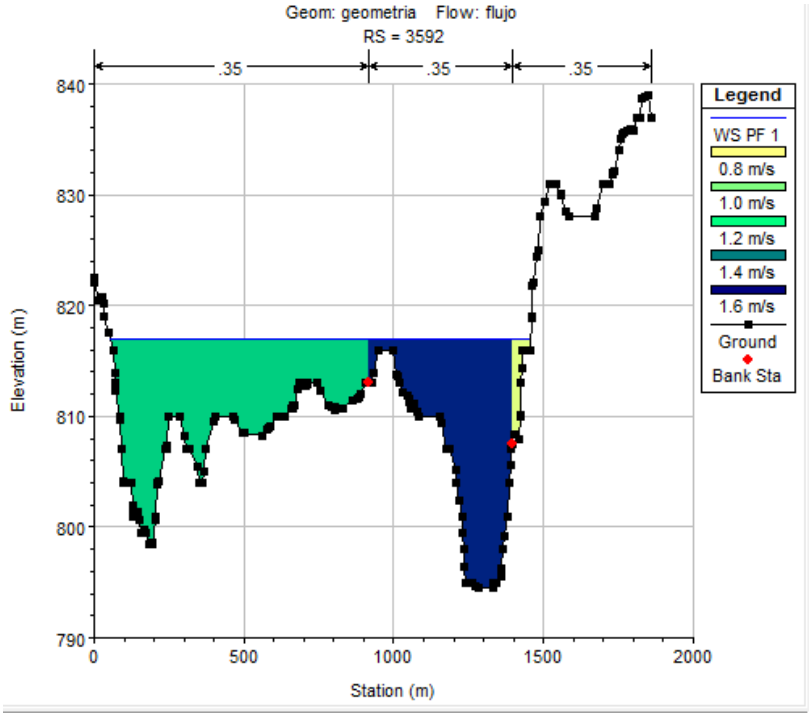

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 6018
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
830
825
820
815
810
805
800
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

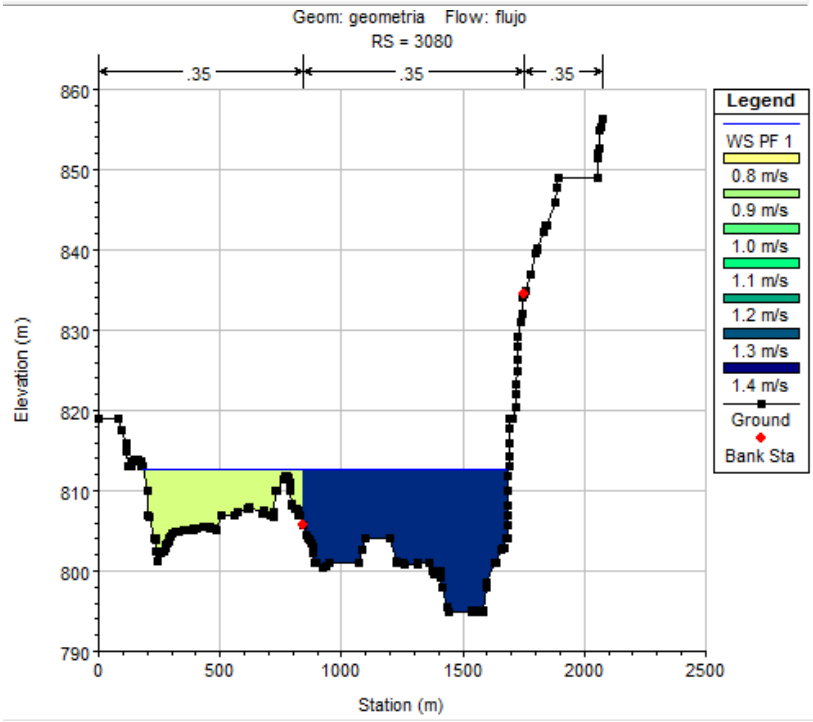

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 5567
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
800
810
820
830
840
850
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

