UNIVERSIDAD DE PIURA

REPOSITORIO INSTITUCIONAL PIRHUA

MODELACIÓN MATEMÁTICA 1D DEL PROCESO DE DESCOLMATACIÓN EN EL RESERVORIO DE POECHO

Isaura Gonzales-Morante

Piura, abril de 2017

FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Ingeniería Civil

Gonzales, I. (2017). *Modelación matemática 1D del proceso de descolmatación en el reservorio de Poechos* (Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil). Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.

Esta obra está bajo una licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú

Repositorio institucional PIRHUA – Universidad de Piura

U N I V E R S I D A D D E P I U R A

FACULTAD DE INGENIERÍA

“Modelación matemática 1D del proceso de descolmatación en el reservorio de Poechos”

Tesis para optar el Título de

Ingeniero Civil

Isaura Milagros Gonzales Morante

Asesor: Dr. Jorge Reyes Salazar

Piura, Abril 2017

A Dios por darme la fortaleza para seguir adelante.
A mis padres y hermana por su apoyo incondicional, sus consejos y todo el amor brindado.
En especial a mi madre por siempre confiar en mí.

Prólogo

El reservorio Poechos es una de las grandes obras hidráulicas del Perú cuya agua se utiliza para la agricultura, la agroindustria, las centrales hidroeléctricas de la Región Piura y abastecer a la población, puesto que el 50% del agua potable de Piura, viene de Curumuy procedente de Poechos.

A pesar de la importancia que significa el uso del agua de este reservorio no se ha implementado ninguna medida para solucionar el problema de su colmatación, cuya cantidad de sedimentos aumenta cada año significativamente y la capacidad de almacenamiento disminuye. En un inicio no se tuvo la previsión de las consecuencias que se generaron con los fenómenos de El Niño de 1982-1983 y 1997-1998, en cuyos años se acumuló un total de 75 MMC/año, es decir 10 veces el volumen acumulado en un año. En la actualidad de 885 MMC que representa la capacidad total de almacenamiento se tiene 502 MMC de sedimentos en su lecho, es decir tiene menos de la mitad de su capacidad original. Ante esta problemática se han planteado varias alternativas de solución pero demandan mucho tiempo y costo. Para ello se está realizando el estudio de una alternativa basada en el uso de la misma energía del agua a un bajo costo. Su estudio está siendo posible gracias al apoyo de Fincyt y a los convenios con el operador del embalse, el Proyecto Especial Chira Piura.

La limpieza del reservorio permitirá aprovechar las épocas de lluvia para guardar agua, es decir una mayor disponibilidad del recurso hídrico.

Finalmente deseo expresar mi sincero agradecimiento a la Mgtr. Marina Farías Zegada, al Ing. Leo Guerrero Asmad y en especial a mi asesor Dr. Jorge Reyes Salazar por la orientación y su apoyo en la elaboración de la tesis.

Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad analizar el comportamiento hidráulico y sedimentológico del reservorio Poechos durante el proceso de descolmatación para el estudio detallado de los cambios producidos en su morfología en un periodo de tiempo. Para la representación del modelo se ha empleado como herramienta principal el programa HEC-RAS, el cual ha sido muy útil para la obtención de los parámetros hidráulicos que además son considerados para el cálculo de la cantidad de sedimentos transportados por el caudal de limpieza. En cuanto a la fórmula de transporte de sedimentos usada se tuvo en consideración las características sedimentológicos como: la granulometría y el potencial de erosión. Generalmente los parámetros sedimentológicos son inestables durante la modelación y esto es generado por la falta de pruebas físicas para poder calibrar el modelo. En base a los resultados obtenidos se observa que se transporta muy poco material y difiere mucho de lo esperado, no se tuvo una consideración previa de la gran presencia en su lecho de material muy compacto resistente al arrastre, y que el modelo solo representa la acción sobre el material no cohesivo.

Se propone para un mejor estudio realizar una modelación bidimensional y tridimensional que describa por cada sección el efecto de la erosión a lo largo de su ancho, debido a la limitación de un modelo unidimensional de sólo representar los cambios de lecho de su cauce longitudinalmente, considerando despreciable los cambios de velocidad transversales a la dirección del escurrimiento.

Índice General

Introducción…….....1

Capítulo 1. Historia de Poechos 3

1.1. Reservorio de Poechos: Antecedentes.....3
1.1.1. Canal Miguel Checa.....3
1.1.2. Canal Sechura.....3
1.1.3. Sistema San Lorenzo.....4
1.1.4. Presa Poechos..... 4
1.2. Ámbito de estudio…….....5
1.3. Impacto del Fenómeno El Niño…….....6
1.4. Finalidad de la medición del depósito en el reservorio….....7
1.4.1. Clases de trabajo en campo…….....7
1.4.2. Trabajos de laboratorio…….....9

Capítulo 2. Problemática del reservorio.....11
2.1. Problema de sedimentación…….....11
2.2. Sedimentos.....12
2.2.1. Origen…….....12
2.2.2. Clasificación…….....13
2.2.3. Propiedades…….....14
2.3. Metodología de estudio…….....17
2.3.1. Cantidad de sedimentos.....17
2.3.2. Distribución del sedimento dentro del embalse…..... 18
2.3.3. Eficiencia de atrape y compactación de sedimentos.....18
2.3.4. Transporte de sedimentos…….....20
2.4. Posibles soluciones…….....22
2.4.1. Reducir el aporte de sólidos al embalse.....22
2.4.2. Disminuir la retención de sólidos en el embalse.....22
2.4.3. Eliminar los sólidos depositados.....22
2.4.4. Compensar el volumen perdido por sedimentación.....23

Capítulo 3. Modelación numérica…….....25

3.1. Modelos matemáticos…….....25
3.1.1. Definición…….....25
3.1.2. Clasificación…….....26
3.2. Aplicaciones del HEC-RAS…….....27
3.2.1. Perfiles de flujo constante…….....27
3.2.2. Simulación de flujo no permanente…….....28
3.2.3. Transporte de sedimentos/ Cálculos de limites móviles….....28

3.3. Funciones de capacidad de transporte…….....29
3.3.1. Fórmula de Ackers-White…….....29
3.3.2. Fórmula de Engelund-Hansen…….....29
3.3.3. Fórmula de Laursen-Copeland..…….....30
3.3.4. Fórmula de Meyer-Peter Müller…….....30
3.3.5. Fórmula de Tofaletti…….....31
3.3.6. Fórmula de Yang…….....31
3.3.7. Fórmula de Wilcock…….....31

Capítulo 4. Ingreso y Análisis de los resultados…….....33

4.1. Adquisición de datos para el modelo matemático…….....33
4.1.1. Levantamiento topográfico inicial…….....33
4.1.2. Batimetría…….....34
4.1.3. Granulometría…….....35
4.1.4. Caudal…….....37
4.2. Desarrollo de un modelo hidráulico en HEC-RAS...…….....38
4.2.1. Introducción de la geometría…….....38
4.2.2. Selección de los parámetros de transporte…….....42
4.2.3. Establecer las condiciones iniciales…….....44
4.2.4. Definición de las condiciones de contorno…….....46
4.2.5. Cálculos hidráulicos para condiciones de contorno.....50
4.3. Análisis hidráulico y sedimentológico…….....53
4.3.1. Gráfica del perfil longitudinal de la lámina de agua.....53
4.3.2. Gráficas de la lámina de agua sección a sección…….....54
4.3.3. Cálculos de las variables del modelo matemático.....56
4.3.4. Resumen de los resultados.....62

Capítulo 5. Discusión de resultados…….....65

5.1. Virtudes del modelo matemático…….....65
5.2. Limitaciones y factores limitantes del modelo matemático.....65
5.3. Validación del modelo matemático como herramienta general.....66

Conclusiones y Recomendaciones…….....67

Bibliografía.....69
Anexos.....71
Anexo A 72
- Volumen de sedimento acumulado 1998-2015..... 73

Anexo B 76
- Levantamiento topográfico de Poechos 1976 77
- Batimetría de Poechos 2014.....97

Anexo C 108

- Simulación en Hec-ras para cada sección del embalse..... 109

Anexo D.....137

- Resultados hidráulicos de la simulación en Hec-ras.....138
- Tasa de transporte de sedimentos.....152

INTRODUCCIÓN

El agua proveniente del embalse de Poechos tiene diferentes usos para la región como: el abastecimiento a la población de Piura, Sullana, Talara, Paita y Sechura, para el regadío de las cerca de cien mil hectáreas de diversos cultivos instalados en los valles del Medio, Bajo Piura, Sechura y Chira, la generación de energía a través de tres centrales hidroeléctricas como Curumuy, Poechos I y Poechos II, además es aprovechada para la actividad acuícola. Es considerada como un recurso indispensable para la región, por ello es importante prolongar la vida útil de la presa para así evitar problemas que afecten a toda la población, en especial tomar consideración durante los periodos de grandes avenidas que den origen a inundaciones por la falta de capacidad del reservorio.

Debido a la problemática de la colmatación de sedimentos del embalse, el cual ha afectado considerablemente su capacidad de almacenamiento se está llevando a cabo estudios para la alternativa de descolmatación a un bajo costo utilizando la misma energía de agua e incorporando elementos de desvío del cauce.

Para un estudio más completo una herramienta que nos ayudaría es la modelación matemática con la capacidad de representar el comportamiento hidráulico y sedimentológico del depósito en un periodo de tiempo.

El fenómeno de transporte de sedimentos en el proceso de descolmatación es muy aproximado a un flujo unidimensional debido a la formación de un canal, por lo tanto se considera adecuada la utilización del programa HEC-RAS. La modelación realizada está enfocada en una mayor comprensión del proceso para conceptualizar la representación de los aspectos físicos necesarios que deben evaluarse en la realidad para llevar a cabo satisfactoriamente la evacuación de sedimentos.

Asimismo a lo largo de este trabajo se dieron a conocer las limitaciones inherentes a esta representación, pero que sirven para tener una idea general de los parámetros hidráulicos y sedimentológicos que influyen directamente en la descolmatación del reservorio.

Capítulo 1

HISTORIA DE POECHOS

1.1.Reservorio de Poechos : Antecedentes

Antes de la ejecución de las obras del Proyecto Chira – Piura, la agricultura se desarrollaba en base a las descargas naturales de ambos ríos, de regímenes irregulares. El Valle del río Piura, a pesar de la excelencia de sus tierras de cultivo, tenía una agricultura que disminuía gradualmente por falta de agua. A pesar de la gran cantidad de agua con la que contaba el río Chira, las tierras de cultivo eran limitadas por los elevados costos de bombeo; es por eso que poco a poco se fueron implementando mejoras en el riego de la Región Piura con la construcción de las siguientes infraestructuras.

La información detallada a continuación ha sido recopilada del informe final de medición de sedimentos en la presa Poechos a cargo del PECHP[1] (2014).

1.1.1. Canal Miguel Checa

Es conocido como el proyecto salvador de las tierras del Chira, fue construido por el agricultor Miguel Checa, quien amparado por la ley solicitó el 17 de setiembre de 1900 que el gobierno le otorgue concesión para la construcción de un canal destinado a la irrigación de los terrenos de la margen derecha del Chira; dicha concesión la obtuvo por resolución suprema del 29 de setiembre de 1900. El canal fue construido durante cuatro años y en 1905 fue cedido a la *Peruvian Corporation*[2] que lo explotó por espacio de 20 años. En 1988 se dio una rehabilitación y ampliación del canal.

Actualmente forma parte de la tercera etapa del Proyecto Especial Chira Piura. Su nombre original fue Canal del Chira pero en 1961 se cambió de nombre al de canal Miguel Checa en honor a su constructor.

1.1.2. Canal Sechura

A principios del siglo funcionaba un sistema de riego adecuado solo para 3 a 4 mil hectáreas en el Bajo Piura. En el año 1925 este sistema fue destruido por las fuertes avenidas del río Piura, es entonces cuando es construido el canal Sechura, por un ingeniero

[1] PECHP: Proyecto Especial Chira Piura.
[2] Peruvian Corporation: Compañía creada por la Corporación Peruana de Londres que estuvo involucrada en la construcción y gestión de obras a inicios del siglo XX.

norteamericano de apellido Sutton, al frente de un equipo de ingenieros peruanos al servicio de la Comisión de Irrigación de Piura y Lambayeque.

1.1.3. Sistema San Lorenzo

En 1954 se puso en operación el Sistema San Lorenzo sin embargo, no fue solución para los valles del Medio y Bajo Piura porque los excedentes de la quebrada San Francisco no eran significativos.

1.1.4. Presa Poechos

La presa de Poechos es la principal obra de regularización del sistema hidráulico Chira-Piura. Se encuentra ubicada en el cauce del río Chira a 40 km al Noreste de la ciudad de Sullana, entre las coordenadas 4.5° de latitud sur y 80.5° de longitud oeste, contando con una capacidad original de 885 millones de metros cúbicos en su cota normal de operación, en la actualidad ésta ha disminuido en un 50% por la acumulación de sedimentos. Fue construida por la empresa Yugoslava -norteamericana Energoprojekt, que también ha realizado otras obras hidráulicas importantes en el valle.

La estructura Poechos es una presa de gravedad de material suelto y de sección trapezoidal, cuyo dique principal tiene una altura de 48 metros; consta además de los diques laterales izquierdo y derecho de altura variable. Su largo es de 24 Km y el ancho máximo es de 7.4 Km, la corona de la presa se ubica a una altitud de 108 msnm y tiene una longitud total de 11 km. (Morocho, 2004, p. 28).La presa fue diseñada de modo que su altura pueda eventualmente sobreelevarse en 5 metros, con la cual el volumen total del embalse en su cota de operación normal llegaría a 1234 MMC[3]. (Rocha, 2006, p. 9)

El 04 de Junio de 1976, el Presidente de la República, General Francisco Morales Bermúdez acompañado del Ing. Daniel Escobar acciona por primera vez las compuertas de la Presa Poechos, y desde entonces se ha contribuido a regularizar el suministro de agua a los cultivos del valle del Chira. Esta obra está equipada con las siguientes estructuras de operación y seguridad:

1) Salida de fondo: Es una estructura de concreto armado con blindaje. Tiene 415 metros de longitud, consta de compuertas radiales de 4.5 metros de diámetro. El agua que sale de cada una de las compuertas va directamente a los canales laterales Miguel Checa y Huaypirá.

2) Aliviadero de compuertas: Está conformado por 3 compuertas radiales de 10 metros de ancho por 12 metros de altura, cuya función es controlar las descargas de agua hacia el río Chira en épocas de avenida.

3) Aliviadero de emergencia: Se localiza en el dique izquierdo de la presa, es un solado de concreto de 400 metros de longitud con muros laterales, tiene 4 cuerpos

[3] MMC : Millones de metros cúbicos

individuales de 100 metros cada uno, sobre el cual existe un relleno de tierra provisto para ser erosionado cuando las aguas excedan el nivel máximo de seguridad , que es la cota 105.

El Instituto Nacional de Desarrollo (INADE) a través del Proyecto Especial Chira Piura, como parte de su preocupación en el tema, en el año 1994, encargó a la empresa APODESA (Apoyo al Desarrollo Mediante Sistemas Automatizados) la ejecución del estudio de la cuenca del reservorio Poechos. Esta empresa elaboró el "Plan de Manejo de Cuencas del Reservorio de Poechos", con el propósito primordial de determinar áreas críticas que permitan tomar medidas concretas que hagan posible disminuir el proceso de sedimentación que afecta al reservorio.(PECHP,2014)[4]

En la actualidad, el sistema hidráulico Chira Piura, aparte de la presa y el reservorio Poechos está constituido por:

-La presa de Derivación de Sullana
-El canal de Derivación Daniel Escobar (55 km)
-El canal Miguel Checa (78.5 km)
-El canal Huaypirá
-La presa de Derivación los Ejidos
-El canal principal Biaggio Arbulú (57.39 km)
-El sistema de Drenaje Troncal (55 km)
-Diques de Defensa contra inundaciones. (54.64 km)

1.2.Ámbito de estudio

El reservorio de Poechos se encuentra ubicado en el cauce del rio Chira. Políticamente se ubica en el distrito de Lancones, provincia de Sullana, departamento de Piura. Geográficamente se ubica entre las latitudes 4°30' al 4°41' latitud sur y las longitudes 80°25' al 80°33' longitud oeste. Está a una altitud de 108 msnm.

[4] Informe Final de Medición de sedimentos en la presa Poechos.

Ilustración 1.1. Ubicación geográfica del embalse Poechos.
Fuente: Google Earth.

1.3.Impacto del Fenómeno El Niño

En la costa norte peruana se tiene graves problemas de sedimentación de embalses, lo que hace necesario prever la construcción de presas de regulación en zonas muy erosionables, semiáridas, sujetas al fenómeno de El Niño y concebidas con una vida útil excesivamente corta.

Uno de los factores que incide de un modo mayor en la producción de sedimentos es la aparición eventual del Fenómeno de El Niño (FEN) con características de Meganiño. Las grandes lluvias que ocurren durante el FEN, de cantidad, de intensidad y duración inusitadas, son la causa de una extraordinaria producción de sedimentos, tanto en la parte de la cuenca donde usualmente hay erosión, como en las partes de la cuenca donde llueve solo excepcionalmente y que se encuentran completamente desprotegidas. Si a estas grandes cantidades de sedimentos se asocian las enormes descargas fluviales de larga duración, resultantes de las lluvias extraordinarias se tiene caudales sólidos inusitadamente altos que se dirigirán inevitablemente hacia nuestros embalses, como efectivamente ha ocurrido en los últimos años.

Antes de la presencia del FEN 1983, el volumen anual de sedimentación se presentaba dentro de los niveles previstos en el diseño, es decir entre 6 a 8 MMC/año. Durante los fenómenos extraordinarios de 1983 y 1998, el volumen de sedimentación alcanzó un promedio alrededor de 75 MMC/año. (PECHP, 2014)

Está demostrado que aunque se tuviese una serie histórica de precipitaciones, ésta sólo sería representativa en la medida que incluyese eventos extremos. Así por ejemplo, entre 1927 y 1982 transcurrieron 55 años sin que se presentase un Meganiño en la costa norperuana. Sin embargo en los últimos 22 años, menos de la mitad del intervalo anterior,

han ocurrido 2 Meganiños (1983 y 1998), los cuales han afectado en gran parte la vida útil del embalse. (Rocha, 2006, p.11)

1.4.Finalidad de la medición del depósito en el reservorio

Desde un inicio se establecieron los tipos, la cantidad y el modo de ejecución de los trabajos necesarios para el proyecto y asimismo el modo de presentación de los datos recogidos de la obra con la finalidad de señalar las medidas adicionales y trabajos que eventualmente deben llevarse a cabo.

Las instrucciones que se darán a conocer a continuación prescriben los trabajos que se realizará anualmente con el fin de recopilar información sobre la acumulación de sedimentos en el reservorio de Poechos, en cuanto a la rapidez del proceso de sedimentación y la distribución de los sedimentos en el vaso del reservorio.

De este modo, con el cumplimiento de las instrucciones se asegura el conocimiento y la evaluación de los procesos que potencialmente pueden disminuir el funcionamiento y la estabilidad de la obra o de sus partes.

Conociendo las características del proceso de sedimentación dentro del reservorio y las características de la cuenca, la unidad de observación deberá recomendar las acciones necesarias para contrarrestar los efectos erosivos y para lograr una eficiente operación con miras a prolongar la vida útil del reservorio.

1.4.1. Clases de trabajo[5]

Desde su puesta en operación hasta la fecha, se han realizado una serie de mediciones batimétricas y topográficas, a fin de determinar la progresión del sedimento acumulado en el embalse de la Presa, especialmente después de cada periodo lluvioso (Enero – Mayo) estas mediciones se realizan mediante patrones de comparación sobre 20 secciones transversales predeterminadas, para luego en gabinete realizar el cálculo respectivo siguiendo el método de área promedio y la distancia entre las secciones en estudio.

1) Mediciones topográficas

Los levantamientos de control se realizan para los perfiles ubicados por encima del nivel momentáneo del reservorio de las 20 secciones principales. Para la parte de los perfiles que se extiende a través del reservorio, el levantamiento del perfil se efectúa por procedimientos batimétricos para lo cual será necesario que el encargado de la medición topográfica entregue al operador del bote que lleva la ecosonda, la estación exacta y la cota del nivel de agua en el reservorio para que el perfil levantado de esta manera pueda ser utilizado y relacionado con el topográfico, con el fin de registrar el volumen físico de la sedimentación habida en el entretiempo (diferencia entre los perfiles recién levantados y los levantados anteriormente). El levantamiento topográfico se efectuará utilizando un

[5] Manual de la Dirección de Operación y Mantenimiento en la presa Poechos-Energoprojekt.

nivel autorreductor con longitud máxima de la visual de 150 metros y una mira de 4 metros de longitud equipada con nivel de burbuja para conseguir una exacta verticalidad.

Estas mediciones topográficas se deben realizar dos veces por año, en Noviembre y Junio, es decir, al final del periodo de estiaje y al final de la estación de lluvias respectivamente, sin embargo el PECHP las realiza una vez año en diciembre.

2) Medición con la ecosonda

Después que el encargado de la medición topográfica hace entrega de la información correspondiente a la progresiva del borde del reservorio, la identificación del perfil y la cota del agua en el reservorio, el operador del bote lo conduce por la línea del perfil registrando las profundidades, mediante el uso de la ecosonda tipo MS 36- Kelvin Hugues. El dispositivo está instalado en el bote que a su vez está equipado con medidor de velocidad y compas magnético a fin de posibilitar las maniobras y operaciones necesarias.

El bote sigue el rumbo entre dos hitos que definen cada perfil, guiado por control desde las orillas, usando taquímetros en ambas estaciones extremas y comunicación por radio. El necesario grado de precisión o desviación permitida, será establecido en el campo al principio del funcionamiento.

3) Extracción de muestras de sedimentos

Una vez que se registra y define el volumen físico de sedimentación en el reservorio, se procede a su análisis cualitativo, es decir determinar las características del material depositado y en suspensión. Para el efecto se extraerán las siguientes muestras:

a) Material en suspensión: Se estableció desde un inicio que la frecuencia del muestreo varía para cada sección.
   - Para los perfiles número 19 y 20: En el periodo Enero-Mayo las muestras se extraerán una vez por día cuando los caudales en el río sean menores que 400 m^3/s, se efectuarán tres muestreos con intervalos de 4 horas. En el periodo Junio-Diciembre se tomarán muestras dos veces por semana, pero esta frecuencia puede ser modificada si la concentración es insignificante.
   - Para los perfiles número 2, 6, 10,13 y 17: En el periodo Enero-Mayo, el muestreo se efectuará regularmente una vez por mes, aumentando la frecuencia cada vez que se presenten avenidas iguales o mayores a 400 m^3/s. En el periodo Junio-Diciembre las muestras se extraerán una vez en Agosto y otra en Octubre.En los demás perfiles no se realizarán muestreos.

b) Material de fondo: La extracción de muestras se efectuará en :
   - Para los perfiles número 19 y 20: Una vez por semana en el periodo Enero-Mayo, y dos veces durante todo el periodo comprendido entre Junio y Diciembre.
   - En los demás perfiles, así como también en las desembocaduras de las mayores quebradas (Cóndor, Martínez, Lancones, Solana, Sausal, Pilares,

Montecillo, y Pelados), la extracción de las muestras se hará una vez por año al final del periodo de estiaje.

Las muestras se extraerán siempre de localidades en las cuales sea notado el más intenso proceso de sedimentación.

Estos trabajos de extracción de sedimentos fueron establecidos según los resultados de la investigación hidrológica y las características del sedimento en los ríos Chira y Quiroz en temporada húmeda 1972 (Estudio del Instituto J.Cerni de Belgrado-Yugoslavia), los cuales permitieron el planteamiento de las tareas a seguir en el manual de mantenimiento del reservorio Poechos, pero a partir del FEN de 1983 estas mediciones se intensificaron y continuaron hasta el 2000. Luego no se continuó con la actividad de muestreo, razón por la cual no hay información de ello después de dicho año,

1.4.2. Trabajos de laboratorio

Los trabajos de laboratorio incluyen exclusivamente los procedimientos estándar para determinar las diferentes características de la muestras de los materiales en suspensión y depositados, es decir:

1) La concentración de material en suspensión expresada en gr/l peso en gramos del material seco contenido en 1 litro de suspensión).
2) Determinar la curva granulométrica del material en suspensión por 2 métodos:
   a) El método del aerómetro para partículas mayores de 0.063mm.
   b) El método de la pipeta para partículas menores de 0.063mm.
3) Determinar la curva granulométrica del material depositado, por métodos geotécnicos estándar.
4) Determinar el peso específico y/o volumen del material depositado.

Capítulo 2

PROBLEMÁTICA DEL RESERVORIO

2.1. El Problema de sedimentación[6]

La posibilidad de construir una presa sobre el cauce del río Chira y crear así un embalse con el objeto de regular y almacenar sus caudales para su trasvase a la cuenca del Piura, después de satisfacer las necesidades del valle del Chira, trajo consigo la preocupación por el tema de los sedimentos y la probable pérdida de capacidad del embalse con el paso del tiempo.

Una de las primeras determinaciones del transporte de sedimentos del río Chira fue la estimación preliminar realizada por *International Engineering Company, Inc*. en 1965, prácticamente sin información de campo.

En 1968 se realizó el Estudio de Factibilidad del Proyecto Chira Piura, para el cual se dispuso de las mediciones de sólidos en suspensión realizadas entre los años 1965 y 1967 y se consideró para el embalse de Poechos un volumen total de 690 MMC, referido a la cota normal de operación, y se determinó que al cabo de 50 años de funcionamiento los sólidos depositados ocuparían un volumen de 260 MMC.

Con el avance de los estudios y la disposición de nuevas mediciones, especialmente las de 1972, que correspondían a un fenómeno fuerte, mas no un Meganiño, se encontró mayores concentraciones de sólidos en suspensión y, además, que el tamaño medio de las partículas en suspensión era superior al que se había previsto en el estudio de factibilidad, lo que evidentemente significaba un mayor depósito de sólidos. En vista que el aporte sólido resultó mayor del previsto, según los cálculos realizados por Energoprojekt, se decidió antes de empezar con su construcción en incrementar su altura en 5 metros, lo que el volumen total, referido a la cota normal de operación, llegó a 885 MMC. Esto significó pasar de la cota normal de operación 98 a la cota 103 (ambas son cotas relativas y no están referidas al nivel del mar). En el estudio integral que realizó Energoprojekt incorporó las nuevas mediciones efectuadas en el periodo 1972-1976 y esto llevó a los proyectistas a considerar que el transporte promedio de sólidos del río Chira era alrededor de 18 millones de toneladas por año y con un volumen útil en el embalse de 400 MMC dentro de 50 años. En la actualidad los sólidos depositados dentro del embalse superan los 400 MMC

[6] Rocha, 2006, pp.18-20

para el cual fue diseñado, convirtiéndose en el mayor problema que afronta Poechos. Ver Tablas de Volúmenes de sedimento en el Anexo A.

De este modo se define el fenómeno de sedimentación como el proceso natural de acumulación de material sólido de procedencia variada en tierras bajas o depresiones, el cual es removido por acción de la gravedad y que está asociada a diversos procesos geológicos que se desarrollan en la superficie terrestre. Se desarrolla generalmente en reservorios, donde la presa al obstaculizar el paso del río produce un estancamiento del material grueso transportado y una disminución de la velocidad del flujo de corriente como efecto de la ampliación del cauce y el crecimiento del tirante, de esta manera se origina la formación de deltas en el fondo de la entrada del embalse. El sedimento más fino continuara hacia adentro del embalse como una corriente de densidad, para posteriormente detenerse y depositarse en el fondo del mismo.

El mecanismo de sedimentación descrito depende de muchos factores como son: los cambios de temperatura, la forma, dimensiones y características principales del embalse, operación, características fisicoquímicas del sedimento y las características de la avenida de ingreso.

2.2. Sedimentos

2.2.1. Origen

Los sedimentos, a nivel geológico, son los materiales disgregados producto del proceso de meteorización. Este material no consolidado es transportado por los agentes geológicos (agua, hielo o viento) hasta los lugares de acumulación, que son las cuencas sedimentarias, dando lugar a la sedimentación.

Por tanto, la fuente principal la constituyen los suelos y rocas que se encuentran en su cuenca, además se debe considerar la actividad del hombre en el medio que lo rodea, por esta razón se pueden clasificar las fuentes de sedimentos en:

1) Naturales: Se desarrolla por acción de los agentes geológicos.
    a) Erosión de la superficie del terreno: El suelo experimenta la acción del viento que arrastra y levanta partículas que llegan a depositarse en las llanuras, o caen directamente en la corriente, también la acción de la lluvia que transporta las partículas de suelos y rocas, produce un acarreo de las capas superficiales del terreno cuando las lluvias son de gran intensidad.
    b) Erosión del cauce principal y sus tributarios: Los ríos al desbordarse o abandonar su cauce, su acción erosiva y transportadora es notable. La erosión continua produce cambios graduales en los ríos a lo largo de su curso, dando lugar a que se depositen materiales de diversos tamaños según la variación de la velocidad de su corriente.
    c) Movimientos naturales del terreno: Los deslizamientos de grandes masas de tierra y rocas ayudan a que mucho material quede suelto y sin protección.

2) Artificiales: Se desarrolla por acción del hombre.
    a) Destrucción de la vegetación: El desmonte, la quema y el exterminio de extensas zonas boscosas son las actividades que más sedimentos producen.
    b) Obras de ingeniería: El conjunto de obras de ingeniería hace que grandes volúmenes de materiales sean removidos y queden más sueltos que en su estado natural y el terreno quede expuesto sin protección, lo que facilita su transporte hacia las corrientes de agua.
    c) Explotación de minas y canteras: Todas estas actividades rompen y fracturan rocas y suelos, y producen grandes cantidades de materiales en forma de partículas pequeñas.
    d) Desechos urbanos e industriales: Son los materiales arrastrados por el drenaje y que son arrojados directamente a ríos y lagos.

En el caso de la Presa Poechos, tiene su origen principalmente en el arrastre de sedimentos por el río Chira, provenientes de la erosión laminar o hídrica que se produce en las zonas desprotegidas de la cuenca alta, así como de las prácticas culturales que se realizan en los lechos de las quebradas importantes como "La Solana", y otros donde anualmente se depositan entre 0.5 a 1.0 MMC de suelo agrícola para el cultivo de hortalizas (cebolla, camote y verduras) que en los periodos de avenidas es arrastrado al vaso de la presa.

2.2.2. Clasificación

Los sedimentos están constituidos por una gran variedad de partículas que difieren entre sí en tamaño, forma y densidad.

Desde el punto de vista de la resistencia que oponen a ser arrastrados y de su comportamiento al ser transportados por una corriente de agua se pueden clasificar los sedimentos en dos tipos:

1) Sedimento no cohesivo o friccionante:
   También denominado material granular, es el formado por granos gruesos o partículas sueltas, como las arenas y gravas. En los granos gruesos de los sedimentos o suelos, la fuerza de gravedad predomina sobre otras fuerzas, por eso el peso de las partículas es la fuerza principal que resiste la fuerza de arrastre y el empuje de la corriente, al momento de disminuir o cesar la acción del agua, las partículas se detienen, caen y depositan. Por tanto, el empuje que debe ejercer un flujo de agua para mover o transportar tales partículas está en función de su peso.

2) Sedimento cohesivo:
   Formado por partículas de grano muy fino, constituidas por minerales de arcilla, que se mantienen unidas entre sí por la fuerza de cohesión, la cual se opone a que las partículas individuales sean separadas del conjunto. Esa fuerza es considerablemente mayor que el peso de cada grano, y es la que resiste a las fuerzas de arrastre y empuje causadas por el flujo de agua.

Las interacciones entre un flujo de agua y un suelo no cohesivo deben ampliamente ser estudiados que con un suelo cohesivo, porque a lo largo de los cursos de las corrientes naturales abundan mucho más los materiales no cohesivos, aun en el lecho de aquellos tramos con márgenes arcillosas, ya que la mayor parte de los ríos escurren sobre suelos no cohesivos.

2.2.3. Propiedades[7]

En la ingeniería hidráulica las medidas de los sedimentos, la velocidad de caída de una sola partícula o de un grupo de partículas y el peso de una única partícula y características de sedimentos depositados son de importancia.

Los sedimentos en general están clasificados como cohesivos y no cohesivos. La resistencia a la erosión en los sedimentos cohesivos depende del esfuerzo de la unión cohesiva entre partículas. La cohesión tiene una gran influencia en las características físicas de las partículas. Sin embargo, una vez que se ha dado la erosión, el material cohesivo puede llegar a ser no cohesivo debido al transporte. Las características de los sedimentos pueden llegar a cambiar a través de las reacciones físicas o químicas. En el caso de las partículas de los suelos no cohesivos reaccionan a las fuerzas del fluido, y para esto su movimiento es afectado por las propiedades físicas de las partículas como tamaño, forma y densidad.

En este caso, a través de los parámetros de transporte más importantes como: el tamaño de las partículas y la velocidad de caída se dará mayor hincapié a la relación entre las propiedades de los sedimentos con su movimiento. Para esto se estudiará las propiedades físicas de las partículas individuales de sedimento.

1) Tamaño:
   De las muchas propiedades de los sedimentos, el tamaño tiene la mayor importancia para la ingeniería hidráulica, además que es fácil de medir también porque otras propiedades como la forma y la gravedad específica tienden a variar con el tamaño de la partícula.
   La medida de la partícula debe ser definida por el volumen, diámetro, peso, velocidad de caída, tamaño del tamiz.
   El tamaño se puede medir por calibradores o pinzas, por métodos ópticos, métodos fotográficos, mediante tamizado o por métodos de sedimentación. A pesar que el tamaño de una partícula individual no es primordial en los estudios de sedimentación, es de mucha importancia conocer la distribución del tamaño del sedimento que se forma en el lecho y orillas de un arroyo o embalse.

2) Forma:
   Se refiere a la forma geométrica de una partícula en general sin importar el tamaño o composición. Partículas de diferente forma geométrica, pero de igual volumen y densidad pueden tener el mismo comportamiento en los fluidos. En el análisis de

[7] Simons y Sentürk, 1977, pp.143-151.

sedimentos uno de los parámetros más pertinentes es la esfericidad, definida como la relación del área de superficie de una esfera del mismo volumen con la real área de superficie de la partícula. La función principal de la esfericidad es para ayudar a describir el movimiento relativo entre la partícula que cae y el fluido.

3) Densidad:
   La densidad de una partícula de sedimento es una función de su comportamiento mineral, determinada como la masa que posee por unidad de volumen. La expresión adimensional, conocida como la densidad relativa es usada con mayor frecuencia en las fórmulas de transporte de sedimentos, la cual considera la densidad del sedimento denotada por ρ_s y del agua denotada por ρ.

$$\rho_r = \frac{\rho_s - \rho}{\rho}$$

4) Peso específico:
   Es un importante factor extensivamente usado en hidráulica y transporte de sedimentos, determinada como el peso por unidad de volumen y está relacionada con la densidad de la segunda ley de Newton del movimiento.

$$\gamma_s = \rho_s * g$$

   El peso específico oscila entre 2.3 a 7.6 ton/m³. Afortunadamente, los sedimentos transportados por el agua son principalmente minerales de cuarzo y feldespato con una densidad relativa de 2.65, por esta razón el peso específico de los sedimentos a menudo se supone que es de 2.65 N/m³.
   Trabajar con modelos distorsionados de fondo móvil y con pesos ligeros es necesario un material poroso para representar arena fina o incluso limo en el prototipo. En la Ilustración 2.1. se muestra una partícula sólida porosa donde:
   Vg, es el volumen aparente de la partícula.
   Vb, es el volumen de poros que no está en comunicación con la atmósfera.
   Vy, es el volumen de poros en comunicación con la atmósfera.

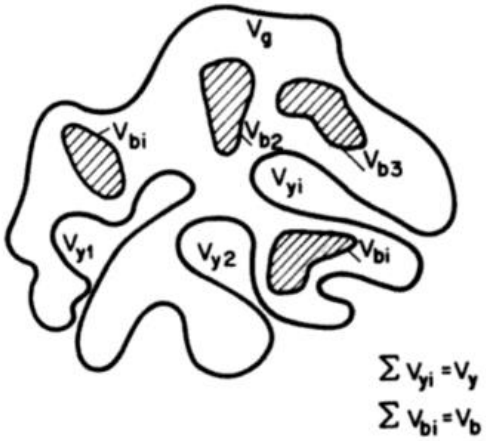


Ilustración 2.1. Los poros en una partícula sólida.

Para este caso, la determinación del peso específico es de interés debido a los poros que se saturan cuando se sumerge la partícula como en el caso de los sedimentos de fondo. Donde W_g es el peso del agua que puede llenar los poros y W_k es el peso de la partícula seca.

$$\gamma_o = \frac{W_g + W_k}{V_g}$$

Para el caso del peso específico de los sedimentos en suspensión se considera como una combinación del material suspendido y el líquido que actúa sobre éste. Si C_s es la concentración del sedimento suspendido, V_w el volumen del agua, V_s el volumen del material sólido y V_m es el volumen del material combinado con líquido.

$$C_s = \frac{V_s * \gamma_s}{V_m * \gamma_m} \text{ y } V_s + V_w = V_m$$

$$\gamma_m = \frac{\gamma_w * \gamma_s}{\gamma_s - (\gamma_s - \gamma_w) * C_s}$$

5) Velocidad de caída:

Cuando una partícula asienta, finalmente adquiere una velocidad terminal constante debido a la fuerza de arrastre del fluido que es igual al peso sumergido de la partícula, esta velocidad se conoce como la velocidad de caída de la partícula. Es la principal variable que define la interacción entre los sedimentos transportados y los de fondo, es decir los que están suspendidos y los que se encuentran en banco en un fluido. Se ha mostrado que la configuración del fondo en un canal de arena puede cambiar cuando la velocidad de caída de los materiales de fondo cambia.

Una partícula que cae a velocidad máxima en un fluido en reposo, es accionado por la fuerza resultante considerando el peso de las partículas en suspensión y la fuerza de resistencia que resulta de la fricción del fluido. El diagrama de fuerzas está en la Ilustración 2.2. La ecuación de la fuerza de arrastre está dada por:

$$F_D = C_D * \rho_f * A * \frac{w^2}{2}$$

Siendo F_D la fuerza de arrastre, C_D es el coeficiente de arrastre, ρ_f es la densidad de fluido, A es el área proyectada de la partícula en la dirección de caída y W es la velocidad de caída de la partícula.

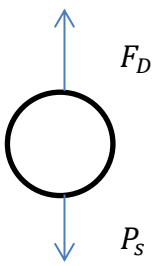


Ilustración 2.2. Diagrama de fuerzas sobre una partícula.

En donde el peso sumergido es igual a $P_{s=}(\rho_{S-}\rho)$*g* $\frac{\pi d^3}{6}$

La sumatoria de fuerzas;

$$C_D * \rho_f * \frac{\pi d^2}{4} * \frac{W^2}{2} = (\rho_{S-}\rho)\text{*g*}\frac{\pi d^3}{6}$$

Por tanto la velocidad de caída de la esfera es;

$$W = \sqrt{\frac{4(s-1)gd}{3C_D}}$$

Las variables que afectan la velocidad de caída de una partícula que cae en agua en reposo, agua destilada de extensión infinita son:

$$Ø_1(\text{W},\rho_f, \rho_S, \mu, D_S, S_p, \digamma, S_r, \text{F}) = 0$$

Siendo ρ_S la densidad del sólido, μ es la viscosidad dinámica del fluido, S_p es el factor de forma de la partícula, $\digamma$ es la frecuencia de oscilación o caída, S_r es la rugosidad de la superficie, F es el peso de la partícula suspendida.

2.3. Metodología de estudio

2.3.1. Cantidad de sedimentos[8]

En cuanto a la metodología general de estudio para determinar la cantidad de sedimento que entra a un reservorio existen diferentes procedimientos, tales como:

1) La medición directa dentro del embalse:
   Este tipo de mediciones se hacen empleando fotografía aérea y levantamientos topográficos cuando el reservorio se vacía, y batimétricos cuando el sedimento está constantemente sumergido.
   La frecuencia con que deben hacerse las mediciones de sedimento depositado, dependen del tipo de embalse y de la disponibilidad técnico-económica para realizarlas.

2) El aforo del transporte de sedimento en la corriente de entrada:
   Para determinar el transporte de fondo o en suspensión además del aforo directo, existen una gran cantidad de métodos para hacer la cuantificación.
   En el caso del material de lavado es más difícil la predicción, por la cual se recomienda el aforo directo, tal procedimiento consiste en aforar de manera regular, el material sólido que transporta una corriente durante cada año, o al menos durante la época de avenidas.
   En la práctica existen dificultades para hacer compatibles las mediciones de campo con los criterios existentes para calcular la cantidad de sedimento transportado. En especial el material que viaja por el fondo es difícil de medir, y generalmente hay discrepancias con los criterios de cálculo como el de Meyer-Peter o el de Einstein-Brown, entre otros.

[8] Quintana, 2006, pp. 22-23.

Se debe señalar que en muchos casos se considera que existe una relación fija entre el transporte de fondo y el que viaja en suspensión, sin embargo, esto algunas veces puede ser muy variable debido a factores geológicos y climáticos. Hay que recordar que mientras el transporte de fondo y el que viaja en suspensión, dependen de las características hidráulicas de la corriente, existe también el sedimento de lavado que depende de las características de la precipitación y de la respuesta de la cuenca.

3) El empleo de criterios de predicción:
   De lo mencionado en el apartado (a) es solo aplicable a embalses ya construidos, y refleja claramente el depósito de sedimento en el embalse, en cuanto al apartado (b) se trata de un procedimiento confiable para la cuantificación del sedimento susceptible de depositarse en el embalse. Sin embargo, con ambos procedimientos no es posible determinar cuál sería el depósito, si durante la vida del embalse cambiaran las condiciones de la cuenca de aporte o las características de la corriente.
   Por consiguiente, el criterio que hasta el momento puede ser el más prometedor, es la Fórmula Universal de Pérdida de Suelos (FUPS), propuesta por Wischmeier y Smith. Este criterio es originalmente empleado para determinar el aporte de sedimento en pequeñas extensiones de terreno, ha sido modificado para emplearse en cuencas.

2.3.2. Distribución del sedimento dentro del embalse

Uno de los aspectos más importantes en el problema de sedimentación, es determinar la ubicación del sedimento dentro del embalse, así como su evolución a través del tiempo.

La forma como se distribuye el material sólido en un embalse depende principalmente del tipo de sedimento, características del reservorio, tiempos de operación y características de las avenidas. Generalmente en los embalses con pendiente baja, el depósito de sedimentos ocurre en su entrada, y en aquellos donde la pendiente es fuerte, ocurre cerca de la presa.

2.3.3. Eficiencia de atrape de sedimentos[9]

La eficiencia de atrape de sedimentos de un reservorio, está determinado por el cociente entre la cantidad de sedimentos depositados y la cantidad total de material que llega al embalse. Existen diversos criterios empíricos para su cálculo, tales como los de Brune, Brown, Churchill y Karaushev. Desafortunadamente no hay evidencias claras de la bondad de dichos procedimientos, aunque sí están bien identificados los principales factores, que son los siguientes:

1) Características del sedimento, tales como la velocidad de caída de las partículas, forma y viscosidad de la mezcla agua-sedimento.
2) Tiempo de permanencia de los escurrimientos dentro del reservorio. Esto depende principalmente de su capacidad y de la magnitud de extracciones.

[9] Gracia, 1986, pp. 21-23.

3) El tamaño y la ubicación de las obras de toma, tiene influencia preponderante en la posible extracción del material sólido, pues en algunos casos extraen importantes cantidades de sedimentos en suspensión.
4) Existen otros factores, tales como la forma del reservorio, la política de operación del embalse, su antigüedad y la posible formación de corrientes de densidad.

De los diversos criterios empíricos el más empleado es el de Brune, donde se emplea la curva de retención de Brune, la cual establece la relación entre la eficiencia de atrape con el cociente entre la capacidad total a la cota de operación y el volumen anual total de agua que ingresa en el reservorio, ambos en las mismas unidades. En la Ilustración 2.3. se muestra tal relación. Se observa una envolvente superior que se recomienda en el caso de que predomine el sedimento grueso, una inferior cuando lo sea el fino, y una curva media para diseño.

Por otra parte, no todo el sedimento que ingresa en el reservorio es en suspensión sino que otra parte, también ingresa mediante arrastre, por lo que se debe considerar un factor para el ajuste correspondiente:

$$\mathrm{Q_{saa}} = \mathrm{K_a} * \mathrm{Q_{sa}} * \mathrm{E_a}$$

Donde: Q_{saa} es el aporte ajustado anual de sedimentos en el reservorio (millones- ton/año)
K_a es el coeficiente de ajuste de sedimentos por ingreso mediante arrastre (adimensional).
E_a es la eficiencia de atrapamiento del reservorio (adimensional).
Considerando P_e que es el peso específico de los sedimentos (Ton/m³), se determina V_s que es el volumen de sedimentos en millones de metros cúbicos (MMC)

$$\mathrm{V_S} = \mathrm{Q_{saa}} * \mathrm{P_e}$$

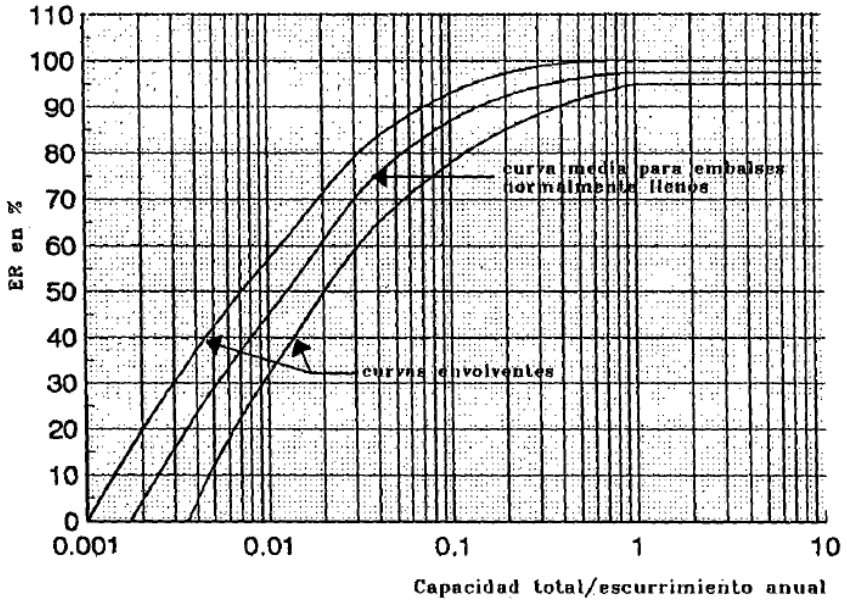


Ilustración 2.3. Curva de retención de G.M. Brune.
Fuente: *Manual de ingeniería de ríos. Capítulo 18: Sedimentación en embalses.* México: UNAM.

2.3.4. Transporte de sedimentos

Para el estudio del transporte de sedimentos se debe considerar lo siguiente:

1) Cantidad de material:
   La cantidad de material transportado o depositado en el río bajo un conjunto dado de condiciones es el resultado de la interacción de dos grupos de variables.
   a) Grupo 1: Conformado por las variables que influyen en la cantidad y calidad del sedimento que es llevado a determinada sección del río.
      Calidad: tamaño, velocidad de sedimentación, gravedad específica, forma, resistencia al desgaste, estado de dispersión y cohesión.
      Cantidad: geología y topografía de la cuenca; la magnitud, intensidad, duración, distribución y temporada de lluvias; las condiciones del suelo, cubierta vegetal; actividades agrícolas y ganaderas y la superficie de erosión.

   b) Grupo 2: Conformado por las variables que influyen en la capacidad del río para el transporte de los sedimentos.
      Propiedades geométricas: profundidad, ancho y posición.
      Propiedades hidráulicas: pendiente, rugosidad, radio hidráulico, flujo, velocidad, velocidad de distribución, turbulencia, fuerza de tracción, propiedades de los fluidos y uniformidad del flujo.
      Sin embargo, las variables en el grupo 1 están sujetas a variaciones en un determinado punto del río, de este modo resulta difícil calcular el suministro de sedimentos que transporta el río, debido a la complejidad de las variables involucradas. Algunos de los métodos comúnmente utilizados para la determinación de la producción de sedimentos han sido resumidos por el Comité de trabajo (1970), por Meyer (1971), por Flaxmann (1972) y Williams y Berndt (1972).
      Por otro lado, las variables en el grupo 2 están sujetas a un análisis matemático y predicción. Lo mejor que una ecuación de transporte de sedimentos puede hacer es predecir la carga de material de lecho. Según Einstein:
      Cada partícula de sedimento que pasa a una sección transversal particular del río debe cumplir las dos condiciones siguientes: La primera es que debe haber sido erosionada en algún lugar de la cuenca antes de llegar a la sección transversal y la segunda es que debe ser transportado por el flujo desde el lugar de la erosión hasta la sección transversal.

2) Clasificación del transporte de sedimentos:
   Según el método de transporte:
   a) Transporte suspendido: El material en suspensión se caracteriza por ser la carga más fina que transporta el flujo en grandes cantidades sostenida por la turbulencia del flujo y se traslada con el caudal de agua. Este tipo de carga está limitada por su disponibilidad en la cuenca, como es el caso del material de lavado, que es aquel que procede de los tramos aguas arriba y cuyo origen se encuentra en el suelo de la

cuenca, erosionado por las gotas de lluvia, o de la erosión que el mismo río produce en sus márgenes.