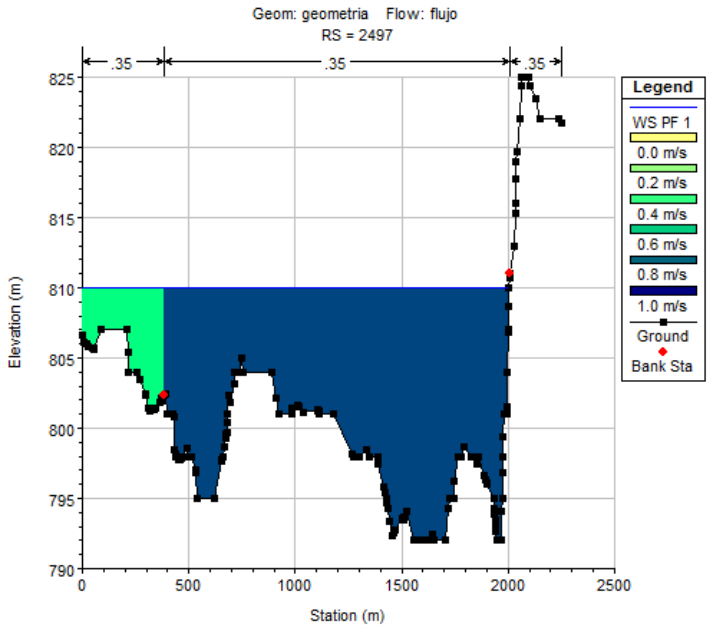

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 5000
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
800
810
820
830
840
850
860
870
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

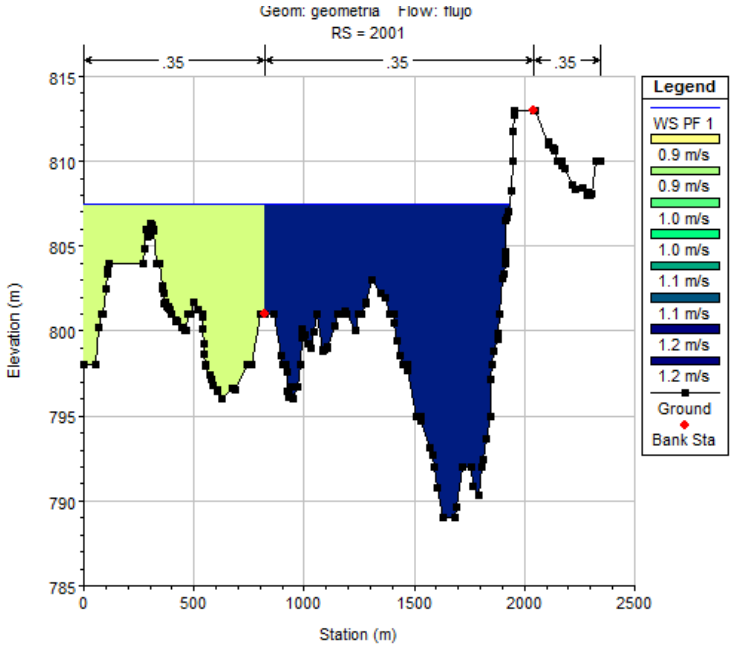

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 4624
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.5 m/s
1.0 m/s
1.5 m/s
2.0 m/s
2.5 m/s
3.0 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
870
860
850
840
830
820
810
800
0
200
400
600
800
1000
1200
1400

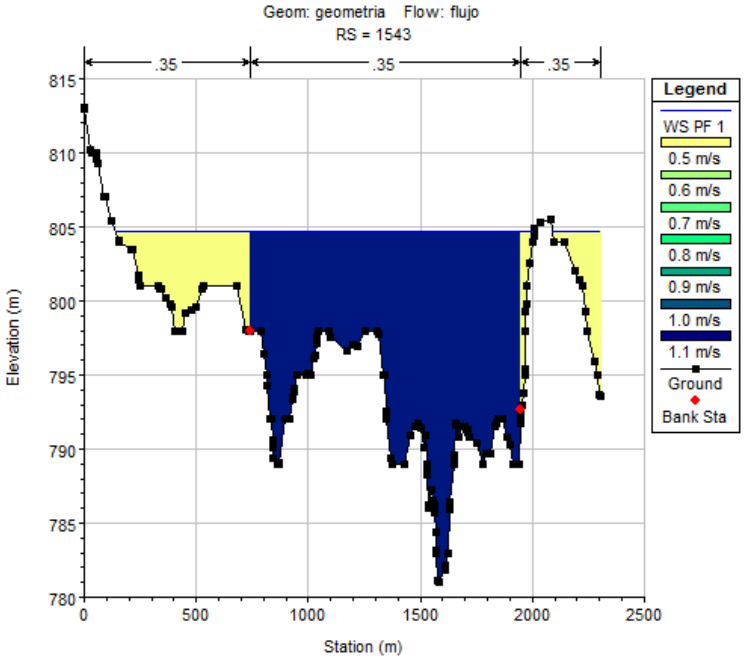

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 3964
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
850
840
830
820
810
800
790
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
1800

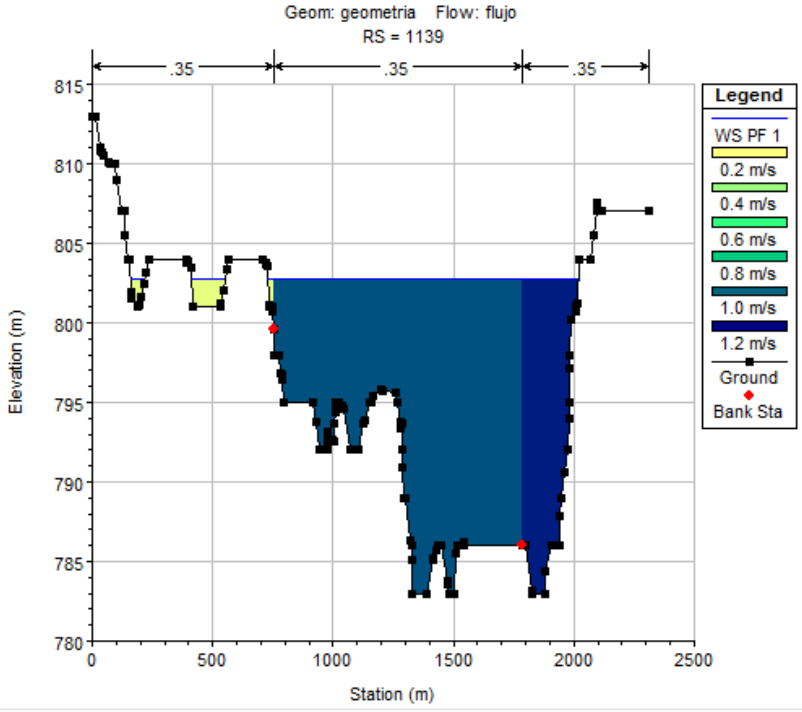

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 3592
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
1.4 m/s
1.6 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
840
830
820
810
800
790
0
500
1000
1500
2000
Station (m)