El transporte en suspensión es igual a la suma del transporte del material de fondo en suspensión más el material de lavado y el material en suspensión propiamente dicho.

b) Arrastre de fondo: El material de fondo se caracteriza porque es difícil de mover por corrientes de agua, cuya tasa está limitada por la capacidad de transporte del flujo entre la fuente y la sección. Este material puede moverse cercano al fondo ya sea rodando, deslizándose o saltando; dependiendo del tamaño de la partícula.

   El transporte de fondo es igual a la suma del arrastre en la capa de fondo más el transporte del material de fondo en suspensión

   Para entender mejor cómo se desarrolla el transporte del material de fondo en suspensión, se detallará a continuación:

   El flujo, debido a su velocidad y turbulencia, levanta las partículas del lecho y las mantiene en suspensión, aunque continuamente se produce un intercambio entre las partículas que están en la capa de fondo y las que se transportan en suspensión propiamente dicha.

   La concentración del número de partículas en suspensión disminuye cuando la turbulencia y velocidad de la corriente decrece. Cuando esto ocurre, una cierta cantidad de partículas retorna al fondo.

   Por tanto la carga total de sedimento transportado es la suma de la carga del material de fondo con la carga en suspensión. Generalmente, la cantidad de carga de fondo transportado por un río grande y profundo es de aproximadamente 5 a 25 por ciento de la carga suspendida.

   Como regla general, muchos ingenieros asumen que el tamaño de las partículas del material de fondo es igual o mayor que 0.0625 mm, que es también el punto de división entre la arena y el limo. El tamaño para las partículas del material de lavado se considera menor a 0.0625 mm.

3) Fórmulas para el transporte de sedimentos

   La mayoría de las ecuaciones de transporte de sedimentos pueden determinar solamente la carga de material de fondo, la carga total de sedimento puede predecirse sólo si se estima la carga de suspensión por: medición, empíricamente o por relaciones analíticas.

   Dubois inició la idea de la tensión de cizallamiento de fondo o fuerza de tracción en el análisis de la carga de fondo. A inicios de 1879, numerosas ecuaciones de carga de fondo relacionan la descarga de la carga de fondo, condición de flujo y la composición del material de fondo. Varias de estas ecuaciones son similares y todas se derivan asumiendo un flujo constante y por lo tanto son aplicables para esta condición. Existe una gran necesidad de investigación en relación con el transporte de sedimentos cuando el flujo es inestable, no uniforme y ambos de variación lenta y rápidamente variable en el tiempo.

En el capítulo 3 se detallarán las funciones de transporte de sedimentos que emplea el programa HEC-RAS para la modelación matemática.

2.4. Posibles soluciones a los efectos de la sedimentación

La Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) ha señalado cuatro grupos de medidas que pueden tomarse para minimizar la pérdida de volumen útil por sedimentación que ocurre en los embalses:

2.4.1. Reducir el aporte de sólidos al embalse

Como se conoce, los sólidos provienen de la erosión de la cuenca y por tanto el disminuir la erosionabilidad sería la solución ideal. Pero lamentablemente la disminución de la erosión de una cuenca es una tarea ardua, que toma mucho tiempo y dinero, y que está vinculada a un conjunto de decisiones que trascienden la actividad del ingeniero proyectista.

El estudio de la erosión de la cuenca no debe ser sólo retrospectivo, sino también prospectivo, es decir tomar en cuenta la erosión pasada, la actual y la futura. Hay eventos que pueden ocurrir en el futuro, de algún modo previsibles, que darían lugar a un incremento de la erosión de la cuenca, y por lo tanto, de la producción de sedimentos. Se trata de una tarea costosa, que toma mucho tiempo y que en algunos lugares está vinculada a problemas socioeconómicos (pobreza, tala de árboles, etc.).

Hay otra forma de disminuir el ingreso de sedimentos a un embalse y consiste en construir aguas arriba una o más presas cuya función sea de retener sedimentos. Sin embargo, este tipo de presas presentan numerosos problemas y desventajas que deberían ser cuidadosamente analizados (Rocha, 2006, p.24).

2.4.2. Disminuir la retención de sólidos en el embalse

Existe otra posibilidad como la disminución de la cantidad de sedimentos que se depositan en el embalse. Para lograr esto se debe controlar que todos los sólidos al llegar al embalse sigan de largo hacia aguas abajo. Pero la realidad es distinta en los embalses frontales sin purga, en donde existe una alta eficiencia de retención. Como solución general, se puede plantear el favorecimiento de formación de corrientes de densidad, o sino operar el embalse de modo que las grandes avenidas pasen de largo (Rocha, 2006, p.25).

2.4.3. Eliminar los sólidos depositados

La acción para eliminar los sólidos depositados es a través de la purga hidráulica del embalse, cuando sus condiciones lo permitan. En algunos lugares la purga se ha hecho por dragado, el que eventualmente se ha combinado con sifones. Pero esto es aplicable más para embalses pequeños.

Esta alternativa se está estudiando en la actualidad y consiste descolmatar el reservorio usando la misma energía del agua en condiciones de flujo supercrítico, es decir con un nivel mínimo de agua y altas velocidades formar surcos longitudinales que permitan el

transporte de sedimentos hacia el exterior del reservorio por la compuertas del aliviadero mediante la colocación de estructuras de encauzamiento.

Para esto se necesita hacer una modelación matemática en el HEC-RAS que permitirá evaluar el proceso de descolmatación en el embalse, definir la posición de las estructuras de encauzamiento y dar información sobre los esfuerzos cortantes en el fondo, las velocidades, presiones y niveles de agua.

Posteriormente al análisis de resultados se buscaran números adimensionales que representen el fenómeno estudiado.

Con los resultados obtenidos en la modelación, se realizarán las pruebas con la finalidad de medir el comportamiento hidráulico y sedimentológico, específicamente la capacidad de transporte de sedimentos.

2.4.4. Compensar el volumen perdido por sedimentación

Esta compensación puede hacerse de varias maneras. Una de ellas es el aumento de la altura de presa, conocido con el nombre de recrecimiento de la presa. Esta acción requiere de un detenido estudio que incluya múltiples aspectos, tales como un análisis de las condiciones de sedimentación para el nuevo embalse creado con el recrecimiento y la verificación previa de cuál es el volumen que podría ganarse. Tomando en cuenta que el volumen no es necesariamente igual al que había topográficamente a la puesta en servicio de las obras, puesto que puede ser que inicialmente haya presentado depósitos por encima del antiguo nivel de operación normal.

De otro lado, se debe tener en cuenta que la sobreelevación de presas exige estudiar y considerar diversos aspectos del tipo: problemas políticos, problemas socioeconómicos, aumento de pérdidas por filtración y evaporación, entre otros. En conclusión, no resulta fácil llevar a cabo esta alternativa.

Otra forma de recuperar volumen de almacenamiento es con la creación de uno o más embalses adicionales para compensar el volumen perdido, esto depende de las condiciones del lugar.

Algunos de los problemas vinculados a la sedimentación y purga de embalses pueden y deben ser estudiados mediante modelos físicos y matemáticos. Estos deben ser de fondo móvil cuya utilidad principal es para el estudio de procesos de descolmatación (Rocha, 2006, p.26).

Capítulo 3

MODELACION NUMERICA

3.1. Modelos matemáticos

Existe una amplia gama de modelos para el transporte de sedimentos, los cuales difieren por complejidad, consideración del proceso y requerimiento de información para la calibración del modelo. En general no existe un único y mejor modelo debido a que son muchos los factores que afectan a cada problema en particular. Dentro de los factores que afectan la elección del modelo están la información requerida para la variación espacial y temporal de las entradas y salidas del modelo, la exactitud y validez del modelo incluyendo los supuestos planteados, los requerimientos computacionales, etc.

Para la búsqueda de respuestas a los comportamientos naturales de los ríos y sus avenidas se ha recurrido al empleo de herramientas basadas en la aplicación de los modelos matemáticos a la hidráulica del flujo laminar libre a través de los lenguajes de programación. Generalmente se aplica en redes de flujos unidimensionales y bidimensionales, muy poco son tridimensionales debido a su complejidad.

3.1.1. Definición[10]

La modelación matemática del flujo de agua es una técnica para determinar las variables hidráulicas como: profundidad, velocidades, caudal, entre otros; a partir de la resolución por métodos numéricos de las ecuaciones de comportamiento con una aproximación de la realidad, a medida que se adapten y asocien las ecuaciones de partida y esquemas numéricos correctos hay más precisión.

Dentro de los modelos más usados en el mundo están el HEC-RAS desarrollado por *US Army Corps of Engineers* de U.S.A, TELEMAC desarrollado por *Electricité* de France EDF, DELFT 3D desarrollado por DELTARES, MIKE desarrollado por el *Danish Hydraulic Institute* (DHI) e INFOWORKS modelo matemático de HR *Wallingford*. De todos estos el HEC-RAS es el más aplicado en hidráulica fluvial para régimen no permanente y transporte de sedimentos.

[10] Guarín, 2014, p. 60.

3.1.2. Clasificación[11]

1) Modelos unidimensionales:
   Los modelos de una dimensión predicen los parámetros básicos como: velocidad, elevación de la lámina de agua, variación en la elevación del lecho y el transporte de sedimentos. Por lo general este tipo de modelos matemáticos no necesitan de un campo de velocidades y es suficiente con obtener la variación espacial y temporal de la cota de agua en un flujo a superficie libre.
   Para flujo unidimensional, el valor de la velocidad con el cual se trabaja es en la dirección x a lo largo del río o canal, considerando que los valores de las otras 2 componentes son despreciables. A pesar de considerar solo un componente en el vector velocidad del flujo, desde el punto de vista de la ingeniería, el concepto del flujo unidimensional da resultados adecuados.
   En la modelación de flujo unidimensional se emplea el software HEC-RAS. La información topográfica se introduce mediante secciones transversales en las cuales se calcula el tirante y la velocidad, este cálculo se realiza por etapas, es decir se hace el balance energético en una sección y se procede a la siguiente, hasta terminar con todas; en estos modelos se supone que el flujo es perpendicular a la sección transversal.
   Por tanto, los modelos unidimensionales siguen siendo una opción para conocer las características de un lecho, por su simplicidad, la baja cantidad de datos que necesita y los mínimos requerimientos en rendimiento del computador para poderlos desarrollar.
   Un flujo unidimensional se puede clasificar tomando en cuenta el tiempo y la distancia:
   a) Respecto al tiempo: Se caracteriza por el cambio del flujo conforme transcurre el tiempo, y éste puede ser permanente o no permanente.
      - Un flujo es permanente cuando las características de flujo, como tirante, presión y velocidad no varían con el tiempo en una misma sección transversal. En caso contrario, si estas características varían en el tiempo, es un flujo no permanente.
      - El flujo no permanente es el que se presenta en forma común en la naturaleza, y es producido por lluvias, mareas, operación de compuertas en canales, etc.
   b) Respecto a la distancia: Según la variación de las características del flujo de una sección a otra, éste puede clasificarse en uniforme y variado.
      - Un flujo es uniforme, cuando sus características no cambian de una sección a otra. En este caso las líneas de corriente son paralelas, es decir la magnitud y dirección del vector velocidad es constante.
      - El flujo es variado, cuando sus características se modifican con la distancia, a su vez se clasifica en gradualmente variado y rápidamente variado.

2) Modelos bidimensionales
   La mayoría de estos modelos consideran las variaciones en las dos dimensiones del plano horizontal. Las variaciones de la velocidad u otra magnitud en la columna vertical de agua se promedian y se asumen como un único valor. En este caso es

[11] Guarín, 2014, pp. 54-59.

indispensable conocer el campo de velocidades, igual para los modelos tridimensionales.

Este tipo de modelos son útiles en flujos muy extendidos (como: lagos, estuarios, etc.) debido a la mínima variación vertical de velocidad, por eso se llaman modelos de aguas someras o poco profundas. No son aplicables a casos donde la variación vertical de la velocidad es apreciable, como por ejemplo el flujo sobre un vertedero o a través de un orificio sumergido.

Para el desarrollo de los modelos bidimensionales y tridimensionales se requiere resolver las ecuaciones diferenciales y por tanto una discretización mediante el uso de mallas. Los métodos principales de cálculo son: el método de elementos finitos, el método de diferencias finitas y el método de volúmenes finitos.

Una de las ventajas de los modelos computacionales en 2D y 3D es la proporción de mucho detalle y precisión, siendo capaces de manejar condiciones complejas de borde e iniciales, para los cuales no existen en la mayoría de casos soluciones analíticas. Sin embargo, la mayoría de los métodos requieren la solución simultánea de todos los nodos del dominio, lo cual aumenta la carga computacional.

3) Modelos tridimensionales

El flujo en canales naturales es un fenómeno en tres dimensiones, concretamente sobre meandros, en zonas de expansión y contracción o en las estructuras hidráulicas. La turbulencia es un problema en tres dimensiones, por esta razón los modelos son necesarios para la simulación de transporte de sedimentos y turbulencia.

Estos modelos son capaces de calcular las tres componentes espaciales de la velocidad, y por tanto aplicables a cualquier caso práctico.

Los modelos en tres dimensiones (3D) constituyen una herramienta poderosa en la ingeniería fluvial, sin embargo necesita desarrollos computacionales y una gran cantidad de datos.

3.2. Aplicaciones del HEC-RAS[12]

El HEC-RAS es un programa diseñado para realizar cálculos hidráulicos unidimensionales para una red de canales naturales y construidos. Los módulos que integran al programa permiten calcular del flujo en régimen permanente, no permanente, transporte de sedimentos o fondo móvil, así como el análisis de calidad del agua.

La siguiente es una descripción de las principales capacidades de HEC-RAS:

3.2.1. Perfiles de flujo constante

Este componente del sistema de modelado está destinado para el cálculo de los perfiles de la superficie libre del agua para flujo gradualmente variado en régimen permanente. El sistema puede manejar un único tramo de río, un sistema dendrítico, o una red completa de canales. Se aplica para grandes redes de ríos y canales o solamente un tramo de ellos, así como la capacidad de modelar flujos en régimen subcrítico, supercrítico o mixto.

[12] US Army Corps of Engineers, 2010, cap 1, pp. 2-3

El cálculo de los perfiles hidráulicos se basa en la solución de la ecuación de energía, bajo la hipótesis del flujo unidimensional. Las pérdidas de energía por fricción, contracción o expansión del flujo, son valuadas con la ecuación de manning y para la contracción o expansión se multiplica un coeficiente de pérdida por la carga de velocidad.

La ecuación del momentum es utilizada en situaciones en que el perfil de la superficie de agua es rápidamente variado, esto incluye cambios en el régimen del flujo producto de variaciones significativas en la pendiente del terreno, contracciones en puentes y confluencias de corrientes.

Dentro del análisis del flujo en régimen permanente se puede evaluar el efecto de obstrucciones tales como puentes, alcantarillas, presas y vertederos.

3.2.2. Simulación de flujo no permanente

Este componente del sistema es capaz de simular el flujo no permanente unidimensional a través de una red completa de canales abiertos.

Los cálculos hidráulicos para secciones transversales, puentes, alcantarillas y otras estructuras hidráulicas que se han desarrollado para el componente de flujo constante se incorporaron en el módulo de flujo no permanente. Además, este componente de flujo no permanente tiene la capacidad de modelar las áreas de depósito y las conexiones hidráulicas entre las áreas de almacenamiento.

3.2.3. Transporte de sedimentos/ Cálculos de límites móviles

Este componente está destinado para la simulación unidimensional del transporte de sedimentos y cálculos de los límites móviles resultantes de la erosión y la deposición durante periodos de tiempo moderados (normalmente años).

El potencial de transporte de sedimentos se calcula por la fracción de tamaño de grano, lo que permite la simulación de la clasificación hidráulica y blindaje.

Las características principales incluyen la habilidad para modelar una red completa de los cursos de agua, el dragado de canales, diversas alternativas de diques e invasión, así como el uso de varias ecuaciones para el cálculo del transporte de sedimentos.

El modelo está diseñado para simular las tendencias a largo plazo de la erosión y la deposición en un curso de agua que pudiera resultar de la modificación del escenario o de la frecuencia y la duración de la descarga de agua, también de un cambio en la geometría del canal. Este sistema puede ser usado para evaluar la deposición en los embalses, predecir la influencia de dragado en la velocidad de deposición, estimación de la máxima erosión posible durante grandes eventos de inundación y evaluar la sedimentación en canales fijos.

3.3. Funciones de capacidad de transporte[13]

El potencial de transporte de sedimentos está determinado por la cantidad de granos de una clase particular que se puede transportar. Para el cálculo de potencial de transporte se usan una serie de ecuaciones de transporte de sedimentos que se encuentran disponibles en el programa. La mayoría de estas ecuaciones fueron desarrolladas para un único tamaño de grano, como el d50 (o, a lo sumo dos tamaños de grano como d50 y d90), la ecuación es aplicada de forma independiente para cada clase de grano que se presente en el sistema y su valor es calculado por separado para cada uno. En la actualidad hay siete funciones de transporte de sedimentos en HEC-RAS.

Se han desarrollado múltiples funciones para los cálculos debido a que las ecuaciones de transporte de sedimentos son sensibles a muchas variables. Los potenciales calculados por las diferentes ecuaciones pueden variar en órdenes de magnitud, por ello se debe seleccionar una función de transporte que sea capaz de trabajar con gradaciones y parámetros hidráulicos similares a los del proyecto de interés.

3.3.1. Fórmula Ackers and White

La función de transporte Ackers-White permite calcular la carga total de sedimentos transportados bajo la suposición que el transporte de sedimentos finos está relacionado a las turbulentas fluctuaciones en el agua y el transporte de sedimentos gruesos está relacionado a la cizalladura neta del grano con una velocidad promedio como variable representativa. Se desarrolló a partir de los datos de un canal de descarga con sedimentos de gradaciones relativamente uniformes que van desde arenas a gravas finas. La hidrodinámica cubre una amplia gama de configuraciones del fondo incluyendo ondulaciones, dunas y condiciones de lecho plano.

Bajo condiciones típicas, los sedimentos finos son limos de menos de 0.04 mm de diámetro y sedimentos gruesos son arenas con un diámetro superior a 2.5 m. Las relaciones desarrolladas por Ackers-White son aplicables a arenas no cohesivas mayores de 0.04 mm de diámetro, con un rango de extensión hasta 7 mm de diámetro.

Los sedimentos en suspensión se calculan en función de la velocidad de corte, mientras que los sedimentos de lecho en función de la tensión de cizallamiento o corte.

3.3.2. Fórmula Engelund - Hansen

La función de Engelund-Hansen predice la carga total de sedimentos y es aplicable para ríos con carga sustancial de arena suspendida. Esta ecuación de transporte de sedimentos se desarrolló a partir de los datos de un canal de descarga con tamaños uniformes de arena entre 0.19 mm y 0.93 mm de diámetro.

Por lo general se caracteriza por ser una función simple que depende de la velocidad del canal, cizalladura del fondo y el d50 del material, por tanto no es complicada.

[13] US Army Corps of Engineers, 2010, cap 13, pp. 4-7.

3.3.3. Fórmula Laursen – Copeland

El método de Laursen consiste en una función de predicción de la carga total de sedimentos derivada de la combinación de un análisis cualitativo, experimentos y datos suplementarios. El transporte de sedimentos está principalmente definido en función de las características hidráulicas del canal principal: velocidad, profundidad del flujo, gradiente de energía; además de las características de gradación de los sedimentos y la velocidad de caída. Las contribuciones de Copeland amplían el rango de aplicación para partículas de 0.011 a 29 mm de diámetro.

Después Copeland generalizó la ecuación para el transporte de grava de modo que la ecuación podría ser utilizada para lechos graduados.

El rasgo distintivo de Laursen es que el material de sedimento de la función fue desarrollado para un rango de gradación que se extiende hacia abajo del limo. Según algunos trabajos realizados se ha demostrado que la ecuación de Laursen supera a otras funciones de transporte en el rango de limo.

3.3.4. Fórmula Meyer-Peter and Müller

Esta ecuación fue una de las primeras ecuaciones desarrolladas y sigue siendo una de las más usadas. Es considerada estrictamente una ecuación de carga de lecho bajo condiciones de lecho plano.

En un inicio Meyer-Peter desarrolló a partir de los experimentos realizados con gravas uniformes de 5.1 y 28.6 mm, una ecuación para el cálculo de transporte de fondo.

Las modificaciones realizadas lo llevaron a enunciar hasta a una cuarta fórmula basada en experimentos con partículas de arena de tamaño uniforme, partículas de arena de tamaño mixto, grava natural, lignito y barita de diferentes tamaños, partículas de diferentes tamaños es decir graduadas. De esta forma esta función es aplicable para un tamaño de partículas en el rango de 0.4 a 29 mm de diámetro, con una gravedad específica en el rango de 1.25 hasta más de 4.

A lo largo del estudio se establecieron algunas condiciones e hipótesis sobre la forma que se producía el escurrimiento y de su interacción con los sedimentos de fondo y las paredes del canal. Entre ellas:

-Las pruebas fueron llevadas a cabo tratando de que el escurrimiento sea uniforme, es decir que fueran paralelas la pendiente de fondo S_b , la de superficie libre S_a y la pendiente hidráulica S.
-Al trabajar con partículas de diferentes tamaños, Meyer- Peter y Müller encontraron que el diámetro representativo de las partículas transportadas es el diámetro medio, la cual se obtiene directamente de la curva granulométrica.
-El término n'se utiliza cuando la turbulencia del flujo está completamente desarrollada.

-Cuando el ancho de la sección es mayor que el tirante, como ocurre en los ríos y cauces naturales, solo importa la rugosidad del fondo ya que la rugosidad de escurrimiento no se ve afectada por la rugosidad de las paredes.

La fórmula de Meyer-Peter y Müller se expresa de la siguiente forma:

$$g_B = 8\,\gamma_s(g\Delta {D_m}^3)^{1/2}\left(\left(\frac{n'}{n}\right)^{3/2}\frac{R*S}{\Delta*D_m} - 0.047\right)^{3/2}$$

Donde γ_S es el peso específico del sedimento en kgm^{-3}, γ es el peso específico del agua, R el radio hidráulico en metros, S es la pendiente, g es la aceleración de la gravedad, D es el tamaño medio de las partículas de la superficie en metros y g_B es la tasa de transporte en peso seco kg$m^{-1}s^{-1}$. Siendo n el coeficiente de rugosidad del lecho igual a ${Y_m}^{2/3} * S^{\frac{1}{2}}/\,u$, u hace referencia a la velocidad del flujo, n'se expresa como $({D_{90}}^{1/6})/26$.

3.3.5. Fórmula Tofaletti

El método de Tofaletti es una función modificada de Einstein de carga total. Esta función no depende en gran medida de la velocidad de corte o del cizallamiento del lecho.

Fue formulada a partir de las regresiones de temperatura y un exponente empírico que describe la relación entre el sedimento y las características hidráulicas. Además se desarrolló bajo estudios en canales cuyas partículas de sedimentos presentan un diámetro en el rango de 0.3 a 0.93 mm. Sin embargo este método sugiere que un diámetro de partículas por debajo de 0.095 mm es aceptable.

Un distintivo enfoque de la función de Tofaletti es el cálculo de la concentración de sedimentos de cada zona con una simple aproximación del perfil de Rouse. El transporte para cada zona se calcula por separado, este enfoque es más adecuado para el transporte con una significativa carga suspendida. La función ha sido usada con éxito en sistemas grandes como los ríos Mississippi, Arkansas y Atchafalaya.

3.3.6. Fórmula Yang

El método de Yang es desarrollado bajo la premisa que la potencia de la corriente es un factor dominante para la determinación de la concentración total de sedimentos.

La función fue desarrollada y probada sobre una variedad de datos de canales y la ecuación está compuesta de dos relaciones separadas para el transporte de la arena y grava. Es aplicable principalmente para un rango de tamaño de sedimento está entre 0.062 a 7 mm con una concentración total de sedimentos en el rango de 10 ppm a 585 000 ppm.

3.3.7. Fórmula Wilcock

Es una ecuación para cargas de fondo diseñado para un fondo graduado compuesto por grava y arena. Es además un método de transporte superficial basado en la teoría de que el transporte depende principalmente del material que se encuentra en contacto directo con el

flujo. Esta fórmula está basada en las gradaciones superficiales de ríos y canales. Por lo tanto, las gradaciones del lecho deben reflejar las propiedades del fondo.

La teoría central de la ecuación de Wilcock es que el transporte potencial de grava aumenta a medida que aumenta el contenido de arena. Esta ecuación tiende a ser más adecuada para los sistemas bimodales y tiende a divergir de otras ecuaciones de grava unimodal o transporte de arena.

Capítulo 4

INGRESO Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Adquisición de datos para el modelo matemático

Para el modelo matemático se ha reunido todas las mediciones correspondientes al embalse de Poechos, la cual permitirá evaluar su comportamiento hidráulico y sedimentológico.

4.1.1. Levantamiento topográfico inicial

Se muestra la Tabla 4.1 con los valores de ubicación de los hitos en el margen izquierdo y margen derecho del embalse.

Tabla 4.1. Hitos de las 20 secciones transversales del embalse Poechos.

Nº SECCION	PUNTO	COORDENADAS		AZIMUT	COTA
		X	Y		
1	CEMENTERIO	43,834.65	88,619.10	276°55'05	104.77
	1 I	51,089.21	87,738.87	96°55'05	116.34
2	CONDOR NUEVO	43,088.72	90,101.60	278°17'39	114.20
	2 I	52,098.74	88,788.12	98°17'39	123.20
3	3 I	51,385.71	89,785.52	108°31'46	133.95
	3 D	42,250.01	92,847.52	288°31'46	139.18
4	4 I	50,440.07	92,549.65	99°42'36	182.90
	4 D	45,468.46	93,400.35	279°42'36	116.50
5	5 I	51,185.18	93,427.04	9°00'42	194.24
	HUAYPIRA	45,424.80	94,288.30	270°00'42	231.72
6	6 D	45,711.91	95,253.40	268°58'19	122.85
	6 I	49,799.77	95,326.79	88°58'19	150.84
7	LA CRIA	49,703.74	95,960.66	105°33'10	123.90
	7 D	45,827.15	97,039.57	285°33'10	131.73
8	8 D	46,018.30	97,799.68	278°00'12	136.14
	ELVITA	49,768.33	97,272.43	98°00'12	133.15
9	9 I	50,298.43	98,094.12	117°16'10	112.31
	9 D	46,299.17	100,155.58	297°16'10	121.56
10	PUQUIO	51,078.61	98,920.55	123°17'50	119.34
	LANCONES B	49,529.38	99,938.10	303°17'50	121.54

Tabla 4.1. Hitos de las 20 secciones transversales del embalse Poechos. (continuación)

Nº SECCION	PUNTO	COORDENADAS		AZIMUT	COTA
		X	Y		
11	HUAYLAS	48,032.78	101,423.44	293°39'52	157.62
	CERCO	51,836.16	99,756.69	113°39'52	119.82
12	LANCONES	50,287.32	102,684.02	300°56'25	155.60
	CHARITO	51,678.67	101,849.99	120°56,25	115.46
13	DESEMBOCADURA	51,790.03	103,910.77	305°46'16	121.64
	PUERTA	52,704.51	103,251.93	125°46'16	132.97
14	EMPALME	50,300.22	105,008.49	285°33'58	127.25
	CARPINTERO	53,858.34	104,018.24	105°33'08	141.15
15	PAPELILLO	54,294.59	104,439.91	123°41'21	142.06
	BARRANCO	52,789.25	105,443.44	303°41,21	125.54
16	TOMA	53,950.03	105,681.50	110°02'48	133.80
	SOLANA BAJA	53,095.59	105,993.28	290°02'48	127.84
17	CHATO	54,194.08	106,695.88	138°01'27	123.65
	CHINITO	53,289.82	107,701.01	318°01'27	125.22
18	PLAYA	55,219.27	107,302.14	161°29'08	127.72
	SOLANA ALTA	54,871.77	108,339.84	341°29'08	130.44
19	SIPIONES	56,364.45	108,384.68	142°28,10	131.36
	ARDILLA	55,906.07	108,981.39	322°28'10	133.82
20	ALAMOR	56,339.15	110,133.90	302°55'02	136.18
	ALGARROBILLO	56,935.89	109,747.60	122°55'02	153.51

Las mediciones topográficas iniciales corresponden al año 1976 y representan la superficie de terreno sin sedimentos. Ver Tablas de la topografía inicial en el anexo B1.

4.1.2. Batimetría

Para la modelación se ha trabajado con las batimetrías del año 2014, tomando en cuenta que esta medición se realizó a finales del 2014 e indica el nivel de fondo a finales del mismo año, esto se utiliza como referencia de la cantidad acumulada de sedimentos a inicios del 2015 para analizar la variación de la cota de fondo del embalse con los caudales medidos durante dicho año, de este modo se modela para el 2015 puesto que la actualización de datos se da a finales de cada año.

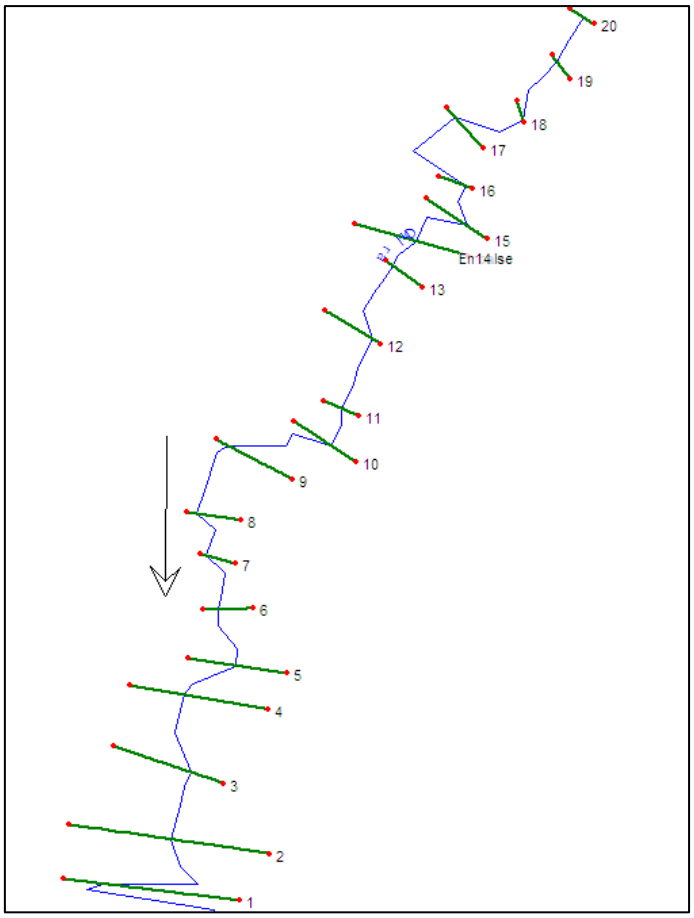


Ilustración 4.1. Vista en planta del levantamiento batimétrico.

La Ilustración 4.1 se observa el esquema geométrico del levantamiento batimétrico.
Las ilustraciones de la batimetría en las secciones transversales están en el anexo B2 y s.s. y representan la colmatación de cada sección a finales del 2014 respecto al fondo del embalse sin sedimentos que corresponde al año 1976, cuando inició su operación.

4.1.3. Granulometría

El estudio de la distribución del sedimento en el embalse contempla también conocer las características físicas del material. Por ello se ha tomado información sobre la granulometría del reservorio de la tesis de Quintana (2006).
A continuación se muestran las Ilustraciones 4.2 y 4.3 correspondientes a las curvas granulométricas de sedimento en suspensión y de fondo del depósito en el cauce del río Chira en las estaciones: Ardilla y Rosita.

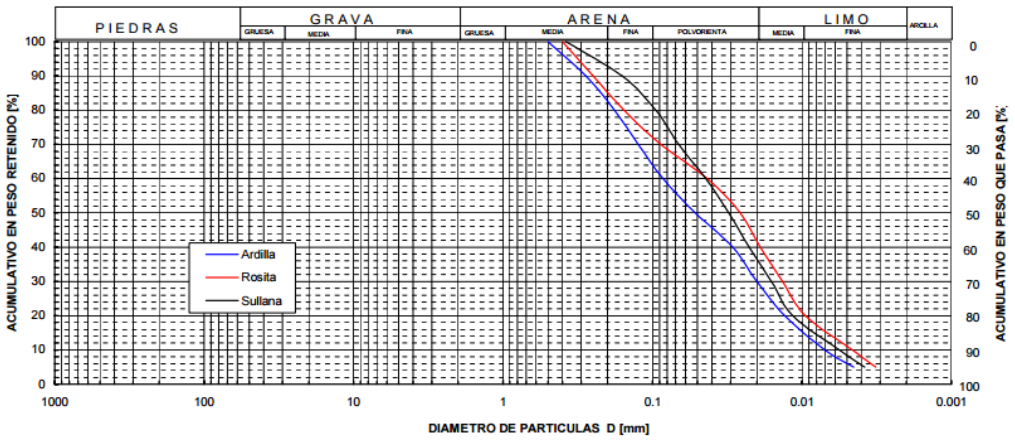


Ilustración 4.2. Curvas Granulométricas de sedimentos en suspensión del Río Chira. Estaciones: Ardilla, Rosita y Sullana
Fuente: Quintana (2006).

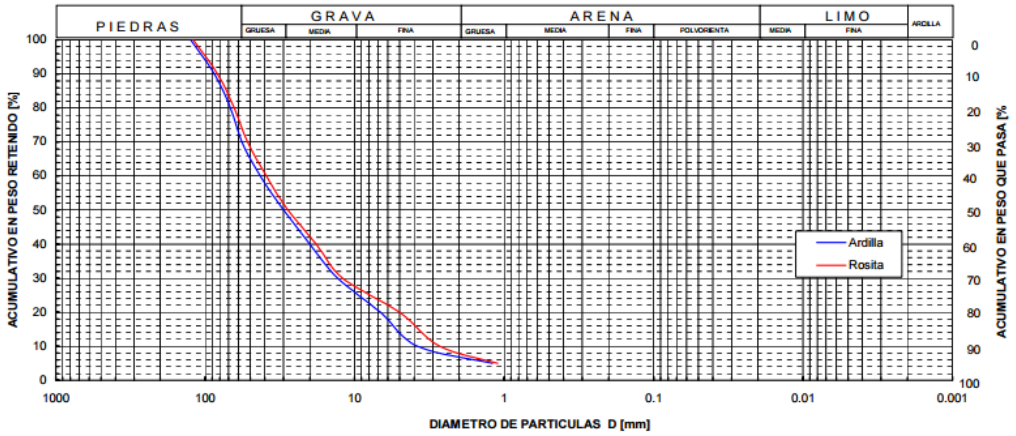


Ilustración 4.3. Curvas Granulométricas de depósito en el cauce del Río Chira. Estaciones: Ardilla y Rosita
Fuente: Quintana (2006).

Al observar las curvas granulométricas podemos decir que el material en suspensión y el de fondo están compuestos de la siguiente manera:

-En suspensión

Arena 70%

Limo 30%

-De fondo

Gravas medianas y finas 50%

Gravas gruesas 24%

Piedra 26%

Para fines de evaluación de tamaño de sedimentos en el embalse se tomará la curva granulométrica correspondiente a la estación Ardilla por ubicarse aguas arriba del embalse.

Esta curva presenta:

-D90: 0.3 mm (suspensión) y 100 mm (fondo)

-D50: 0.05 mm (suspensión) y 30 mm (fondo)

-D10: 0.007 mm (suspensión) y 4 mm (fondo)

Los valores de diámetros presentados serán los utilizados para la evaluación del comportamiento sedimentológico en el modelo numérico.

Es importante mencionar que según las características hidráulicas de todo embalse, el material más grueso se sedimenta en la cola del embalse y el resto avanza a manera de corrientes de densidad y se deposita en el embalse.

4.1.4. Caudal

Para modelar el proceso de descolmatación en el reservorio, se ha previsto trabajar con las medidas de los caudales máximos de operación normal durante el 2015, correspondientes a los días 20 de Marzo al 2 de Abril como se muestra en la Tabla 4.2, tomando en cuenta que esta condición es cuando las compuertas del aliviadero están cerradas. Estas mediciones han sido registradas en la estación Ardilla, aguas arriba de la presa con las mediciones del caudal de salida para derivación a los canales Huaypirá, Miguel Checa y Daniel Escobar, asimismo para el mismo río Chira.

Tabla 4.2. Caudales de operación 20 Marzo-2 Abril del 2015.

Caudal entrada	Cota de operación	Caudal de salida
642.36	103.02	102.57
838.20	103.12	113.89
1232.06	102.71	113.85
755.67	102.46	113.77
665.20	102.30	114.05
858.48	102.33	114.27
1659.70	102.89	114.35
1337.73	102.37	114.35
1163.88	101.25	114.20
1407.78	100.78	114.03
1599.40	100.81	113.75
1845.69	101.09	113.52
1346.73	100.11	113.40
894.03	99.00	114.17
526.58	99.57	115.01

Estos valores de caudales máximos, cuyo valor de promedio es 1200 m^3/s, han sido representados en el siguiente hidrograma.

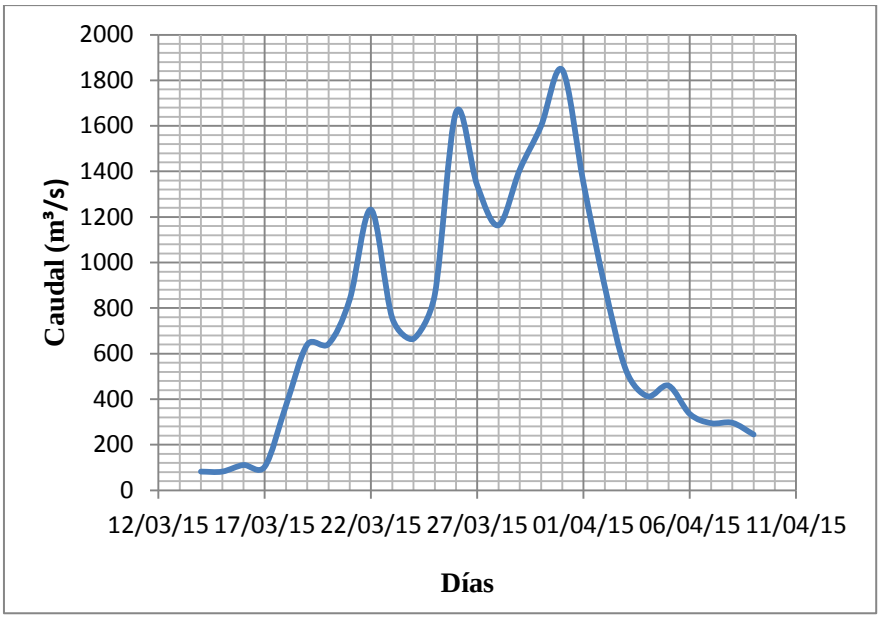


Ilustración 4.4. Hidrograma Mes de Marzo-Abril 2015.

4.2. Desarrollo de un modelo hidráulico en HEC-RAS

Para la modelación hidráulica en el programa HEC-RAS, se debe seguir un proceso que se inicia con la creación de un proyecto, el cual se denomina así al sistema de archivos de datos asociados con un sistema particular del río. Los archivos de datos de un proyecto son clasificados como:

-Datos de plan
-Datos geométricos
-Datos de flujo estacionario
-Datos de flujo no estacionario
-Datos de diseño hidráulico

En este caso, al tratarse de un embalse o depósito de retención se trabaja considerando un flujo no estacionario. Es importante antes de empezar con el plan verificar las unidades, para el cual se debe seleccionar el SI (Sistema Internacional de Unidades).

4.2.1. Introducción de la geometría

Los datos geométricos que definen el sistema esquemático a modelar, en este caso un embalse, consiste en: las secciones transversales. Para esto se organizó en un Excel la información del levantamiento batimétrico (en coordenadas X, Y, Z) del año 2014 por secciones, se dividió en 20 secciones transversales que conforman el embalse y se ha trabajado bajo el sistema relativo de medición altimétrica denominado OLSA, este sistema fue empleado al momento de la construcción por Energoprojekt.

Después se importaron los datos al HEC-RAS con el formato CSV separado por comas, y se agregaron secciones intermedias entre las secciones principales, también en la zona aguas abajo entre la presa y la sección 1 se ingresaron 9 secciones para más detalle de la operación durante la descolmatación y observar la sección que es fácilmente erosionable y

la zona donde hay mayor arrastre de sedimentos. Una vez que se tiene el esquema de la Ilustración 4.5 se ingresa los valores de las longitudes entre secciones tomando en cuenta el sentido del flujo, desde aguas arriba hacia aguas abajo.

Se agrega la sección de las compuertas del aliviadero, porque el proceso se da a un nivel de operación menor al nivel de las compuertas, es decir se trabaja a flujo libre manteniendo éstas abiertas.

Se especifica el coeficiente de manning (n) y los coeficientes de expansión y contracción según la Tabla 4.4, donde los valores de coeficientes asignados son de 0.3 y 0.1 respectivamente para transiciones graduales y el coeficiente de manning considerado es 0.02.

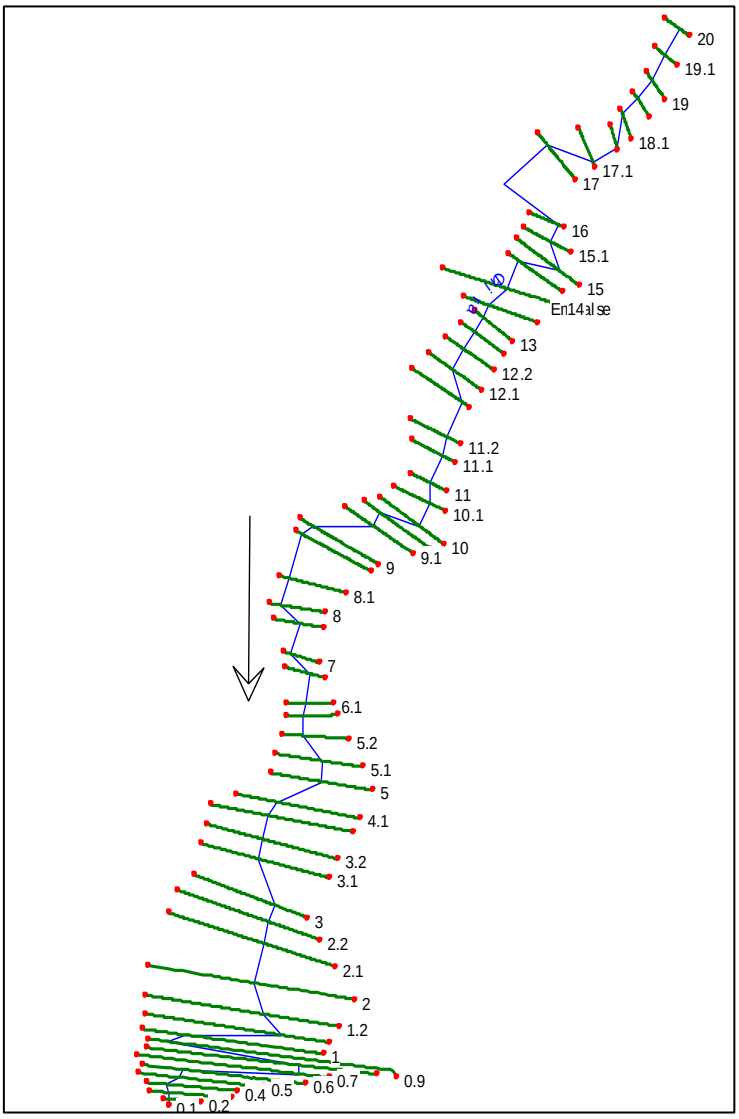


Ilustración 4.5. Esquema geométrico del embalse Poechos trabajado en HEC-RAS.

Tabla 4.3. Distancia entre secciones de la malla de descolmatación.

Ítem	Secciones	M.I.[14]	Centro	M.D.[15]
1	20	723.61	697.01	670.4
2	19.1	847.69	799.36	751.02
3	19	547.69	532.62	517.55
4	18.2	627.82	492.86	357.89
5	18.1	385.27	361.19	337.10
6	18	674.98	728.29	781.60
7	17.1	473.05	643.65	814.24
8	17	1106.78	1307.19	1507.59
9	16	1006.25	1056.47	1106.68
10	15.1	620.91	481.06	341.20
11	15	459.88	360.20	260.51
12	14.1	341.15	365.34	389.52
13	14	348.53	551.15	753.76
14	13.1	558.36	506.46	454.55
15	13	632.45	417.14	201.83
16	12.3	350.11	388.00	425.88
17	12.2	432.14	454.79	477.43
18	12.1	529.76	514.03	498.29
19	12	395.54	460.25	524.95
20	11.2	821.19	915.28	1009.36
21	11.1	418.30	462.79	507.27
22	11	566.54	625.20	683.85
23	10.1	423.48	451.74	480.00
24	10	690.18	512.18	334.18
25	9.2	296.77	294.26	291.75
26	9.1	280.52	324.44	368.35
27	9	574.20	689.83	805.45
28	8.2	219.91	287.26	354.60
29	8.1	565.49	914.09	1262.69
30	8	437.45	563.45	689.44

[14] M.I.: Margen Izquierdo.
[15] M.D.: Margen Derecho.

Tabla 4.3. Distancia entre secciones de la malla de descolmatación. (Continuación).

Ítem	Secciones	M.I.	Centro	M.D.
31	7.1	342	323.75	305.5
32	7	928.42	702.11	475.8
33	6.2	306.53	358.58	410.63
34	6.1	290.52	694.05	1097.6
35	6	236.02	258.19	280.35
36	5.2	599.11	437.72	276.33
37	5.1	647.74	494.25	340.76
38	5	486.58	435.26	383.93
39	4.1	697	631.07	565.14
40	4	298.89	312.17	325.44
41	3.2	691.88	570.44	449
42	3.1	396.86	418.96	441.06
43	3	1147.1	883.61	620.1
44	2.2	302.74	363.24	423.73
45	2.1	418.71	481.22	543.72
46	2	475.11	839.46	1203.8
47	1.2	681.27	659.8	638.33
48	1.1	410.03	403.81	397.58
49	1	284.66	310.64	336.62
50	0.9	204.12	204.12	204.12
51	0.8	202.96	202.96	202.96
52	0.7	235.09	235.09	235.09
53	0.6	206.97	206.97	206.97
54	0.5	204.51	204.51	204.51
55	0.4	194.57	194.57	194.57
56	0.3	121.28	121.28	121.28
57	0.2	157.53	157.53	157.53
58	0.09	0	0	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.4. Criterio de expansión y contracción utilizado en HEC-RAS.

	Contracción	Expansión
Sin pérdidas por transición	0	0
Transiciones graduales	0.1	0.3
Secciones típicas de puentes	0.3	0.5
Transiciones abruptas	0.6	0.8

Fuente: García, Raúl (2012).

4.2.2. Selección de los parámetros de transporte

Para la simulación del transporte de sedimentos es necesario seleccionar la función de transporte más apropiada de la Tabla 4.5 para la modelización

Tabla 4.5. Funciones de transporte de sedimentos y características de los parámetros.

Función	dm (mm)	Vm (m/s)	h (m)	s (m/m)
Ackers-White	0.4- 7	0.02-2.16	0.003- 0.43	0.00006- 0.037
Engelund-Hansen	0.19 - 0.93	0.2-1.93	0.06- 0.41	0.000055-0.019
Laursen (campo)	0.08-7	0.02- 2.37	0.2- 16.5	0.0000021-0.0018
Laursen (canal)	0.011-29	0.21-2.87	0.009- 1.10	0.00025- 0.025
Meyer-Peter-Müller	0.4- 29	0.37-2.87	0.009- 1.19	0.0004- 0.02
Tofaletti (campo)	0.062- 4	0.21- 2.37	0.02- 17.28	0.000002-0.0011
Tofaletti (canal)	0.062- 4	0.21-1.92	0.02- 0.34	0.00014- 0.019
Yang (arena)	0.15-1.7	0.24-1.95	0.01- 15.24	0.000043-0.028
Yang (grava)	2.5-7	0.43-1.55	0.02- 0.22	0.0012- 0.029

Fuente: U.S. Army Corps of Engineers, Waterway Experiment Station. 1998/ River Flow 2012

Donde: d_m= Diámetro medio de partículas, mm.
V_m= Velocidad media del canal.
h = Profundidad del flujo de agua.
S = Gravedad especifica de sedimento.

Se selecciona la ecuación de Meyer-Peter y Müller por su relación directa con el esfuerzo cortante y su aplicación para un amplio rango de sedimentos.

Se descartaron las demás funciones por las siguientes razones:

-Toffaleti es una formulación muy sensible a la temperatura y contiene un exponente empírico que describe la relación entre los sedimentos y las características hidráulicas.
-Engelund no es una formulación adecuada para el rango de tamaños representados en el cauce del embalse, al subestimar las gravas medias.
-Laursen puede ocasionar incertidumbre estándar en el cálculo de la capacidad de transporte.
-Yang tiende a ser muy sensible a la velocidad de la corriente y es más sensible a la velocidad de caída que todas las demás ecuaciones.

En cuanto al espesor del lecho móvil y su seguimiento vertical se ha de seleccionar entre dos métodos:

-Exner 5: Modelo con tres capas de lecho: la capa inactiva, la capa activa que se divide a su vez en una capa cubierta y una capa subsuperficial, siendo la capa cubierta donde se presenta la deposición y erosión.

-Active Layer: Representa la simplificación de un lecho con dos capas, con esta opción el espesor de la capa activa es igual al diámetro d_{90} de la capa, siendo entonces un método válido sólo para lechos de grava y destinado en particular para trabajar con la ecuación de Wilcock.