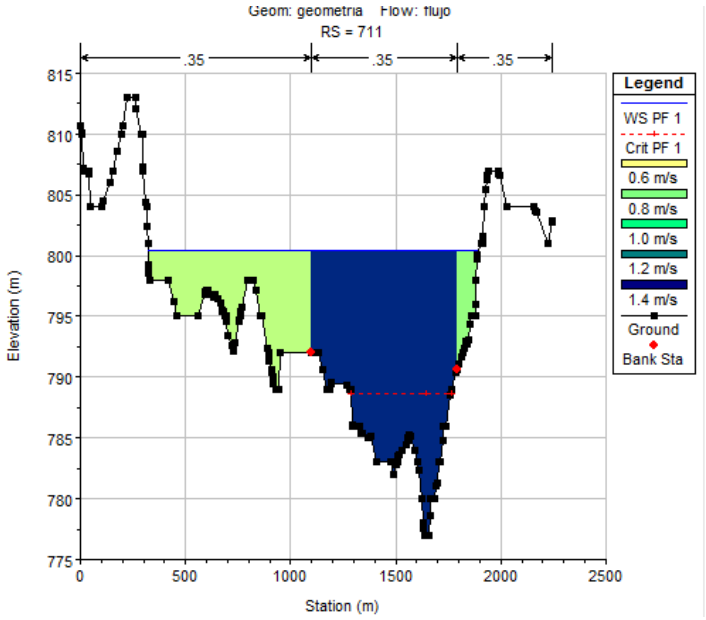

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 3080
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.3 m/s
1.4 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
860
850
840
830
820
810
800
790
0
500
1000
1500
2000
2500
Station (m)


Geom: geometria Flow: flujo
RS = 2497
.35
.35
.35
825
820
815
810
805
800
795
790
Elevation (m)
0
500
1000
1500
2000
2500
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.0 m/s
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
Ground
Bank Sta