La mayoría de las teorías de velocidad de caída se derivan del balance de la fuerza gravitacional y la fuerza de arrastre en una partícula cayendo a través de una columna de agua. El programa HEC-RAS presenta varios métodos para calcular la velocidad de caída de los sedimentos, se ha de seleccionar entre estos:

-Rubey: Se aplica esta ecuación para limos, arenas y gravas, aunque señala que las partículas con gravedad específica aproximada a 2.65 son las más apropiadas.

-Tofaletti: Se aplica para partículas con un factor de forma de 0.9 y gravedad específica de 2.65 establecidas en una tabla, el cual está asociado con rangos de temperatura y determinado tamaño de partículas como arenas muy finas y gravas medias.

-Van Rijn: Se aplica para partículas no esféricas con un factor de forma de 0.7 y una temperatura de 20 °C.

Para la gráfica de la curva granulométrica se debe tomar en consideración la Tabla 4.6.

Tabla 4.6. Clasificación de sedimentos según medida del diámetro.

Material sedimento	Rango del diámetro de grano (mm)	Diámetro promedio (mm)
Arcilla gruesa	0.002-0.004	0.003
Limo muy fino	0.004- 0.008	0.006
Limo fino	0.008-0.016	0.011
Limo medio	0.016-0.032	0.023
Limo grueso	0.032-0.0625	0.045
Arena muy fina	0.0625-0.125	0.088
Arena fina	0.125-0.250	0.177
Arena media	0.250-0.5	0.354
Arena gruesa	0.5-1	0.707
Arena muy gruesa	1-2	1.41
Grava muy fina	2-4	2.83
Grava fina	4-8	5.66
Grava media	8-16	11.3
Grava gruesa	16-32	22.6
Grava muy gruesa	32-64	45.3
Cantos rodados pequeños	64-128	90.5
Cantos rodados grandes	128-256	181
Peñones pequeños	256-512	362
Peñones medianos	512-1024	724
Peñones grandes	1024-2048	1448

Fuente: US Army Corps of Engineers (2010). HEC-RAS 4.1. Reference manual.

La curva se crea y edita considerando que puede representarse de 2 formas:

-% Finos: Curva de graduación acumulada del lecho con más finos por ciento asociados a la media geométrica de cada clase de grano.

-Clase de grano fracción/peso: La fracción de cada especie respecto del peso especifica la clase.

Se crea en el HEC-RAS la curva granulométrica del material de fondo, como se observa en la Ilustración 4.6. La curva hace referencia a los sedimentos que se han ido acumulando en el fondo.

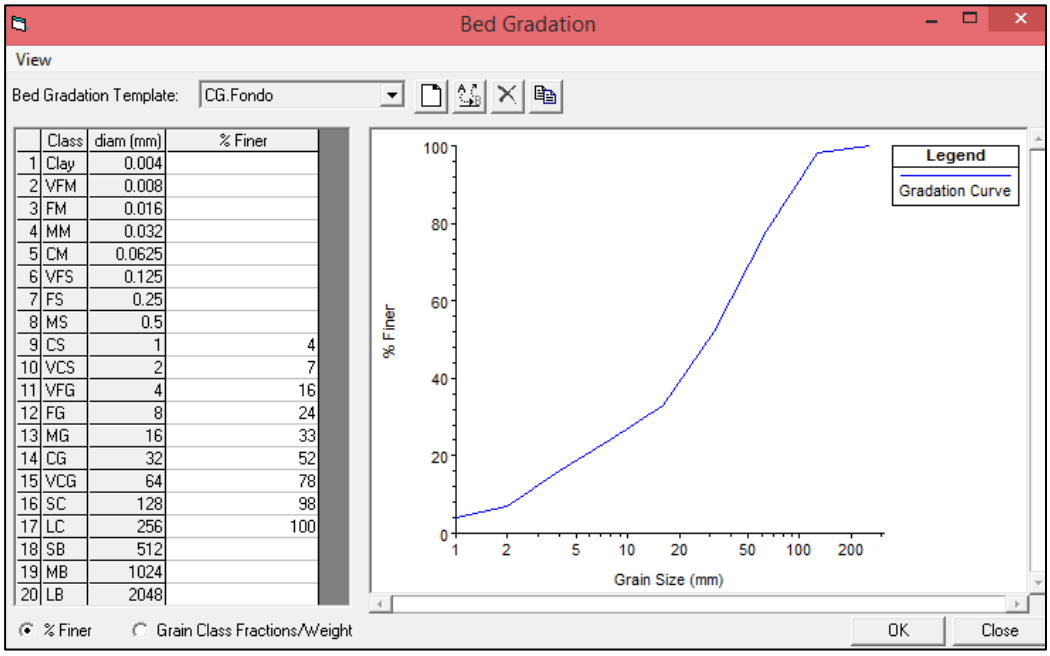


Ilustración 4.6. Representación de la Curva Granulométrica en HEC-RAS.

También un parámetro a definirse en el HEC-RAS es la temperatura, en este caso se ha asignado una temperatura de 18°C.

4.2.3. Establecer condiciones iniciales

Las condiciones iniciales consisten en información del caudal y elevación de agua en cada sección del reservorio al inicio de la simulación. Para esto es necesario que en cada sección se especifique la profundidad máxima que hace referencia al espesor máximo vertical del volumen de control, es decir, la distancia inferior al fondo del cauce. El HEC-RAS calcula la cota mínima de erosión como la diferencia de la cota de fondo con la profundidad máxima.

También se debe delimitar el cauce principal respecto de la llanura de inundación, en los extremos izquierdo y derecho de cada sección como en la Tabla 4.7 y además definir la granulometría por cada sección. La granulometría es ingresada a partir de la curva granulométrica de fondo (C.G.F.).

Tabla 4.7. Delimitación del cauce principal

Sección	Máxima profundidad	Margen Izquierdo	Margen Derecho	Granulometría
0.09	0	0	2396.27	C.G.F.
0.2	5	0	883.82	C.G.F.
0.3	5	0	2002.07	C.G.F.
0.4	5	0	2209.54	C.G.F.
0.5	5	0	3020.75	C.G.F.
0.6	5	0	3951.23	C.G.F.
0.7	5	0	4605.81	C.G.F.
0.8	5	0	5551.87	C.G.F.
0.9	5	0	6070.54	C.G.F.
1	5	0	4369.92	C.G.F.
1.1	5	0	4451.22	C.G.F.
1.2	5	0	4674.8	C.G.F.
2	5	0	5024.39	C.G.F.
2.1	5	0	4004.07	C.G.F.
2.2	5	0	3400.41	C.G.F.
3	5	0	2853.66	C.G.F.
3.1	5	0	3158.54	C.G.F.
3.2	5	0	3258.13	C.G.F.
4	5	0	3471.54	C.G.F.
4.1	5	0	2975.61	C.G.F.
5	5	0	2479.67	C.G.F.
5.1	5	0	2103.66	C.G.F.
5.2	5	0	1639.02	C.G.F.
6	5	0	1257.72	C.G.F.
6.1	5	0	1160.98	C.G.F.
6.2	5	0	983.54	C.G.F.
7	5	0	878.05	C.G.F.
7.1	5	0	1206.5	C.G.F.
8	5	0	1377.24	C.G.F.
8.1	5	0	1653.66	C.G.F.
8.2	5	0	2002.03	C.G.F.
9	5	0	2134.15	C.G.F.
9.1	5	0	1943.09	C.G.F.
9.2	5	0	1886.18	C.G.F.
10	5	0	1853.66	C.G.F.
10.1	5	0	1365.85	C.G.F.
11	5	0	943.1	C.G.F.
11.1	5	0	1141.56	C.G.F.
11.2	5	0	1297.56	C.G.F.
12	5	0	1617.07	C.G.F.
12.1	5	0	1502.44	C.G.F.
12.2	5	0	1360.16	C.G.F.

Tabla 4.7. Delimitación del cauce principal. (continuación)

Sección	Máxima profundidad	Margen Izquierdo	Margen Derecho	Granulometría
12.3	5	0	1240.65	C.G.F.
13	5	0	1121.95	C.G.F.
13.1	5	0	1861.79	C.G.F.
14	5	0	2951.22	C.G.F.
14.1	5	0	1534.96	C.G.F.
15	5	0	1804.88	C.G.F.
15.1	5	0	1246.34	C.G.F.
16	5	0	906.5	C.G.F.
17	5	0	1348.78	C.G.F.
17.1	5	0	918.7	C.G.F.
18	5	0	580.49	C.G.F.
18.1	5	0	680.08	C.G.F.
18.2	5	0	680.1	C.G.F.
19	5	0	751.22	C.G.F.
19.1	5	0	685.1	C.G.F.
20	5	0	705.69	C.G.F.

Se debe especificar las propiedades de los sedimentos dentro de un recuadro como en la Ilustración 4.7.

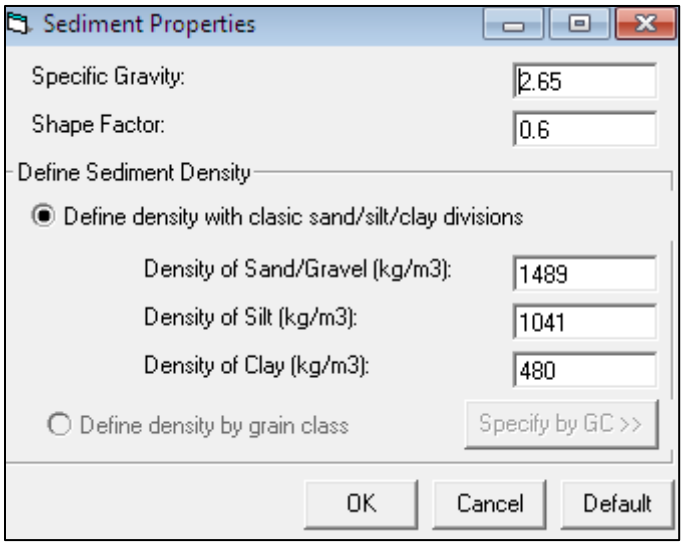


Ilustración 4.7. Propiedades de los sedimentos.

4.2.4. Definición de las condiciones de contorno

Las condiciones de contorno deben especificarse aguas arriba y aguas abajo del embalse, en las secciones donde hay variación de caudal y cota de operación, así como la carga diaria de sedimentos.

Estas condiciones indican el modo de operación de la limpieza del reservorio, la cual consiste en un inicio en un flujo a presión a través de las compuertas y a medida que el

nivel disminuye el caudal de salida también disminuye, hasta que llega un momento en que el flujo se vuelve de superficie libre y el caudal de salida es igual al caudal de ingreso.

Para el transporte de sedimentos el HEC-RAS da la opción de elegir entre tres condiciones de contorno:

El HEC-RAS da la opción de elegir entre tres condiciones de contorno:

1) Curva de descarga:
   La curva de descarga determina el ingreso de sedimentos basándose en el incremento del caudal, es decir está en función del caudal que ingresa. Este incremento se puede dar en la sección transversal límite aguas arriba.

2) Series de carga de sedimentos:
   La condición series de carga de sedimentos determina el ingreso de sedimentos en función de las características de la sección transversal .Si existen incrementos de sedimentos que no estén asociados a incrementos de flujo, estos pueden asociarse a cualquier sección, salvo la sección límite aguas abajo, considerando una carga total durante un intervalo de tiempo.

3) Carga de equilibrio:
   La carga de equilibrio se aplica solo para secciones transversales externas aguas arriba, es determinada por la capacidad de transporte. HEC-RAS calcula la capacidad de transporte para cada división de tiempo en la sección especificada y este valor será utilizado como la magnitud de flujo de sedimentos.

En cuanto al cálculo específico para transporte de sedimentos en HEC-RAS se utiliza una aplicación de la hidrodinámica, consiste en la superposición del flujo quasi no permanente, este flujo se aproxima a un hidrograma continuo con una serie discreta de perfiles de flujo constante asociado con su correspondiente duración.

El HEC-RAS subdivide cada periodo de tiempo para el cual el flujo se mantiene constante a través de las siguientes subdivisiones:

-Duración de flujo:

Representa el intervalo de tiempo en el cual el flujo, sus características, temperatura o carga de sedimentos permanecen constantes. Para el caso donde el caudal es aforado diariamente, la duración de flujo sería de 24 horas.

-Incremento de cálculo:

Aunque el caudal continúe siendo el mismo durante la duración de flujo, la geometría del lecho y la hidrodinámica del río, son actualizadas después de cada incremento de tiempo. La estabilidad del modelo puede ser muy sensible a esta subdivisión de tiempo. Cuando el incremento del tiempo de cálculo es demasiado largo, la geometría del lecho no se actualiza correctamente y los resultados pueden variar sensiblemente.

En la sección 20, aguas arriba de la presa se selecciona la opción series de flujo donde se ingresa la duración del flujo para el cual permanece constante, con su respectivo incremento y caudal como se observa en la Ilustración 4.9.

En la sección 0.09 que corresponde al aliviadero de compuertas se selecciona la opción rating curve, que me permite introducir el caudal y el nivel de agua en la sección durante el proceso como se observa en la Ilustración 4.10.

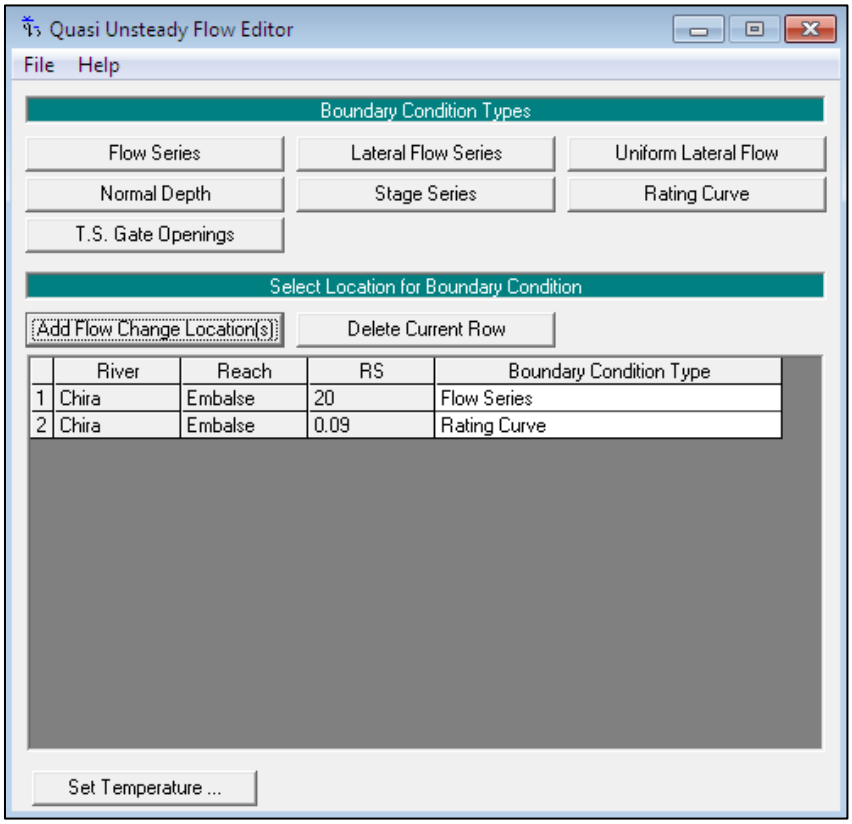
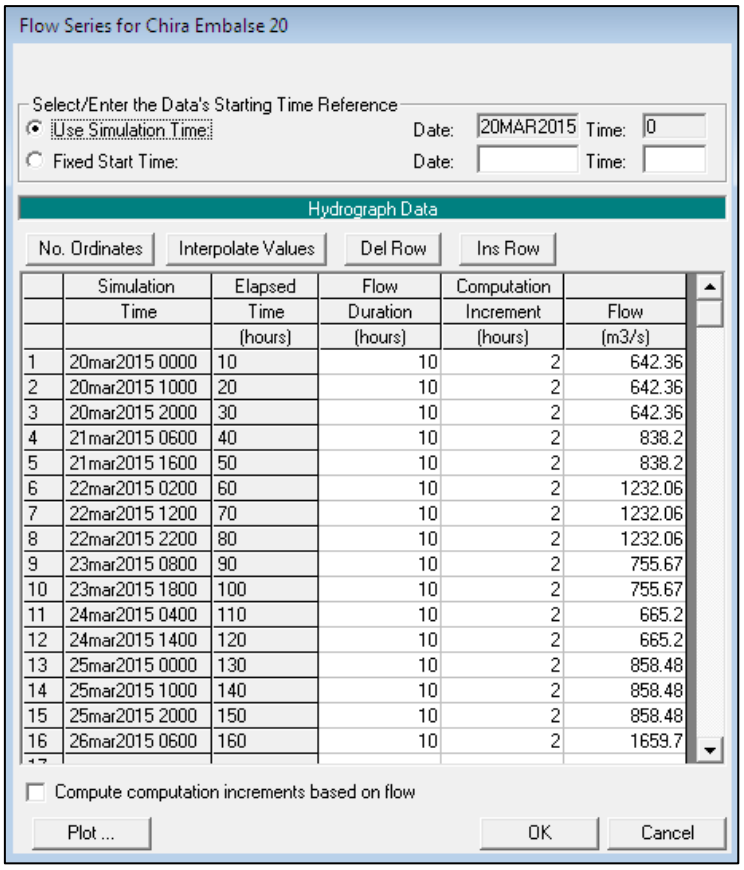
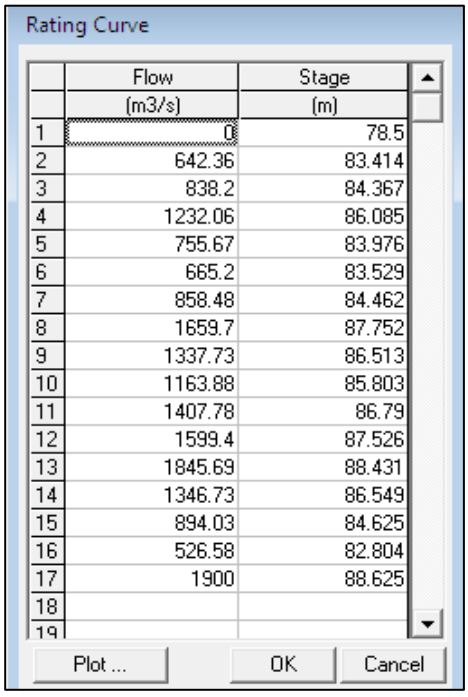


Ilustración 4.8. Editor de las condiciones de contorno del embalse.
Fuente: HEC-RAS 4.1.



	Simulation Time	Elapsed Time (hours)	Flow Duration (hours)	Computation Increment (hours)	Flow (m3/s)
1	20mar2015 0000	10	10	2	642.36
2	20mar2015 1000	20	10	2	642.36
3	20mar2015 2000	30	10	2	642.36
4	21mar2015 0600	40	10	2	838.2
5	21mar2015 1600	50	10	2	838.2
6	22mar2015 0200	60	10	2	1232.06
7	22mar2015 1200	70	10	2	1232.06
8	22mar2015 2200	80	10	2	1232.06
9	23mar2015 0800	90	10	2	755.67
10	23mar2015 1800	100	10	2	755.67
11	24mar2015 0400	110	10	2	665.2
12	24mar2015 1400	120	10	2	665.2
13	25mar2015 0000	130	10	2	858.48
14	25mar2015 1000	140	10	2	858.48
15	25mar2015 2000	150	10	2	858.48
16	26mar2015 0600	160	10	2	1659.7

Ilustración 4.9. Editor de las condiciones de contorno aguas arriba del embalse.
Fuente: HEC-RAS 4.1.



	Flow (m3/s)	Stage (m)
1	0	78.5
2	642.36	83.414
3	838.2	84.367
4	1232.06	86.085
5	755.67	83.976
6	665.2	83.529
7	858.48	84.462
8	1659.7	87.752
9	1337.73	86.513
10	1163.88	85.803
11	1407.78	86.79
12	1599.4	87.526
13	1845.69	88.431
14	1346.73	86.549
15	894.03	84.625
16	526.58	82.804
17	1900	88.625
18		
19		

Ilustración 4.10. Editor de las condiciones de contorno aguas abajo del embalse.
Fuente: HEC-RAS 4.1.

4.2.5. Cálculos hidráulicos para condiciones de contorno

Para establecer las condiciones de salida cuando las compuertas del aliviadero están abiertas se realizaron los cálculos respectivos del nivel de superficie de agua para condiciones de flujo a superficie libre.

Se plantearon 2 formas de cálculo para el comportamiento del flujo de salida a través de las compuertas del aliviadero.

1) Considerando la acción de descolmatación con la formación de un canal a través de cada una de las compuertas del aliviadero, para los cálculos se ha utilizado la fórmula de tirante crítico para canales con sección rectangular y los resultados se muestran en la Tabla 4.8.

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

Tabla 4.8. Tirante crítico de agua a la salida de las compuertas.

Caudal (m^3/s)	Tirante crítico (m)	Cota nivel crítico (m)
0	0	78.500
642.36	3.648	82.148
838.20	4.356	82.856
1232.06	5.631	84.131
755.67	4.065	82.565
665.20	3.734	82.234
858.48	4.426	82.926
1659.70	6.869	85.369
1337.73	5.949	84.449
1163.88	5.422	83.922
1407.78	6.155	84.655
1599.40	6.701	85.201
1845.69	7.373	85.873
1346.73	5.976	84.476
894.03	4.547	83.047
526.58	3.195	81.695
1900.00	7.517	86.017

Ancho de una compuerta = 9.8 m
Caudal de la tabla es el caudal total de salida
Si A= B*y_{cr} , B=T
Donde T= 3*9.8= 29.4 m, siendo 3 el número de compuertas del aliviadero.

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{(T * y_{cr})^3}{T}$$

$$\frac{Q^{2/3}}{g^{1/3}} = T^{2/3} * y_{cr}$$

$$\sqrt[3]{\frac{Q^2}{T^2}} * \frac{1}{\sqrt[3]{g}} = y_{critico}$$

En la ilustración 4.11 se observa el nivel de superficie de agua cuando las compuertas del aliviadero están abiertas durante el proceso de descolmatación, este nivel de agua cuando el aliviadero de compuertas trabaja a superficie libre representa una condición necesaria para un mayor arrastre de sedimentos.

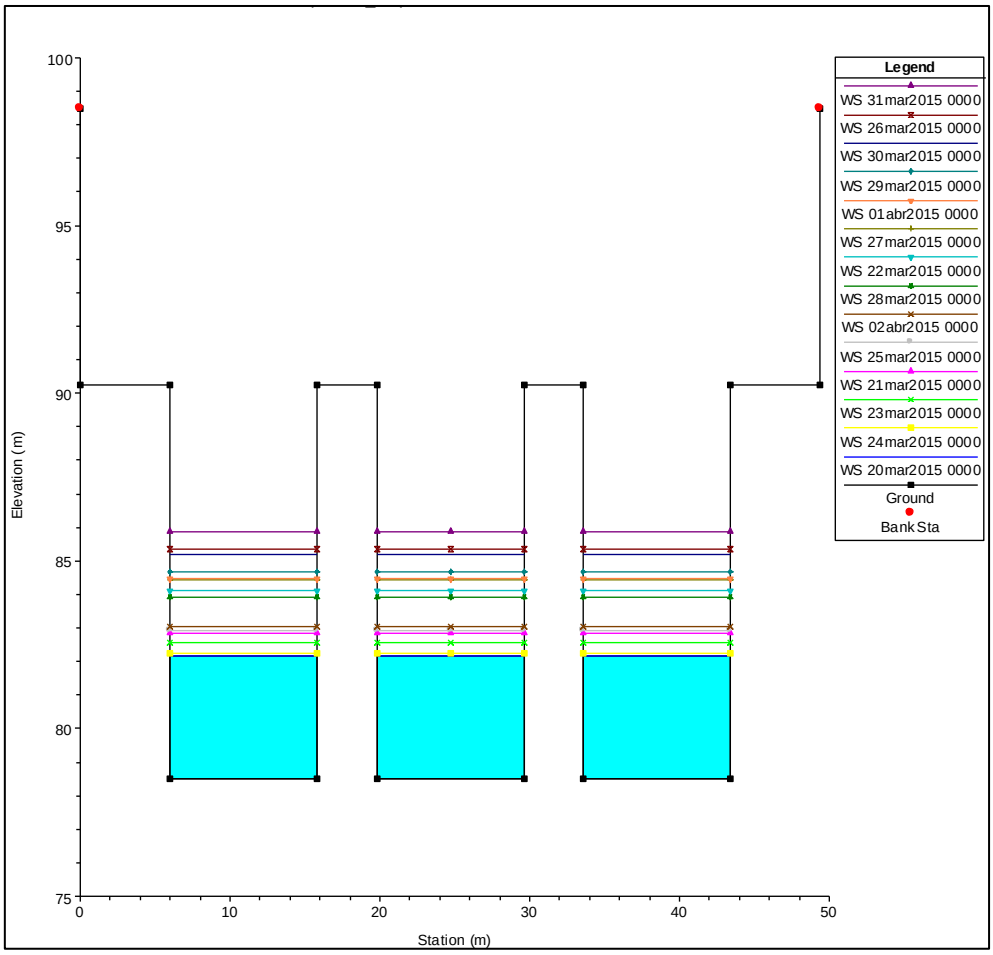


Ilustración 4.11. Sección del aliviadero de compuertas.
Fuente: HEC-RAS 4.1.

2) Considerando la acción de descolmatación como vertedero propiamente dicho, para los cálculos se ha utilizado la fórmula de Francis aplicada para vertederos rectangulares de pared delgada y los resultados se muestran en la Tabla 4.9.

$$Q = C_w * L * h^{3/2}$$

Tabla 4.9. Tirante crítico de agua a la salida de las compuertas.

Caudal (m^3/s)	Tirante (m)	Cota (m)
0	0	78.500
642.36	4.914	83.414
838.20	5.867	84.367
1232.06	7.585	86.085
755.67	5.476	83.976
665.20	5.029	83.529
858.48	5.962	84.462
1659.70	9.252	87.752
1337.73	8.013	86.513
1163.88	7.303	85.803
1407.78	8.290	86.790
1599.40	9.026	87.526
1845.69	9.931	88.431
1346.73	8.049	86.549
894.03	6.125	84.625
526.58	4.304	82.804
1900.00	10.125	88.625

Si L= 3*9.8= 29.4 m, C_w = 2, siendo 3 el número de compuertas del aliviadero y C_w el coeficiente indicador de las condiciones de escurrimiento del agua sobre el vertedero.

$$y = \frac{Q^{2/3}}{(2 * 29.4)^{2/3}}$$

En la ilustración 4.12 se observa el nivel de agua cuando el aliviadero de compuertas trabaja a superficie libre como un vertedero propiamente dicho. Para la modelación matemática se ha ingresado los valores de cota de agua obtenidos a partir de la ecuación de tirante crítico en un vertedero debido a que este comportamiento del flujo es semejante al real.

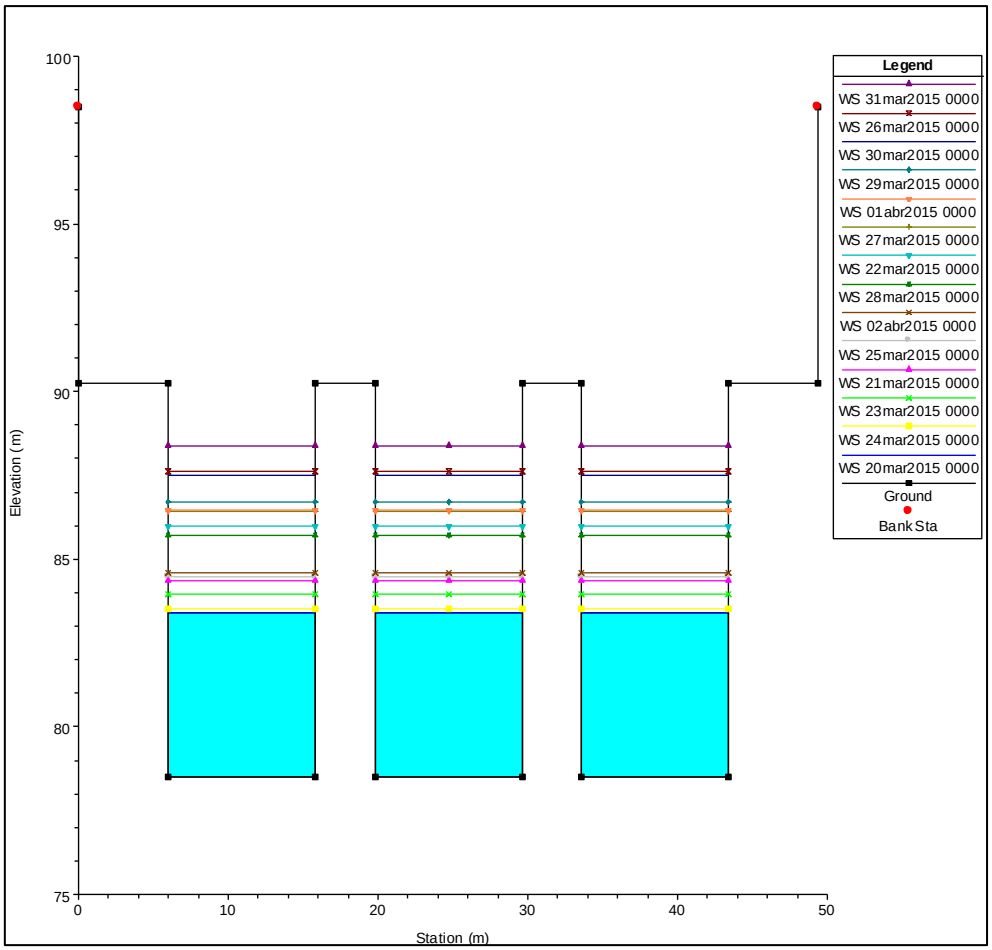


Ilustración 4.12. Sección del aliviadero de compuertas.
Fuente: HEC-RAS 4.1.

4.3. Análisis hidráulico y sedimentológico

El análisis hidráulico presentado a continuación muestra el desarrollo del proceso de descolmatación a lo largo del embalse en las fechas donde se registraron caudales altos, mayores a 600 m^3/s y menores a 1900 m^3/s que corresponden a finales de Marzo del 2015.

4.3.1. Gráfica del perfil longitudinal de la lámina de agua

En la Ilustración 4.13 se observa el perfil hidráulico del embalse durante el proceso de descolmatación para diferentes caudales de limpieza con la representación del resalto hidráulico en la sección del aliviadero.

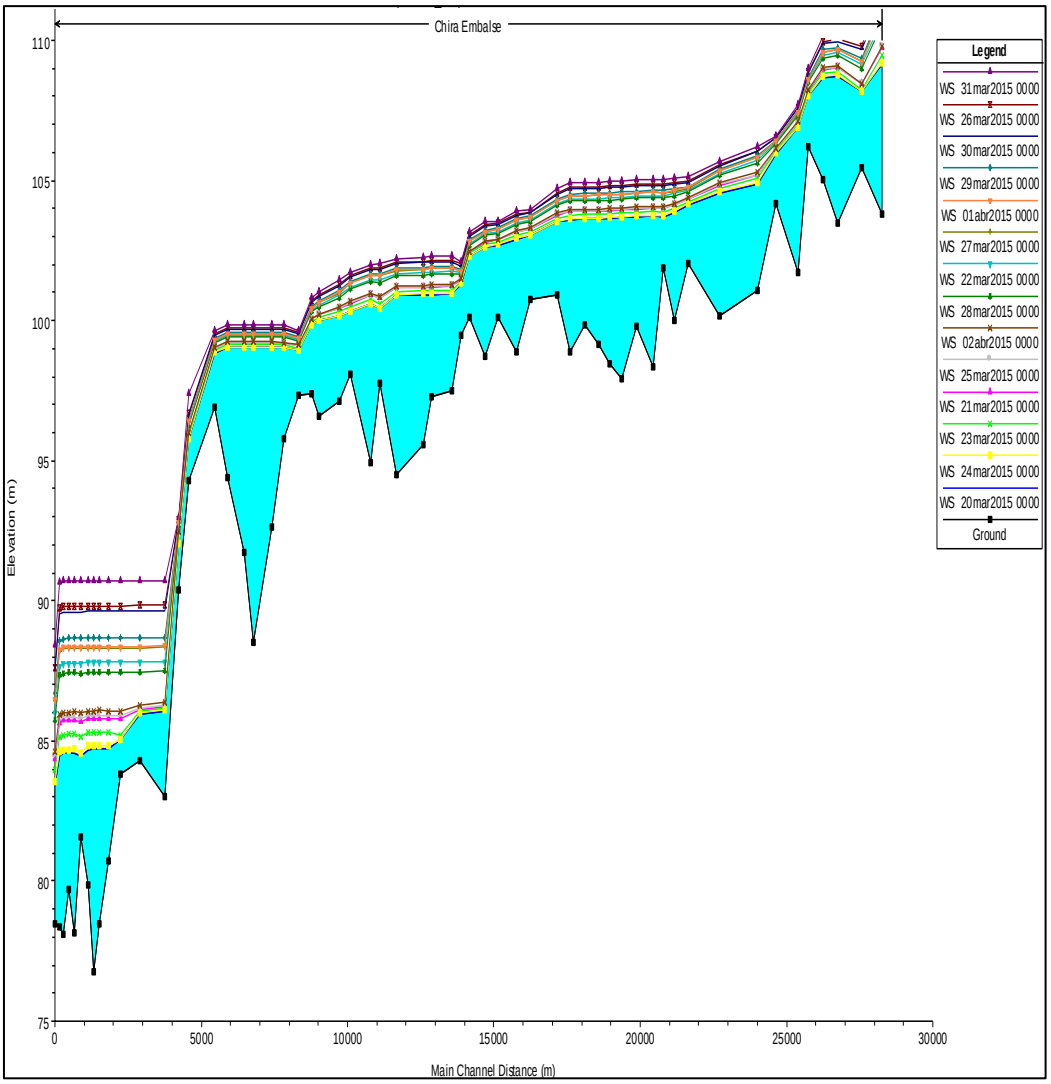


Ilustración 4.13. Perfil Longitudinal de la lámina de agua durante el proceso de descolmatación.
Fuente: HEC-RAS 4.1.

4.3.2. Gráficas de la lámina de agua sección a sección

En las siguientes Ilustraciones 4.14 y 4.15 se visualiza mejor los resultados de la simulación en HEC-RAS a nivel de cada sección del embalse con el fin de dar una mejor explicación del curso del río a lo largo de su cauce, según las gráficas se trata de una red de pequeños canales separados por islas.

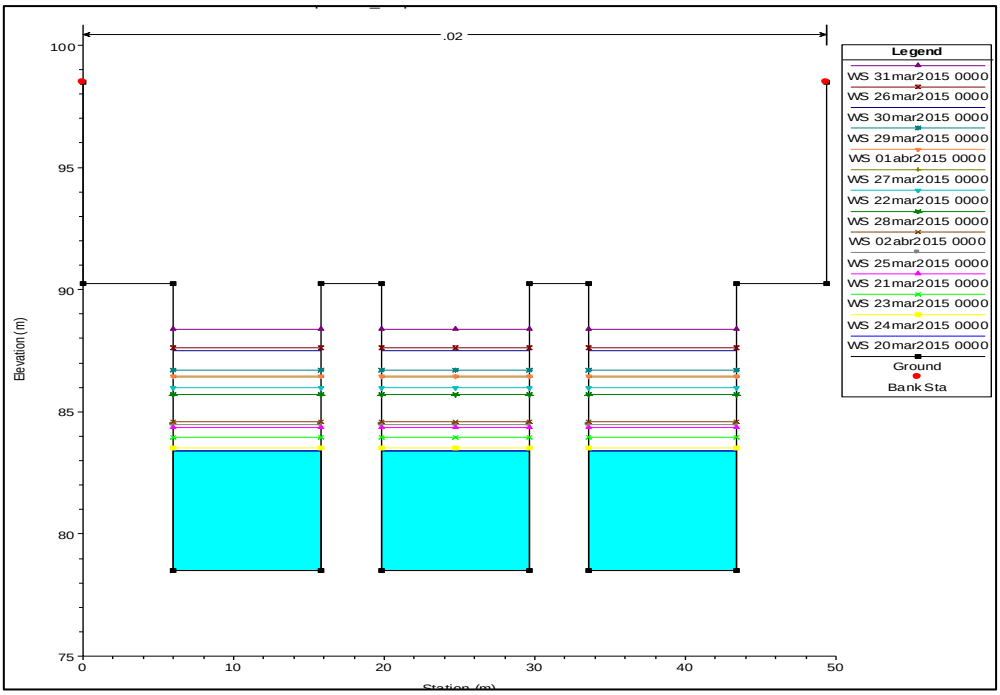


Ilustración 4.14. Sección 0.09
Fuente: HEC-RAS 4.1.

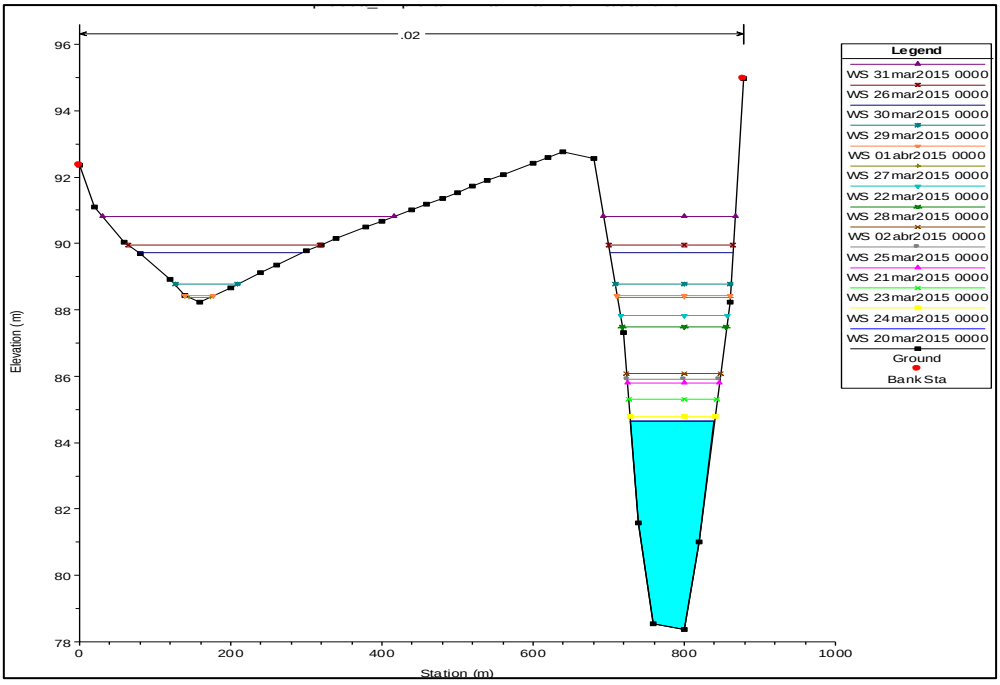


Ilustración 4.15. Sección 0.2
Fuente: HEC-RAS 4.1.

Las ilustraciones de las demás secciones están en el anexo C.

4.3.3. Cálculos de las variables del modelo matemático

Los resultados obtenidos de la simulación en el HEC-RAS han sido representados para cada sección transversal del embalse, siendo la sección 0.09 la que representa la zona donde están las compuertas del aliviadero ubicado aguas abajo del embalse; las secciones principales están representadas por números enteros y las secciones secundarias por números decimales. Estos resultados están en las tablas del anexo D.

Dentro de las variables hidráulicas se ha considerado el caudal de limpieza; la cota mínima cuyo valor representa el nivel mínimo de fondo de la sección; la cota de superficie de agua que indica el nivel de operación del flujo a superficie libre manteniendo abiertas las compuertas del aliviadero; el radio hidráulico que corresponde al cociente entre el área de la sección mojada y el perímetro mojado; la pendiente de la línea de energía cuyo valor es adimensional y representa el cociente de la variación de elevación de la carga del flujo con la distancia recorrida por el flujo comprendida entre 2 secciones; la velocidad del flujo; el área del flujo ; el ancho máximo de la sección mojada y el número de Froude, este último nos informa el estado del flujo hidráulico y además según su valor se puede clasificar:

Si F_r > 1, el régimen del flujo será supercrítico.

F_r < 1, el régimen del flujo será subcrítico.

F_r = 1, el régimen del flujo será crítico.

Con las características hidráulicas del flujo en cada sección del embalse obtenidas para 14 días con caudales diferentes en el rango de 600 a 1900 m³/s se realizaron los cálculos para determinar la cantidad de sedimentos transportados por día a nivel de sección transversal. Los resultados de los cálculos de la sedimentología están en el anexo D1 hasta D14.

Para los cálculos se ha utilizado la función de transporte de Peter-Meyer- Müller:

$$g_B = 8\,\gamma_s(g\Delta {D_m}^3)^{½}((\frac{n'}{n})^{3/2}\frac{R*S}{\Delta*D_m} - 0.047)^{3/2}$$

Siendo n el coeficiente de rugosidad del lecho, u hace referencia a la velocidad del flujo, R es el radio hidráulico, D_m es el diámetro medio de partícula , D_{90} es el diámetro del sedimento que constituye el 90% del material más fino, D_{50} es el diámetro del sedimento que constituye el 50% del material más fino.

$$n' = \frac{{D_{90}}^{1/6}}{26}$$

El diámetro medio de partícula se obtiene de la siguiente expresión:

$$D_m = \sum \frac{D_i\, p_i}{100}$$

Donde p_i , es el porcentaje en peso de cada fracción en que se divide la curva granulométrica y D_i, el diámetro medio de cada fracción, el cual se obtiene de la relación:

$$D_i = (D_{máx} D_{mín})½$$

Se han agrupado algunos términos y se han designado por letras para una mejor referencia del cálculo en las tablas.

$\Delta = \frac{\gamma_S - \gamma}{\gamma}$

A = $(\frac{n'}{n})^{3/2}$

B = $\frac{R*S}{\Delta*D_m}$

C = $(A * B - 0.047)^{3/2}$

D = $g*\Delta*D_m{}^3$

g_B= $8 * \gamma_s' * D½ * C$, siendo la tasa de transporte de sólidos en estado seco.

Para los cálculos realizados en la ecuación de Peter-Meyer- Müller se consideraron como valores constantes las siguientes variables representadas en la Tabla 4.10.

Tabla 4.10: Valores constantes de los cálculos

D_m (m)	D_{90} (m)	D_{50} (m)	Δ	n	n'	D
0.04	0.08	0.03	1.65	0.02	0.025	0.001

Fuente: Elaboración propia.

Los cálculos de las variables de la sedimentología que no son constantes están en el anexo D15 y s.s.

A continuación se presentan las tablas diarias que muestra la estimación del volumen de sedimentos transportados para diferentes caudales modelados.

Tabla 4.11: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 642 m³/s.

20/03/2015 **(Q= 642 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.40	115.21	22.82	496.81	819.73	14,606	24,100
2	1.1	2.24	1708.74	24.46	22.82	12.97	21.40	22,161	36,566
3	2.1	4.22	695.87	40.08	22.82	187.31	309.06	130,342	215,065
4	2.2	4.59	193.13	40.69	22.82	193.79	319.75	37,426	61,753
5	5.1	8.33	367.82	30.82	22.82	69.48	114.64	25,555	42,166
6	7.1	11.11	641.45	34.94	22.82	117.52	193.91	75,383	124,382
7	9.1	13.88	340.57	32.56	22.82	87.36	144.14	29,751	49,089
8	17.1	24.65	659.17	28.67	22.82	47.64	78.60	31,400	51,809
9	18.1	25.74	226.35	38.61	22.82	167.52	276.41	37,918	62,564
10	19.1	27.57	81.01	52.89	22.82	395.18	652.05	32,014	52,823

Tabla 4.12: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 838 m³/s.

21/03/2015 **(Q= 838 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.40	146.69	22.82	699.98	1154.97	20,580	33,956
2	2.1	4.22	695.87	33.92	22.82	102.80	169.62	71,537	118,036
3	2.2	4.59	193.13	45.89	22.82	279.89	461.82	54,056	89,192
4	5.1	8.33	367.82	33.63	22.82	101.54	167.54	37,348	61,625
5	7.1	11.11	641.45	25.14	22.82	16.49	27.20	10,575	17,449
6	9.1	13.88	340.57	35.74	22.82	125.92	207.77	42,884	70,759
7	17.1	24.65	659.17	29.64	22.82	55.68	91.87	36,700	60,555
8	18.1	25.74	226.35	42.68	22.82	225.23	371.63	50,981	84,119
9	19.1	27.57	81.01	68.16	22.82	717.17	1183.33	58,098	95,861

Tabla 4.13: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1232 m³/s.

22/03/2015 **(Q= 1232 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.40	215.94	22.82	1168.17	1927.48	34,344	56,668
2	2.1	4.22	695.87	29.94	22.82	57.10	94.21	39,731	65,557
3	2.2	4.59	193.13	52.97	22.82	404.10	666.76	78,043	128,772
4	5.1	8.33	367.82	39.85	22.82	180.85	298.40	66,521	109,759
5	9.1	13.88	340.57	41.63	22.82	207.31	342.06	70,603	116,496
6	17.1	24.65	659.17	30.94	22.82	70.82	116.86	46,683	77,027
7	18.1	25.74	226.35	49.81	22.82	349.06	575.95	79,010	130,366
8	19.1	27.57	81.01	79.15	22.82	979.94	1616.90	79,385	130,985

Tabla 4.14: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 756 m³/s.

23/03/2015 **(Q= 756 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.40	133.76	22.82	618.21	1020.04	18,175	29,989
2	2.1	4.22	199.48	42.52	22.82	224.81	370.94	44,845	73,995
3	2.2	4.59	184.11	43.49	22.82	241.01	397.67	44,372	73,214
4	5.1	8.33	349.28	32.83	22.82	90.12	148.69	31,476	51,936
5	7.1	11.11	301.76	31.92	22.82	77.46	127.81	23,374	38,567
6	9.1	13.88	316.14	34.55	22.82	110.21	181.84	34,841	57,487
7	17.1	24.65	452.78	29.55	22.82	53.17	87.74	24,077	39,726
8	18.1	25.74	210.32	41.00	22.82	197.36	325.64	41,508	68,488
9	19.1	27.57	75.41	65.79	22.82	660.61	1090.01	49,817	82,198

Tabla 4.15: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 665 m³/s.

24/03/2015 **(Q= 665 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.40	118.99	22.82	523.03	863.00	15,377	25,372
2	1.1	2.24	578.89	25.18	22.82	18.59	30.67	10,760	17,753
3	2.1	4.22	195.35	40.09	22.82	188.92	311.72	36,906	60,894
4	2.2	4.59	182.15	41.30	22.82	206.45	340.64	37,605	62,048
5	5.1	8.33	345.31	31.22	22.82	71.28	117.62	24,614	40,614
6	7.1	11.11	275.29	35.13	22.82	116.35	191.98	32,030	52,849
7	9.1	13.88	309.28	32.87	22.82	92.72	152.98	28,675	47,314
8	17.1	24.65	418.32	28.88	22.82	46.94	77.45	19,635	32,398
9	18.1	25.74	206.50	39.81	22.82	182.37	300.91	37,660	62,139
10	19.1	27.57	75.00	54.44	22.82	428.77	707.48	32,158	53,061

Tabla 4.16: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 858 m³/s.

25/03/2015 **(Q= 858 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	149.99	22.82	721.37	1190.26	21,208	34,994
2	2.1	4.22	368.58	34.79	22.82	113.53	187.32	41,843	69,042
3	2.2	4.59	185.98	46.32	22.82	287.27	474.00	53,427	88,155
4	5.1	8.33	354.39	33.29	22.82	93.58	154.41	33,165	54,723
5	7.1	11.11	375.37	24.29	22.82	12.01	19.82	4,509	7,439
6	9.1	13.88	323.44	36.18	22.82	131.13	216.37	42,413	69,982
7	17.1	24.65	494.92	29.70	22.82	54.51	89.94	26,976	44,511
8	18.1	25.74	214.06	43.09	22.82	233.97	386.06	50,084	82,639
9	19.1	27.57	76.72	68.76	22.82	728.89	1202.68	55,921	92,269

Tabla 4.17: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1660 m³/s.

26/03/2015 **(Q= 1660 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	292.88	22.82	1673.25	2760.86	49,193	81,169
2	2.1	4.22	766.98	33.92	22.82	103.48	170.74	79,365	130,953
3	2.2	4.59	201.62	59.34	22.82	534.15	881.36	107,696	177,699
4	5.1	8.33	381.87	44.86	22.82	261.45	431.39	99,838	164,733
5	9.1	13.88	387.64	44.88	22.82	259.37	427.97	100,544	165,898
6	17.1	24.65	728.78	34.25	22.82	106.81	176.23	77,840	128,436
7	18.1	25.74	233.32	55.75	22.82	459.31	757.86	107,166	176,824
8	19.1	27.57	85.17	88.89	22.82	1236.08	2039.53	105,277	173,707

Tabla 4.18: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1338 m³/s.

27/03/2015 **(Q= 1338 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	233.72	22.82	1280.41	2112.68	37,644	62,113
2	2.1	4.22	731.69	30.93	22.82	67.61	111.55	49,467	81,621
3	2.2	4.59	194.6	54.73	22.82	443.28	731.42	86,263	142,334
4	5.1	8.33	371.23	41.35	22.82	203.37	335.57	75,499	124,573
5	9.1	13.88	346.96	43.07	22.82	233.11	384.64	80,881	133,454
6	17.1	24.65	698.71	31.00	22.82	69.54	114.74	48,587	80,169
7	18.1	25.74	228.98	51.68	22.82	379.97	626.95	87,006	143,560
8	19.1	27.57	81.95	82.33	22.82	1064.07	1755.71	87,200	143,880

Tabla 4.19: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1164 m³/s.