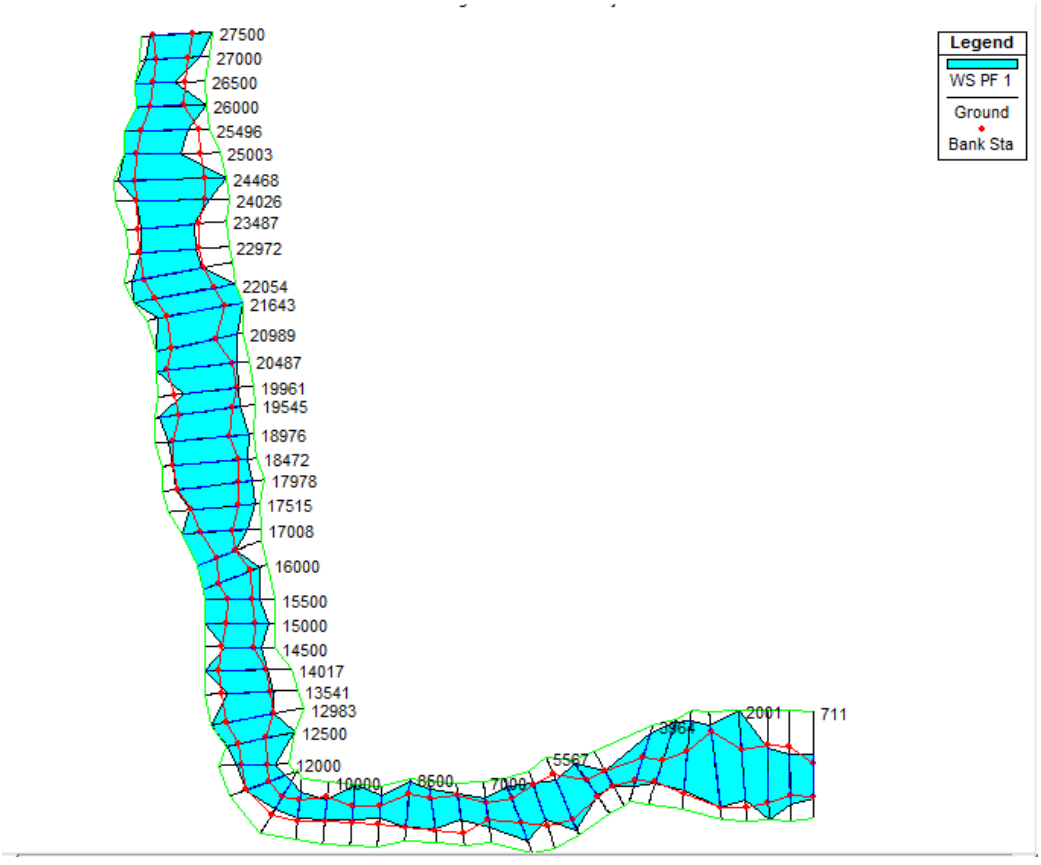

Geom: geometria Flow: flujo
RS = 2001
.35
.35
.35
815
810
805
800
795
790
785
Elevation (m)
0
500
1000
1500
2000
2500
Station (m)
Legend
WS PF 1
0.9 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
1.1 m/s
1.2 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta


Geom: geometria Flow: flujo
RS = 1543
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.5 m/s
0.6 m/s
0.7 m/s
0.8 m/s
0.9 m/s
1.0 m/s
1.1 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
815
810
805
800
795
790
785
780
0
500
1000
1500
2000
2500


Geom: geometria Flow: flujo
RS = 1139
.35
.35
.35
Legend
WS PF 1
0.2 m/s
0.4 m/s
0.6 m/s
0.8 m/s
1.0 m/s
1.2 m/s
Ground
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)
815
810
805
800
795
790
785
780
0
500
1000
1500
2000
2500



ANEXO 4 MODELO DE INUNDACION EN HEC-RAS



ANEXO 5. CODIGO DE LAS IMÁGENES GEO PROCESADAS EN GOOGLE EARTH ENGINE

```
// Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VV, descending)
var collectionVV = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VV'))
.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
.filterMetadata('resolution_meters', 'equals' , 10)
.filterBounds(roi)
.select('VV');
print(collectionVV, 'Collection VV');
// Load Sentinel-1 C-band SAR Ground Range collection (log scale, VH, descending)
var collectionVH = ee.ImageCollection('COPERNICUS/S1_GRD')
.filter(ee.Filter.eq('instrumentMode', 'IW'))