28/03/2015 **(Q= 1164 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	204.33	22.82	1098.15	1811.94	32,286	53,271
2	2.1	4.22	665.52	29.96	22.82	60.67	100.11	40,378	66,623
3	2.2	4.59	191.52	51.98	22.82	387.13	638.77	74,143	122,337
4	5.1	8.33	365.11	39.04	22.82	171.53	283.02	62,627	103,334
5	9.1	13.88	337.34	40.81	22.82	197.51	325.90	66,630	109,939
6	17.1	24.65	637.96	30.23	22.82	62.30	102.80	39,746	65,580
7	18.1	25.74	224	48.95	22.82	330.77	545.77	74,093	122,253
8	19.1	27.57	80.14	77.64	22.82	940.31	1551.52	75,357	124,339

Tabla 4.20: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1408 m³/s.

29/03/2015 **(Q= 1408 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	245.34	22.82	1347.40	2223.21	39,614	65,363
2	2.1	4.22	739.3	31.39	22.82	72.55	119.71	53,637	88,501
3	2.2	4.59	195.56	55.99	22.82	467.85	771.95	91,493	150,963
4	5.1	8.33	373.71	41.89	22.82	213.86	352.88	79,923	131,873
5	9.1	13.88	355.54	43.10	22.82	230.11	379.68	81,812	134,990
6	17.1	24.65	709.65	31.49	22.82	75.71	124.91	53,725	88,646
7	18.1	25.74	229.88	52.80	22.82	399.98	659.96	91,947	151,713
8	19.1	27.57	82.66	83.47	22.82	1065.76	1758.50	88,096	145,358

Tabla 4.21: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1600 m³/s.

30/03/2015 **(Q= 1600 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	276.51	22.82	1514.02	2498.14	44,512	73,445
2	2.1	4.22	766.23	33.47	22.82	97.62	161.07	74,798	123,417
3	2.2	4.59	199.52	58.75	22.82	525.29	866.72	104,805	172,929
4	5.1	8.33	379.8	44.23	22.82	248.46	409.96	94,365	155,702
5	9.1	13.88	376.63	44.97	22.82	260.58	429.96	98,142	161,935
6	17.1	24.65	726.71	32.80	22.82	88.53	146.07	64,335	106,152
7	18.1	25.74	232.48	55.04	22.82	442.55	730.21	102,885	169,760
8	19.1	27.57	84.44	88.11	22.82	1180.02	1947.03	99,641	164,407

Tabla 4.22: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1846 m³/s.

31/03/2015 **(Q= 1846m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	321.04	22.82	1792.72	2957.99	52,706	86,965
2	2.1	4.22	769.64	34.38	22.82	106.07	175.02	81,638	134,702
3	2.2	4.59	752.39	33.85	22.82	103.53	170.82	77,895	128,527
4	5.1	8.33	387.01	47.30	22.82	301.48	497.44	116,676	192,515
5	9.1	13.88	406.2	45.98	22.82	277.57	457.98	112,747	186,033
6	17.1	24.65	742.81	35.23	22.82	118.82	196.05	88,261	145,631
7	18.1	25.74	235.49	58.32	22.82	513.24	846.85	120,864	199,426
8	19.1	27.57	86.74	92.36	22.82	1290.70	2129.65	111,955	184,726

Tabla 4.23: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 1347 m³/s.

01/04/2015 **(Q= 1347 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	235.28	22.82	1285.45	2120.99	37,792	62,357
2	2.1	4.22	732.99	30.96	22.82	66.68	110.02	48,874	80,641
3	2.2	4.59	194.37	54.93	22.82	448.06	739.31	87,090	143,699
4	5.1	8.33	371.34	41.46	22.82	208.18	343.50	77,306	127,555
5	9.1	13.88	347.74	42.97	22.82	228.30	376.69	79,389	130,992
6	17.1	24.65	701.35	31.07	22.82	68.96	113.79	48,366	79,804
7	18.1	25.74	229.05	51.83	22.82	383.89	633.41	87,929	145,083
8	19.1	27.57	81.93	82.58	22.82	1037.24	1711.45	84,981	140,219

Tabla 4.24: Volumen de sedimento transportado con un caudal de 894 m³/s.

02/04/2015 **(Q= 894 m³/s)**									
Item	Sección	Distancia (km)	Ancho (m)	Esfuerzo corte flujo (N/m²)	Esfuerzo corte resistente (N/m²)	Tasa transporte unitario (m³/m)	Tasa transporte unitario (ton/m)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.00	29.4	156.54	22.82	769.33	1269.40	22,618	37,320
2	2.1	4.22	410.57	32.01	22.82	79.36	130.94	32,581	53,759
3	2.2	4.59	186.29	47.11	22.82	298.29	492.17	55,568	91,687
4	5.1	8.33	356.21	33.04	22.82	91.00	150.14	32,414	53,483
5	7.1	11.11	386.62	23.16	22.82	6.14	10.13	2,375	3,918
6	9.1	13.88	325.26	36.99	22.82	142.73	235.50	46,423	76,598
7	17.1	24.65	506.21	30.12	22.82	60.63	100.03	30,690	50,638
8	18.1	25.74	215.25	43.82	22.82	242.21	399.65	52,136	86,025
9	19.1	27.57	76.98	70.06	22.82	743.16	1226.22	57,209	94,394

4.3.4. Resumen de los resultados

La cantidad de sedimentos transportados en cada una de las secciones es resumida en la Tabla 4.25. Estos valores de volúmenes de sedimentos transportados corresponden al volumen acumulado durante los 14 días, considerando que se ha trabajado con caudales diferentes diarios.

Tabla 4.25: Volumen acumulado de sedimentos transportados para 14 días.

Item	Sección	Distancia (km)	Volumen transportado sedimentos (m³)	Carga transportada sedimentos (ton)
1	0.09	0.0	440,656	727,083
2	1.1	2.2	32,921	54,319
3	2.1	4.2	825,942	1,362,805
4	2.2	4.6	989,883	1,633,308
5	5.1	8.3	857,328	1,414,591
6	7.1	11	148,245	244,605
7	9.1	13.9	915,736	1,510,964
8	17.1	24.7	637,021	1,051,084
9	18.1	25.7	1,021,187	1,684,958
10	19.1	27.6	1,017,107	1,678,227

De la Ilustración 4.16 se observa que hay un mayor transporte de sedimentos en las secciones comprendidas entre la 2.1 y 5.1 ubicadas aguas abajo cerca de la presa a 4 y 8 km respectivamente junto con la sección 9.1. Asimismo en las secciones ubicadas aguas arriba del embalse como la 18.1 y 19.1 ubicadas a 26 y 28 km respectivamente.

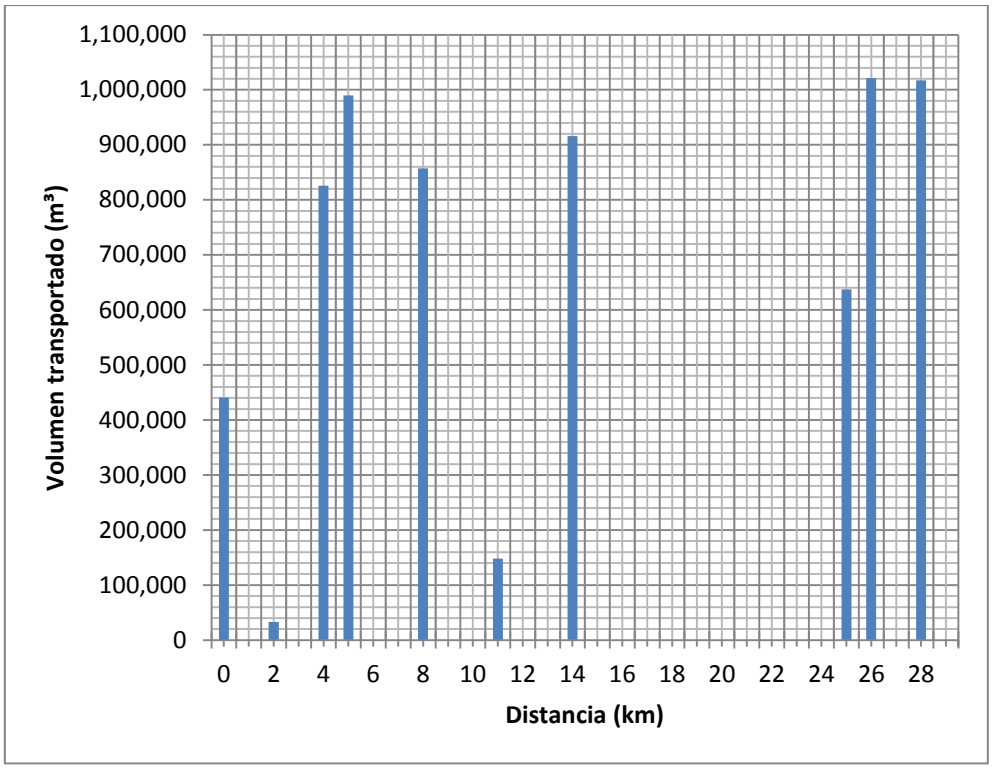


Ilustración 4.16. Volumen transportado versus distancia respecto al eje de la presa.

Según los resultados obtenidos para cada uno de los caudales de limpieza establecidos se ha graficado la cantidad de sedimentos transportados durante la operación de descolmatación a lo largo del embalse. Esta representación se ha realizado con 5 caudales de limpieza para analizar con mayor claridad el comportamiento del flujo cuando hay arrastre de sedimentos.

De la Ilustración 4.17 se observa que los sedimentos son transportados en mayor cantidad con un caudal de limpieza menor y en condiciones de flujo crítico en aquellas secciones con una alta pendiente energética caracterizada por un incremento de la velocidad. Como es el caso de las secciones 2.1 y 7.1 ubicados a 4.2 km y 11 km respectivamente desde el eje de la presa que es el punto de referencia en la ilustración.

Por otra parte hay un mayor transporte de sedimentos con un caudal de limpieza mayor y en condiciones de flujo crítico en aquellas secciones con una baja pendiente energética caracterizada por un incremento de la velocidad. Como es el caso de la sección 2.2, 5.1 y 9.1 ubicados a 4.6, 8.3 y 14 km respectivamente desde el eje de la presa que es el punto de referencia en la ilustración.

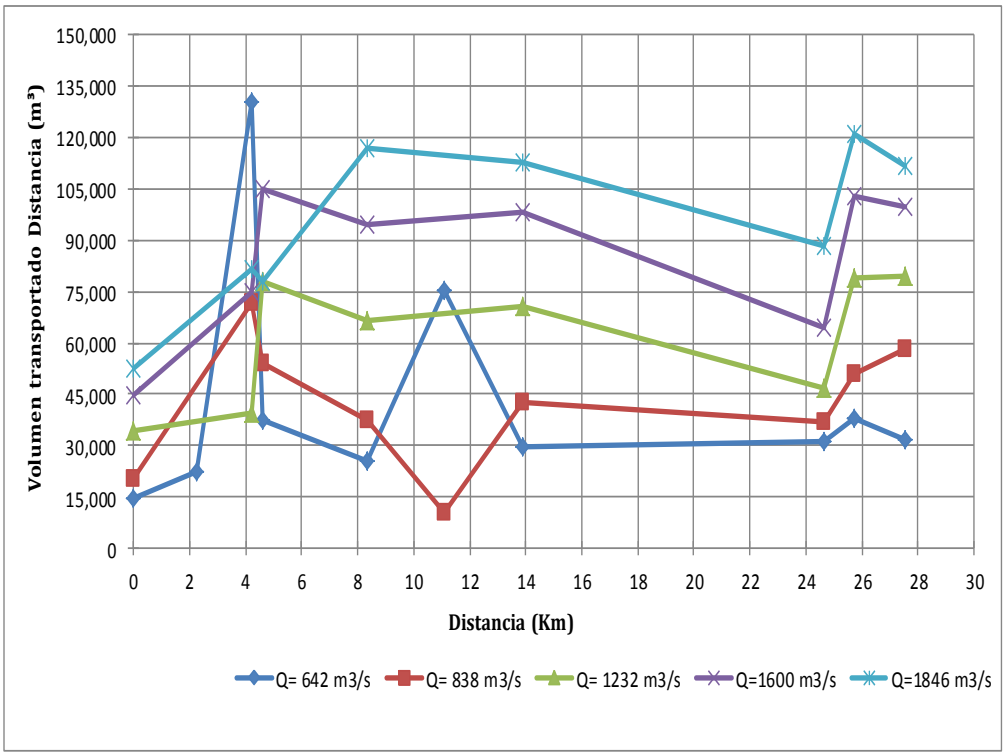


Ilustración 4.17. Volumen transportado versus distancia para diferentes caudales.

Capítulo 5

DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. Virtudes del modelo matemático

- Permite el ingreso por sección de las características de los sedimentos tales como la granulometría, facilitando el trabajo con una amplia gama de diámetros. La curva granulométrica es utilizada para el cálculo del diámetro promedio de partículas transportadas.

- Realiza los cálculos hidráulicos y sedimentológicos para un período de tiempo extenso con el ingreso de las condiciones iniciales y de operación del reservorio.

- La representación geométrica del reservorio en el programa HEC-RAS se realiza con el ingreso de las coordenadas (x,y,z) de los puntos medidos en cada sección a través de la importación de datos, razón por la cual se determina que los modelos matemáticos poseen mayor flexibilidad para los casos complejos de representación espacial.

- No hay un límite de extensión para la simulación del transporte de sedimentos a lo largo de tramos de gran longitud y en zonas alejadas de la presa.

- En un modelo unidimensional la representación del aliviadero es sencilla con la capacidad de registrar la salida de un volumen equivalente, en este caso, al real a través de las compuertas necesario para realizar la limpieza del reservorio.

- El modelo matemático se puede almacenar en la memoria del computador, no ocupa mucho espacio a diferencia de los modelos físicos.

5.2. Limitaciones y factores limitantes del modelo matemático

- Por ser un modelo unidimensional solo se considera que el flujo ejerce una fuerza sobre las partículas en una sola dirección despreciando las otras dos componentes del vector velocidad del flujo y considera suficiente representar una variación espacial y temporal de la cota de agua del flujo en un perfil longitudinal.

- La simulación de flujos altamente dinámicos en el HEC-RAS se caracteriza por problemas de estabilidad numérica por eso es recomendable trabajar con intervalos de tiempo pequeños hasta completar la duración requerida para los cálculos.

- El modelo no reproduce la variación de lecho y las tasas reales de transporte de sedimentos por la limitación de un estudio de la granulometría del fondo, el cual es necesario porque con el tiempo los depósitos de sedimentos se convierten en un material compactado y esto no es registrado por el programa.

- La batimetría a lo largo del embalse se resume en medidas realizadas sólo en 20 secciones, el resto de las secciones han sido obtenidas con ayuda del programa Autocad Civil 3D, esta tarea se realizó porque a lo largo del embalse el ancho del flujo varía ocasionando un desvío del cauce.

5.3. Validación del modelo matemático como herramienta general

El modelo no puede ser empleado como herramienta general debido a la necesidad de pruebas en un modelo físico con sus respectivas mediciones y estudios a largo plazo. En este caso debe realizarse un análisis de sensibilidad de los parámetros físicos del modelo numérico que permita evaluar su efecto en la descolmatación del reservorio a través de una calibración, después de todas las verificaciones requeridas se daría validez al modelo para uso general.

Entre los aspectos a considerar está la caracterización de la forma de deposición de los sedimentos. Para una caracterización completa no basta con conocer solamente la cota del nivel del lecho sino también el grado de compactación de sedimentos y la composición granulométrica de los mismos. Los modelos representan con facilidad la geometría del cauce, pero no son capaces hasta ahora de reproducir el procedimiento de compactación de los sedimentos en su fondo debido a la falta de información para su estudio.

Para el procedimiento de descolmatación del reservorio influyen varios factores físicos que pueden dificultar este proceso como un mayor grado de compactación y un mayor tamaño de los sedimentos.

CONCLUSIONES

- La modelación numérica del reservorio Poechos tiene la finalidad de representar su comportamiento hidráulico durante el proceso de descolmatación según las condiciones de operación establecidas como: el caudal y la variación del nivel de agua, y asimismo evaluar el arrastre de sedimentos en el lecho con información de la granulometría, límites de erosión y la selección de la ecuación de transporte de sedimentos.

- El modelo presenta problemas de sensibilidad sobre los parámetros usados para el análisis sedimentológico como: las ecuaciones de transporte de sedimentos y la velocidad de caída; por eso se simplifica el modelo con el uso de la ecuación de Meyer-Peter y Müller para el cálculo de la cantidad de sedimentos transportados durante el proceso de descolmatación.

- Según los resultados hay un mayor arrastre de sedimentos aguas abajo del embalse en las secciones 2.1, 2.2 y 5.1 ubicadas respectivamente a 4.2 km, 4.6 km y 8.3 km respecto de la presa con un total de 2.7 MMC, las cuales en base a datos de volumen de sedimentos acumulados hasta el 2015 entre la sección 2 y la sección 5 hay una mayor cantidad con un total de 212 MMC, esto indica poner más énfasis en esta zona del embalse por la posibilidad de transporte.

- Para un mayor transporte de sedimentos es necesario realizar la operación de limpieza con un caudal mayor a 2000 m^3/s y la colocación de espigones en las secciones donde resultó que hay transporte, no será necesario su colocación en las secciones 2.1 y 7.1 caracterizadas por la alta elevación de la carga de flujo con caudales menores a 1000 m^3/s.

- El transporte del material de lecho se desarrolla bajo las condiciones donde el esfuerzo de corte en el fondo supera un valor característico de la fuerza resistiva, esto depende en general del tamaño de sedimento, su forma y su confinamiento en el lecho.

- La falta de un estudio detallado de la granulometría fue una limitación porque uno de los factores que influyen en el modelo es el tipo de material transportado por el río y depositado en el embalse, el HEC-RAS no contempla el análisis de transporte de limos y arcillas que constituyen el material cohesivo.

- El análisis del transporte de sedimentos de fondo no aplica para material cohesivo debido a su lento proceso de erosión que requiere caudales elevados para el transporte, se estima que una alta concentración de arcilla en el material de fondo puede reducir la razón a la cual se erosionan la arena y la grava.

Futuras investigaciones

- No se puede usar este modelo como herramienta general porque es necesario realizar pruebas físicas que justifiquen los resultados obtenidos y se desconoce la variabilidad de los parámetros que podrían ser utilizados en condiciones futuras. Para un mayor alcance de los resultados a la realidad se recomienda una modelación bidimensional y tridimensional.

- Se recomienda profundizar los aspectos del modelamiento matemático de las fracciones finas de los sedimentos no cohesivos e incluir también la representación de los sedimentos cohesivos y su influencia en la sedimentación de los reservorios y en los procesos de purga.

BIBLIOGRAFIA

- Dirección de Operación y Mantenimiento-PECHP (2014). *Informe Final de Medición de sedimentos en la presa Poechos*, DC: Imprenta del Gobierno Regional Piura.

- García, M.H. (2008). *Sedimentation Engineering: Processes, Measurements, Modelling and practice, Sediment Transport and Morphodynamics* (pp. 34-66). Virginia, EE.UU.: ASCE.

- García, R. (2012). *Análisis y evaluación del transporte de sedimentos en cuencas mediterráneas.* Tesis de pregrado. Universidad Politécnica de Cartagena-España.

- Gracia, J. (1986). *Manual de ingeniería de ríos. Capítulo 18: Sedimentación en embalses.* (pp. 2-23). México: UNAM.

- Guarín, T.C. (2014). *Modelación del transporte de sedimentos en ríos, ejemplos de aplicación por el método de diferencias finitas en Excel y Matlab*. Tesis para el grado de especialista en recursos hidráulicos y medio ambiente. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, Bogotá-Colombia.

- Morocho, F. (2004). *Sedimentación del Reservorio Poechos y Recuperación de Volumen de Agua de Regulación para sistema Chira-Piura.* Tesis de grado de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Piura-Perú.

- Murillo, R. (2012). *Numerical Analysis of sediment transport processes in a reservoir*. En Harb, G; Dorfmann, J; Schneider, J; Haun, S Badura, H (Eds.), *River Flow: Sedimentation in reservoirs* (Vol. 2), (pp. 859-862). Londres-Reino Unido: Ed. Taylor & Francis Group.

- Quintana, J.A. (2006). *Análisis de la colmatación del Reservorio de Poechos y propuestas de solución.* Tesis de grado de Ingeniería Civil. Universidad de Piura, Piura-Perú.

- Rocha, A. (2006). *La problemática de la sedimentación de embalses en el aprovechamiento de los ríos peruanos, aplicada al embalse de poechos*. Primer congreso internacional de hidráulica, hidrología, saneamiento y medio ambiente. (pp.9-27). Instituto de la Construcción y Gerencia.

- Silva, M.R. (2012). *Estudio y modelamiento matemático de los procesos de sedimentación y purga de un reservorio*. Tesis para el grado de maestro en ciencias con mención en Ingeniería Hidráulica. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú.

- Simons, D.B. y Sentürk, F. (1977). *Properties of Sediment.* En Simons, D.B (Ed.), *Sediment transport technology*: *Water and Sediment Dynamics* (pp. 143-151). Colorado, E.E.U.U.: Water Resources Publications.

- US Army Corps of Engineers (2010). *HEC-RAS river analysis system- Hydraulic reference manual.* Versión 4.1. Hydrologic Engineering Center.

ANEXOS

ANEXO A

Tabla A.1. Volumen de sedimento acumulado 1998-2000.

Sección	Distancia	1976- 1998		1976- 1999		1976- 2000	
		Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)
Aliviadero	1,250		15.69		17.37		20.08
1	1,340	12,550	29.31	13,895	24.83	16,062	27.31
2	1,780	31,199	35.14	23,171	34.21	24,709	36.91
3	1,870	8,285	44.27	15,273	48.03	16,765	53.80
4	930	39,063	33.20	36,093	31.70	40,778	33.22
5	1,380	32,345	35.16	32,073	31.98	30,670	32.00
6	1,250	18,616	17.54	14,280	15.08	15,702	16.35
7	1,050	9,448	10.34	9,848	10.88	10,461	11.41
8	1,650	10,240	28.64	10,878	27.68	11,268	27.50
9	1,450	24,468	30.10	22,679	29.54	22,065	29.42
10	930	17,032	11.25	18,059	12.06	18,509	12.54
11	1,900	7,168	13.34	7,870	13.43	8,456	14.27
12	1,750	6,874	11.01	6,265	12.74	6,566	13.51
13	900	5,711	12.39	8,297	14.02	8,870	15.32
14	1,000	21,822	17.77	22,849	17.45	25,170	18.48
15	740	13,711	6.45	12,055	5.71	11,795	6.01
16	1,300	3,728	7.86	3,397	7.78	4,453	8.97
17	1,400	8,359	6.97	8,569	7.57	9,341	8.26
18	1,700	1,603	2.51	2,249	3.48	2,452	3.78
19	1,250	1,348	1.32	1,846	1.94	1,995	2.14
20	200	771	0.15	1,256	0.25	1,427	0.29
Total (MMC)			**370.41**		**367.73**		**391.57**

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (1998-2000)

Tabla A.2. Volumen de sedimento acumulado 2001-2003.

Sección	Distancia	1976- 2001		1976- 2002		1976- 2003	
		Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)
Aliviadero	1,250		20.74		19.22		18.66
1	1,340	16,594	27.21	15,372	26.22	14,925	27.13
2	1,780	24,025	36.93	23,756	40.71	25,572	42.13
3	1,870	17,472	55.67	21,988	61.67	21,767	61.69
4	930	42,068	35.94	43,967	37.13	44,207	36.94
5	1,380	35,226	35.13	35,873	34.96	35,226	34.50
6	1,250	15,689	16.43	14,797	15.92	14,775	15.75
7	1,050	10,600	11.32	10,679	11.53	10,423	11.31
8	1,650	10,956	28.62	11,291	29.01	11,114	28.23
9	1,450	23,736	30.59	23,879	31.22	23,106	30.34
10	930	18,454	12.44	19,181	12.70	18,745	12.42
11	1,900	8,296	14.74	8,139	14.21	7,969	14.16
12	1,750	7,217	13.38	6,821	13.12	6,934	12.95
13	900	8,070	15.18	8,168	14.91	7,863	14.98
14	1,000	25,671	18.89	24,968	18.74	25,424	19.00
15	740	12,108	6.13	12,505	6.06	12,588	6.10
16	1,300	4,472	9.19	3,861	8.67	3,888	8.72
17	1,400	9,664	8.71	9,482	8.49	9,521	8.54
18	1,700	2,786	4.15	2,641	3.89	2,683	3.98
19	1,250	2,092	2.19	1,939	2.12	2,006	2.14
20	200	1,411	0.28	1,454	0.29	1,417	0.28
Total (MMC)			**403.86**		**410.79**		**409.95**

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2001-2003)

Tabla A.3. Volumen de sedimento acumulado 2004-2006.