.filter(ee.Filter.listContains('transmitterReceiverPolarisation', 'VH'))
.filter(ee.Filter.eq('orbitProperties_pass', 'DESCENDING'))
.filterMetadata('resolution_meters', 'equals' , 10)
.filterBounds(roi)
.select('VH');
print(collectionVH, 'Collection VH');
```

```
//Filter by date
var beforeVV = collectionVV.filterDate('2016-01-20', '2016-03-30');
var afterVV = collectionVV.filterDate('2016-06-15', '2016-7-28');
var beforeVH = collectionVH.filterDate('2016-01-20', '2016-03-24');
var afterVH = collectionVH.filterDate('2016-06-15', '2016-7-28');
print(beforeVV, 'Before VV');
print(afterVV, 'After VV');
print(beforeVH, 'Before VH');
print(afterVH, 'After VH');

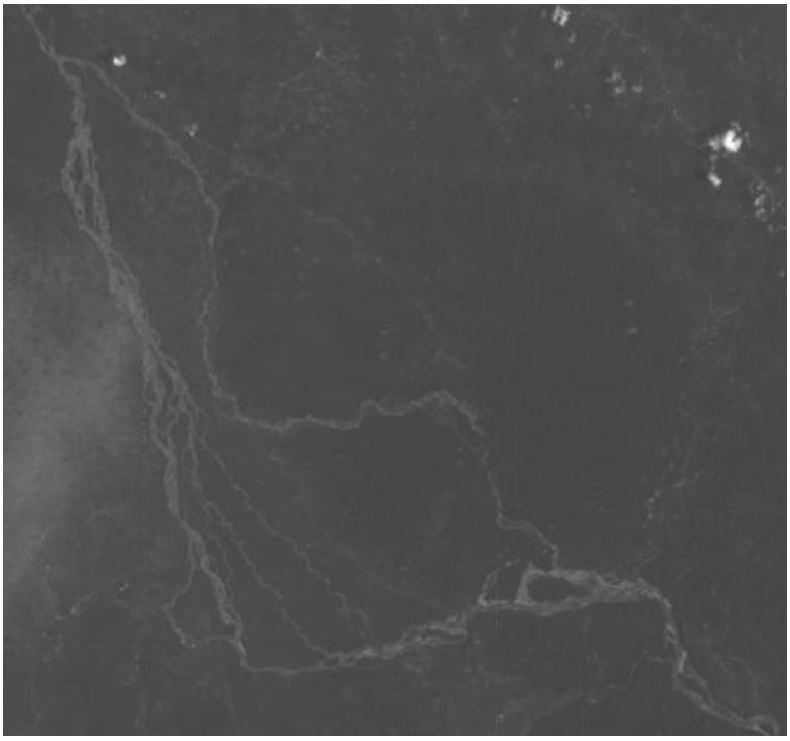
//Filter by date
var beforeVV = collectionVV.filterDate('2016-01-20', '2016-03-30').mosaic();
var afterVV = collectionVV.filterDate('2016-06-15', '2019-7-28').mosaic();
var beforeVH = collectionVH.filterDate('2016-01-15', '2016-03-30').mosaic();
var afterVH = collectionVH.filterDate('2016-06-15', '2019-7-28').mosaic();
// Display map
Map.centerObject(roi, 7);
Map.addLayer(beforeVV, {min:-15,max:0}, 'Before flood VV', 0);
Map.addLayer(afterVV, {min:-15,max:0}, 'After flood VV', 0);
Map.addLayer(beforeVH, {min:-25,max:0}, 'Before flood VH', 0);
Map.addLayer(afterVH, {min:-25,max:0}, 'After flood VH', 0);

Map.addLayer(beforeVH.addBands(afterVH).addBands(beforeVH), {min: -25, max: -8},
'BVH/AVV/AVH composite', 0);
```

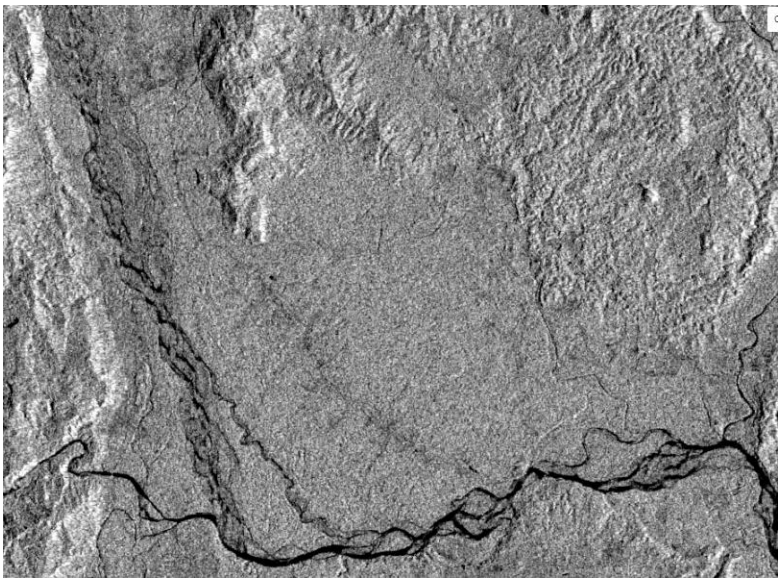
```
//Apply filter to reduce speckle
var SMOOTHING_RADIUS = 50;
var beforeVV_filtered = beforeVV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var beforeVH_filtered = beforeVH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var afterVV_filtered = afterVV.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
var afterVH_filtered = afterVH.focal_mean(SMOOTHING_RADIUS, 'circle', 'meters');
//Display filtered images
Map.addLayer(beforeVV_filtered, {min:-15,max:0}, 'Before Flood VV Filtered',0);
Map.addLayer(beforeVH_filtered, {min:-25,max:0}, 'Before Flood VH Filtered',0);
Map.addLayer(afterVV_filtered, {min:-15,max:0}, 'After Flood VV Filtered',0);
Map.addLayer(afterVH_filtered, {min:-25,max:0}, 'After Flood VH Filtered',0);
```

ANEXO6. IMÁGENES GEOPROCESADAS EN GOOGLE EARTH ENGINE

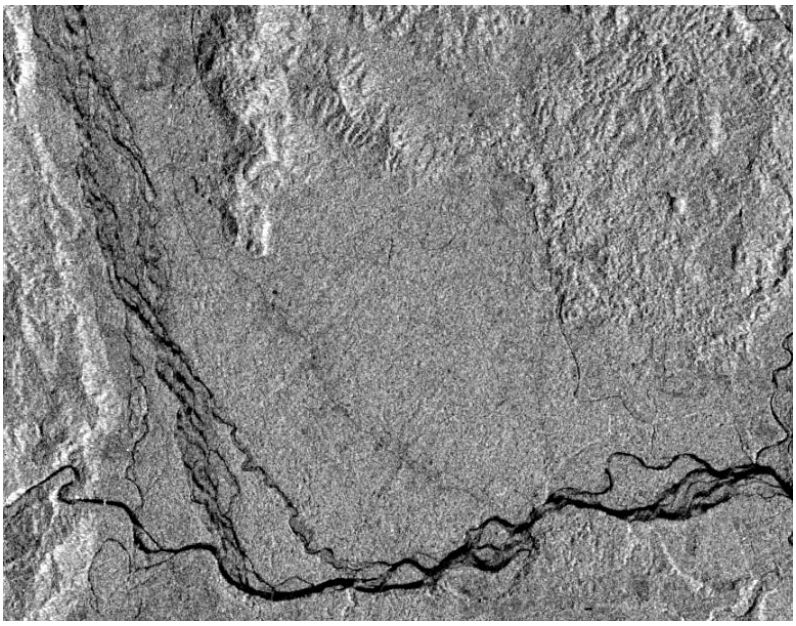
RÍO PASTAZA EN EL AÑO 1988



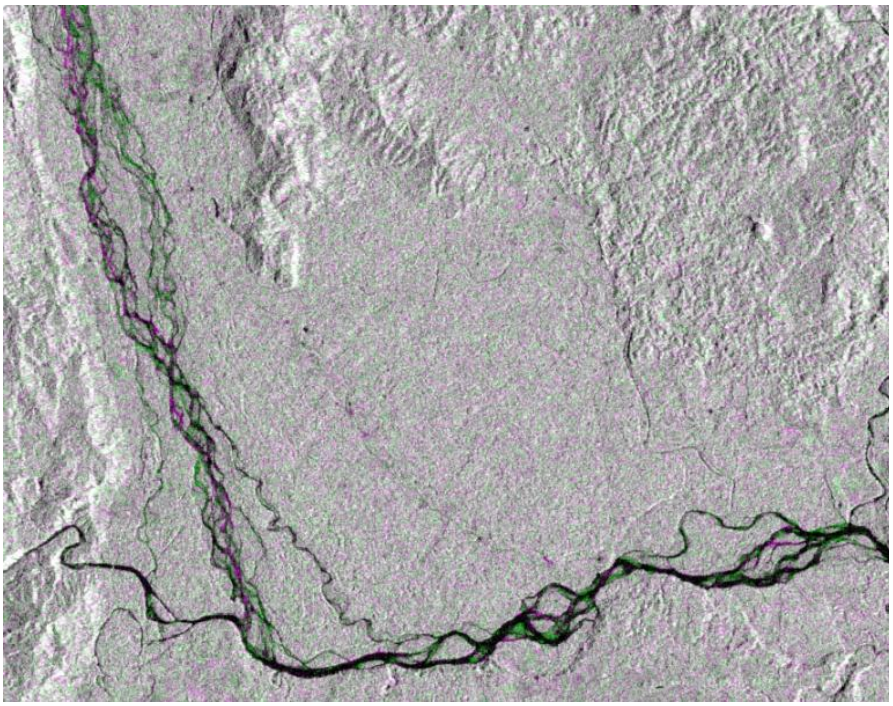
RÍO PASTAZA ANTES DE UNA INUNDACIÓN



RÍO PASTAZA DESPUES DE UNA INUNDACIÓN



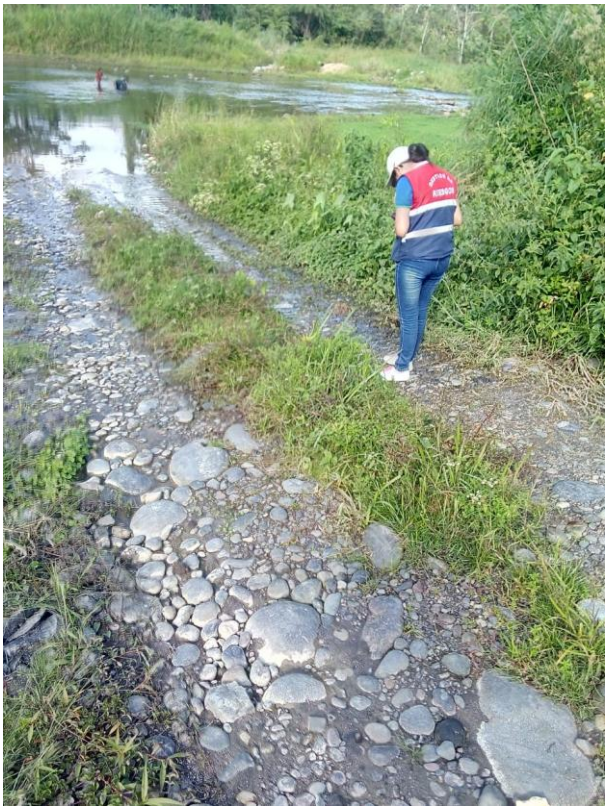
ZONAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA EN EL SECTOR MADRE TIERRA



ANEXO 7. FOTOGRAFIAS DE LA SALIDA DE CAMPO











BIBLIOGRAFÍA

BOLAÑOS, H. S. (1995). Modelacion Hidrologica e Hidraulica en la Cuenca del Rio Caldera . En H. S. BOLAÑOS, *Modelacion Hidrologica e Hidraulica en la Cuenca del Rio Caldera* (pág. 9). Panama .

Carlos. (19 de Marzo de 2013). Modelos Hidraulicos.

CHOW, V. T. (Marzo 2004). HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS. Colombia: Nomos S.A.

CHOW, V. T. (Marzo,2004). *HIDRAULICA DE CANALES ABIERTOS.* Colombia: Nomos S.A.

CODIGO ORGANICO DE FINANZAS PUBLICAS. (2010). QUITO.

CODIGO ORGANICO DEL AMBIENTE. (2017). QUITO.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008). MONTECRISTI.

LUISMEJIA. (Enero 2018). Estudio de factabilidad en el diseño de un canal de transporte de sedimentos, utilizando una impresion 3D en el Ecuador. Quito.

MERA, G. A. (2015-2025). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Canton Mera.* Cantón Mera.

MODELACION HIDRAULICA. (s.f.).

PASTAZA, G. M. (2019). *ANALIZAR LA VULNERABILIDAD FRENTE A INUNDACIONES PROVOCADAS POR EL RIOPASTAZA EN LA PARROQUIA MADRE TIERRAY SUS COMUNIDADES.* PASTAZA.

REGLAMENTO A LA LEY DE SEGURIDAD PUBLICA Y DEL ESTADO. (2017).

VASQUEZ, H. G. (2012). INUNDACIONES EN ZONAS URBANAS.MEDIDAS PREVENTIVAS Y CORRECTIVAS,ACCIONES ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES. MEXICO.