Sección	Distancia	1976- 2004		1976- 2005		1976- 2006	
		Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)
Aliviadero	1,250		19.32		18.43		19.02
1	1,340	15,452	27.46	14,740	27.77	15,213	27.37
2	1,780	25,534	41.96	26,702	43.94	25,642	45.37
3	1,870	21,617	60.62	22,670	61.19	25,336	64.40
4	930	43,213	36.43	42,768	36.19	43,545	36.16
5	1,380	35,126	34.33	35,058	34.39	34,228	33.95
6	1,250	14,626	15.71	14,778	15.81	14,974	16.49
7	1,050	10,508	11.27	10,523	11.28	11,407	12.07
8	1,650	10,965	28.26	10,965	27.88	11,588	29.02
9	1,450	23,291	30.29	22,830	29.78	23,590	30.43
10	930	18,492	12.16	18,246	12.06	18,387	12.08
11	1,900	7,649	13.72	7,689	13.96	7,592	13.52
12	1,750	6,795	12.93	7,002	13.25	6,643	12.40
13	900	7,980	15.14	8,143	14.50	7,530	14.00
14	1,000	25,656	19.21	24,080	18.14	23,568	17.92
15	740	12,767	6.16	12,204	6.00	12,281	6.10
16	1,300	3,885	8.76	4,000	8.84	4,198	9.00
17	1,400	9,599	8.58	9,605	8.55	9,658	8.58
18	1,700	2,661	4.03	2,606	4.09	2,603	3.97
19	1,250	2,084	2.21	2,204	2.26	2,064	2.14
20	200	1,457	0.29	1,409	0.28	1,365	0.27
Total (MMC)			**408.84**		**408.59**		**414.26**

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2004-2006)

Tabla A.4. Volumen de sedimento acumulado 2007-2009.

Sección	Distancia	1976- 2007		1976- 2008		1976- 2009	
		Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)
Aliviadero	1,250		22.31		22.90		24.91
1	1,340	17,846	31.61	18,322	35.04	19,926	38.85
2	1,780	29,328	45.24	33,981	57.04	38,055	61.70
3	1,870	21,501	60.13	30,108	70.60	31,274	70.04
4	930	42,809	36.20	45,400	37.86	43,639	37.01
5	1,380	35,039	34.41	36,014	35.78	35,952	35.87
6	1,250	14,825	16.49	15,847	17.35	16,029	17.36
7	1,050	11,557	12.13	11,918	12.26	11,754	13.27
8	1,650	11,549	29.23	11,437	30.54	13,518	32.63
9	1,450	23,878	30.81	25,577	32.73	26,037	33.04
10	930	18,621	12.29	19,572	12.90	19,532	12.84
11	1,900	7,806	13.76	8,163	14.36	8,087	14.30
12	1,750	6,680	12.64	6,950	12.75	6,964	13.31
13	900	7,764	14.06	7,620	14.52	8,254	14.97
14	1,000	23,478	17.92	24,654	19.11	25,008	19.39
15	740	12,369	6.24	13,567	6.63	13,766	6.79
16	1,300	4,497	9.16	4,361	9.41	4,588	9.43
17	1,400	9,597	8.55	10,110	9.07	9,917	8.96
18	1,700	2,614	4.00	2,859	4.27	2,880	4.31
19	1,250	2,103	2.24	2,163	2.27	2,195	2.27
20	200	1,478	0.29	1,471	0.29	1,445	0.29
Total (MMC)			**419.71**		**457.68**		**471.54**

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2007-2009)

Tabla A.5. Volumen de sedimento acumulado 2010-2012.

Sección	Distancia	1976- 2010		1976- 2011		1976- 2012	
		Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)
Aliviadero	1,250		25.77		26.97		28.48
1	1,340	20,614	39.56	21,577	40.66	22,785	43.07
2	1,780	38,425	62.18	39,117	62.81	41,493	65.59
3	1,870	31,438	70.37	31,460	71.52	32,205	72.27
4	930	43,823	37.23	45,030	38.19	45,085	38.10
5	1,380	36,241	36.00	37,085	36.92	36,853	36.79
6	1,250	15,931	17.22	16,425	17.80	16,460	17.64
7	1,050	11,617	13.29	12,058	13.72	11,768	13.66
8	1,650	13,704	34.18	14,070	32.72	14,252	31.70
9	1,450	27,732	34.49	25,591	32.97	25,397	32.73
10	930	19,845	13.00	19,891	13.11	19,751	12.98
11	1,900	8,117	14.33	8,295	14.55	8,173	14.59
12	1,750	6,970	13.35	7,019	13.49	7,187	13.55
13	900	8,282	15.06	8,397	15.18	8,296	15.26
14	1,000	25,190	19.26	25,338	19.51	25,608	20.00
15	740	13,328	6.59	13,674	6.82	14,373	6.97
16	1,300	4,488	9.57	4,771	9.79	4,458	9.60
17	1,400	10,241	9.24	10,296	9.26	10,304	9.34
18	1,700	2,959	4.48	2,936	4.53	3,035	4.60
19	1,250	2,314	2.39	2,398	2.48	2,389	2.43
20	200	1,502	0.30	1,577	0.32	1,496	0.30
Total (MMC)			**477.86**		**483.32**		**489.65**

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2010-2012)

Tabla A.6. Volumen de sedimento acumulado 2013-2015.

Sección	Distancia	1976- 2013		1976- 2014		1976-2015	
		Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)	Area Sedimentada (m2)	Volumen de sedimento (MMC)
Aliviadero	1,250		28.91		31.52		32.41
1	1,340	23,124	44.78	25,218	46.40	25,931.19	46.01
2	1,780	43,715	67.34	44,043	67.81	42,752.21	67.47
3	1,870	33,071	73.34	32,152	71.60	33,062.13	70.21
4	930	45,369	38.44	44,424	37.95	42,031.00	37.25
5	1,380	37,307	36.71	37,192	36.61	38,073.51	37.48
6	1,250	15,895	17.20	15,862	17.11	16,251.84	17.45
7	1,050	11,622	13.30	11,518	13.15	11,671.83	13.33
8	1,650	13,718	32.28	13,537	32.22	13,727.58	33.94
9	1,450	25,408	32.87	25,513	32.96	27,412.65	34.30
10	930	19,930	13.02	19,942	13.08	19,901.54	13.11
11	1,900	8,074	14.18	8,197	14.76	8,292.13	14.69
12	1,750	6,857	13.45	7,342	13.88	7,179.63	13.75
13	900	8,514	15.07	8,523	15.17	8,533.16	15.43
14	1,000	24,983	19.56	25,192	19.83	25,765.90	19.96
15	740	14,133	6.89	14,471	7.10	14,156.37	7.02
16	1,300	4,491	9.61	4,715	10.10	4,817.13	10.50
17	1,400	10,294	9.46	10,835	9.74	11,345.51	10.08
18	1,700	3,220	4.79	3,073	4.62	3,057.69	4.57
19	1,250	2,411	2.44	2,367	2.41	2,316.54	2.38
20	200	1,494	0.30	1,488	0.30	1,487.75	0.30
Total (MMC)			**493.94**		**498.32**		**501.64**

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2013-2015)

ANEXO B

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976.

Item	Sección	X	Y	Z
1	S1	51089.21	87738.87	116.34
2	S1	51052.18	87743.36	112.56
3	S1	51011.88	87748.25	115.32
4	S1	50994.60	87750.35	114.43
5	S1	50953.21	87755.37	111.70
6	S1	50915.19	87759.99	112.83
7	S1	50885.60	87763.57	110.59
8	S1	50876.17	87764.72	111.79
9	S1	50841.13	87768.97	110.71
10	S1	50796.36	87774.40	107.47
11	S1	50739.08	87781.35	110.47
12	S1	50729.35	87782.53	109.21
13	S1	50709.89	87784.89	104.51
14	S1	50691.23	87787.16	105.17
15	S1	50664.33	87790.42	109.51
16	S1	50624.82	87795.22	105.19
17	S1	50569.12	87801.97	102.38
18	S1	50506.98	87809.51	101.39
19	S1	50431.33	87818.69	103.15
20	S1	50404.73	87821.92	100.15
21	S1	50344.57	87829.22	104.18
22	S1	50332.06	87830.74	101.67
23	S1	50303.17	87834.24	103.39
24	S1	50278.85	87837.19	101.11
25	S1	50241.18	87841.77	103.80
26	S1	50191.59	87847.78	100.17
27	S1	50164.29	87851.09	103.10
28	S1	50144.49	87853.50	104.36
29	S1	50100.06	87858.89	103.22
30	S1	50081.40	87861.15	100.20
31	S1	50059.26	87863.84	100.20
32	S1	50023.53	87868.17	100.72
33	S1	49972.90	87874.32	102.07
34	S1	49931.00	87879.40	99.44
35	S1	49903.31	87882.76	99.09
36	S1	49843.94	87889.96	103.36
37	S1	49815.55	87893.41	102.22
38	S1	49778.13	87897.95	103.79
39	S1	49754.75	87900.79	102.05
40	S1	49684.21	87909.34	99.07

Item	Sección	X	Y	Z
41	S1	49665.23	87911.65	96.40
42	S1	49630.31	87915.89	97.77
43	S1	49583.55	87921.56	94.98
44	S1	49550.89	87925.52	97.95
45	S1	49533.92	87927.58	96.55
46	S1	49492.22	87932.64	88.55
47	S1	49479.22	87934.22	89.13
48	S1	49463.33	87936.15	93.85
49	S1	49431.27	87940.04	97.27
50	S1	49401.69	87943.63	95.36
51	S1	49389.38	87945.12	92.88
52	S1	49333.14	87951.94	100.90
53	S1	49274.92	87959.01	99.34
54	S1	49266.88	87959.98	95.56
55	S1	49242.75	87962.91	99.87
56	S1	49228.16	87964.68	99.66
57	S1	49210.19	87966.86	97.54
58	S1	49192.02	87969.06	93.69
59	S1	49138.67	87975.54	99.82
60	S1	49092.26	87981.17	93.97
61	S1	49070.42	87983.82	96.58
62	S1	49035.12	87988.10	95.59
63	S1	48987.42	87993.89	93.28
64	S1	48960.67	87997.14	90.10
65	S1	48928.66	88001.02	90.57
66	S1	48897.53	88004.80	88.97
67	S1	48770.32	88020.23	85.43
68	S1	48859.26	88009.44	83.23
69	S1	48847.15	88010.91	83.27
70	S1	48839.31	88011.86	87.89
71	S1	48809.23	88015.51	92.58
72	S1	48782.83	88018.71	90.28
73	S1	48745.50	88023.24	91.30
74	S1	48726.14	88025.59	89.26
75	S1	48704.80	88028.18	91.08
76	S1	48675.21	88031.77	86.28
77	S1	48651.49	88034.65	87.89
78	S1	48626.37	88037.70	85.90
79	S1	48613.57	88039.25	82.10
80	S1	48588.45	88042.30	82.16

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
81	S1	48566.71	88044.94	80.27
82	S1	48551.42	88046.79	80.14
83	S1	48527.20	88049.73	83.89
84	S1	48475.54	88056.00	84.99
85	S1	48469.03	88056.79	84.41
86	S1	48455.82	88058.39	79.71
87	S1	48433.88	88061.05	80.33
88	S1	48389.87	88066.39	99.01
89	S1	48332.63	88073.34	87.13
90	S1	48292.62	88078.19	95.84
91	S1	48252.22	88083.10	108.15
92	S1	48220.25	88086.97	109.43
93	S1	48181.84	88091.63	141.82
94	S1	48156.82	88094.67	138.02
95	S1	48132.21	88097.66	131.98
96	S1	48094.78	88102.20	123.26
97	S1	48035.61	88109.38	106.58
98	S1	48027.96	88110.31	106.85
99	S1	48009.01	88112.61	102.68
100	S1	47942.98	88120.62	99.23
101	S1	47889.69	88127.08	97.86
102	S1	47787.78	88139.45	96.61
103	S1	47714.27	88148.37	93.49
104	S1	47695.70	88150.62	93.25
105	S1	47615.98	88160.29	92.29
106	S1	47521.18	88171.80	91.21
107	S1	47443.55	88181.22	91.02
108	S1	47340.50	88193.72	90.46
109	S1	47281.15	88200.92	89.65
110	S1	47275.38	88201.62	87.17
111	S1	47186.05	88212.46	86.28
112	S1	47165.98	88214.89	84.22
113	S1	47178.69	88213.35	82.18
114	S1	47112.39	88221.40	81.33
115	S1	47019.37	88232.68	82.42
116	S1	46955.83	88240.39	82.05
117	S1	46876.80	88249.98	80.63
118	S1	46871.84	88250.58	86.21
119	S1	46833.72	88255.21	85.80
120	S1	46830.44	88255.61	88.20
121	S1	46818.54	88257.05	87.60
122	S1	46810.19	88258.06	86.63
123	S1	46800.66	88259.22	83.73
124	S1	46786.17	88260.98	83.66
125	S1	46782.50	88261.42	85.56
126	S1	46754.50	88264.82	88.17
127	S1	46745.86	88265.87	85.26
128	S1	46708.74	88270.37	86.03
129	S1	46689.48	88272.71	86.36
130	S1	46634.19	88279.42	87.37
131	S1	46551.39	88289.46	88.28
132	S1	46541.66	88290.65	89.95
133	S1	46533.23	88291.67	88.58
134	S1	46479.62	88298.17	86.29
135	S1	46424.32	88304.88	88.61
136	S1	46376.88	88310.64	90.27
137	S1	46312.45	88318.46	93.29
138	S1	46261.52	88324.64	90.82
139	S1	46218.14	88329.90	86.35
140	S1	46171.78	88335.53	76.32
141	S1	46136.94	88339.75	80.70
142	S1	46084.92	88346.06	78.64
143	S1	46058.02	88349.33	74.90
144	S1	46034.58	88352.17	67.38
145	S1	45905.34	88367.85	65.16
146	S1	45774.60	88383.72	63.92
147	S1	45665.80	88396.92	65.95
148	S1	45603.65	88404.46	65.55
149	S1	45366.61	88433.22	64.02
150	S1	45260.69	88446.07	63.96
151	S1	45109.27	88464.44	63.95
152	S1	45098.58	88465.74	66.13
153	S1	44955.72	88483.07	65.79
154	S1	44886.01	88491.53	66.52
155	S1	44863.57	88494.26	66.52
156	S1	44873.50	88493.05	72.59
157	S1	44830.64	88498.25	90.26
158	S1	44804.06	88501.48	90.26
159	S1	44793.58	88502.75	90.17
160	S1	44701.86	88513.88	87.74

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
161	S1	44678.92	88516.66	89.82
162	S1	44633.76	88522.14	90.50
163	S1	44469.36	88542.09	92.59
164	S1	44449.16	88544.54	91.84
165	S1	44437.89	88545.91	87.44
166	S1	44405.83	88549.80	86.12
167	S1	44361.85	88555.13	94.34
168	S1	44285.31	88564.42	93.54
169	S1	44150.60	88580.76	93.93
170	S1	43976.48	88601.89	103.32
171	S1	43892.29	88612.11	101.50
172	S1	43854.58	88616.68	100.52
173	S1	43844.57	88617.90	104.74
174	S2	51181.44	88921.84	107.50
175	S2	51139.58	88927.95	110.37
176	S2	51097.03	88934.15	114.73
177	S2	51055.47	88940.21	113.73
178	S2	50989.47	88949.83	100.84
179	S2	50951.86	88955.31	108.84
180	S2	50922.18	88959.64	108.97
181	S2	50898.63	88963.07	114.13
182	S2	50860.82	88968.58	107.93
183	S2	50849.45	88970.24	110.86
184	S2	50830.15	88973.06	110.56
185	S2	50795.52	88978.10	115.68
186	S2	50764.84	88982.58	116.07
187	S2	50749.20	88984.86	113.93
188	S2	50728.92	88987.81	113.60
189	S2	50694.58	88992.82	109.41
190	S2	50661.93	88997.58	109.37
191	S2	50623.34	89003.20	105.81
192	S2	50589.10	89008.20	103.97
193	S2	50566.93	89011.43	103.27
194	S2	50521.41	89018.06	108.97
195	S2	50475.89	89024.70	111.74
196	S2	50441.75	89029.68	110.77
197	S2	50402.17	89035.45	109.60
198	S2	50365.56	89040.78	109.29
199	S2	50318.06	89047.71	110.10
200	S2	50287.39	89052.18	108.44
201	S2	50238.40	89059.32	106.22
202	S2	50218.61	89062.20	108.07
203	S2	50171.12	89069.13	107.47
204	S2	50144.40	89073.02	110.07
205	S2	50116.69	89077.06	111.12
206	S2	50087.99	89081.25	111.31
207	S2	50055.34	89086.01	110.32
208	S2	50014.77	89091.92	107.00
209	S2	49989.04	89095.67	103.69
210	S2	49950.45	89101.30	106.22
211	S2	49905.92	89107.79	110.76
212	S2	49869.31	89113.13	109.03
213	S2	49843.08	89116.95	106.93
214	S2	49830.22	89118.82	106.19
215	S2	49807.95	89122.07	106.23
216	S2	49773.02	89127.16	104.93
217	S2	49762.43	89128.71	107.23
218	S2	49738.69	89132.17	108.02
219	S2	49683.27	89140.25	105.06
220	S2	49628.85	89148.18	103.46
221	S2	49571.45	89156.55	103.69
222	S2	49543.75	89160.59	102.16
223	S2	49436.88	89176.17	101.21
224	S2	49421.04	89178.47	100.76
225	S2	49415.11	89179.34	101.39
226	S2	49391.85	89182.73	101.60
227	S2	49352.77	89188.43	101.76
228	S2	49320.11	89193.19	102.79
229	S2	49285.48	89198.24	103.84
230	S2	49237.98	89205.16	107.87
231	S2	49198.40	89210.93	102.29
232	S2	49169.70	89215.12	106.48
233	S2	49127.15	89221.32	106.27
234	S2	49082.62	89227.81	103.04
235	S2	49063.82	89230.55	106.20
236	S2	49051.94	89232.28	106.40
237	S2	49023.64	89236.41	102.41
238	S2	49010.38	89238.34	105.40
239	S2	48985.65	89241.95	105.85
240	S2	48954.97	89246.42	106.40

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
241	S2	48907.47	89253.34	105.66
242	S2	48844.14	89262.58	104.70
243	S2	48790.71	89270.36	103.93
244	S2	48731.33	89279.02	102.50
245	S2	48652.17	89290.56	96.30
246	S2	48625.45	89294.46	97.20
247	S2	48589.83	89299.65	96.40
248	S2	48549.26	89305.56	98.29
249	S2	48475.04	89316.38	94.71
250	S2	48446.35	89320.57	93.66
251	S2	48403.80	89326.77	96.86
252	S2	48377.08	89330.66	92.16
253	S2	48326.61	89338.02	94.84
254	S2	48293.96	89342.78	92.56
255	S2	48274.17	89345.67	93.95
256	S2	48252.40	89348.84	93.80
257	S2	48225.68	89352.73	92.33
258	S2	48195.00	89357.21	89.99
259	S2	48162.84	89361.89	86.83
260	S2	48144.54	89364.56	82.57
261	S2	48137.61	89365.57	80.97
262	S2	48108.91	89369.76	80.97
263	S2	48098.03	89371.34	80.49
264	S2	48060.43	89376.83	78.09
265	S2	48022.82	89382.31	78.12
266	S2	47992.15	89386.78	81.44
267	S2	47963.45	89390.96	81.62
268	S2	47934.75	89395.15	80.34
269	S2	47872.41	89404.23	74.39
270	S2	47851.63	89407.26	76.04
271	S2	47843.72	89408.42	78.06
272	S2	47779.40	89417.79	78.18
273	S2	47768.51	89419.38	75.27
274	S2	47705.18	89428.61	72.41
275	S2	47643.83	89437.56	72.40
276	S2	47628.00	89439.86	74.75
277	S2	47599.30	89444.05	72.20
278	S2	47572.58	89447.94	76.76
279	S2	47538.94	89452.85	76.17
280	S2	47477.59	89461.79	76.10
281	S2	47456.01	89464.94	73.80
282	S2	47409.31	89471.75	73.35
283	S2	47348.95	89480.54	70.97
284	S2	47340.53	89481.77	77.72
285	S2	47320.25	89484.73	83.92
286	S2	47297.49	89488.05	86.62
287	S2	47278.69	89490.79	91.40
288	S2	47257.91	89493.82	91.02
289	S2	47247.02	89495.40	88.58
290	S2	47224.76	89498.65	79.38
291	S2	47210.90	89500.67	76.08
292	S2	47197.55	89502.62	71.48
293	S2	47147.08	89509.97	70.58
294	S2	47109.48	89515.45	70.68
295	S2	47065.94	89521.80	70.84
296	S2	46987.76	89533.20	70.24
297	S2	46940.27	89540.12	69.97
298	S2	46892.77	89547.05	69.97
299	S2	46869.02	89550.51	69.14
300	S2	46861.10	89551.66	66.58
301	S2	46778.97	89563.64	66.91
302	S2	46763.14	89565.94	66.36
303	S2	46780.95	89563.35	66.65
304	S2	46743.35	89568.83	66.21
305	S2	46683.97	89577.48	66.38
306	S2	46626.58	89585.85	66.66
307	S2	46572.16	89593.78	66.47
308	S2	46476.17	89607.78	66.15
309	S2	46463.31	89609.65	64.99
310	S2	46374.25	89622.64	64.99
311	S2	46341.59	89627.40	65.78
312	S2	46266.39	89638.36	65.60
313	S2	46196.13	89648.60	67.16
314	S2	46191.18	89649.32	68.85
315	S2	46153.58	89654.80	69.00
316	S2	46099.16	89662.74	68.69
317	S2	46084.31	89664.90	68.29
318	S2	46047.20	89670.31	68.67
319	S2	45970.52	89681.49	69.57
320	S2	45924.01	89688.27	68.71

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
321	S2	45870.57	89696.06	68.76
322	S2	45802.29	89706.02	68.38
323	S2	45791.41	89707.60	70.79
324	S2	45782.50	89708.90	68.74
325	S2	45730.06	89716.55	68.96
326	S2	45676.62	89724.34	68.09
327	S2	45633.08	89730.68	69.10
328	S2	45627.14	89731.55	69.80
329	S2	45618.24	89732.85	68.80
330	S2	45565.50	89740.54	67.82
331	S2	45553.92	89742.22	69.84
332	S2	45491.58	89751.31	69.83
333	S2	45487.62	89751.89	71.78
334	S2	45460.41	89755.86	68.00
335	S2	45428.25	89760.54	77.20
336	S2	45413.40	89762.71	67.78
337	S2	45392.62	89765.74	67.22
338	S2	45340.18	89773.38	92.70
339	S2	45334.24	89774.25	93.68
340	S2	45294.66	89780.02	93.58
341	S2	45233.31	89788.96	85.69
342	S2	45191.75	89795.02	89.89
343	S2	45152.17	89800.79	96.96
344	S2	45132.87	89803.60	93.41
345	S2	45128.91	89804.18	96.56
346	S2	45104.37	89807.76	95.01
347	S2	45066.57	89813.27	86.90
348	S2	45057.66	89814.57	84.90
349	S2	45039.85	89817.16	89.10
350	S2	45020.06	89820.05	90.44
351	S2	44982.36	89825.55	85.80
352	S2	44962.67	89828.42	95.96
353	S2	44941.89	89831.45	97.26
354	S2	44918.14	89834.91	85.56
355	S2	44887.46	89839.38	96.60
356	S2	44859.76	89843.42	97.34
357	S2	44837.99	89846.59	98.74
358	S2	44800.38	89852.07	103.34
359	S2	44781.58	89854.81	104.00
360	S2	44773.67	89855.97	103.19
361	S2	44733.59	89861.81	102.94
362	S2	44704.89	89865.99	100.86
363	S2	44683.12	89869.17	97.37
364	S2	44679.17	89869.75	95.30
365	S2	44673.23	89870.61	97.05
366	S2	44642.55	89875.08	98.42
367	S2	44610.89	89879.70	99.77
368	S2	44585.16	89883.45	102.60
369	S2	44559.43	89887.20	102.04
370	S2	44543.60	89889.51	100.44
371	S2	44504.02	89895.28	102.73
372	S2	44464.43	89901.05	99.34
373	S2	44434.75	89905.38	102.50
374	S2	44419.91	89907.54	102.94
375	S2	44391.21	89911.72	95.04
376	S2	44356.57	89916.77	90.74
377	S2	44329.86	89920.67	102.34
378	S2	44302.15	89924.71	101.61
379	S2	44280.38	89927.88	98.63
380	S2	44223.98	89936.10	99.13
381	S2	44200.23	89939.56	99.57
382	S2	44182.42	89942.16	99.57
383	S2	44133.93	89949.23	100.00
384	S2	44098.30	89954.42	99.93
385	S2	44021.12	89965.67	101.63
386	S2	43994.40	89969.57	103.61
387	S2	43939.98	89977.50	105.51
388	S2	43905.34	89982.55	105.57
389	S2	43877.64	89986.59	109.34
390	S2	43845.48	89991.28	98.62
391	S2	43824.20	89994.38	96.07
392	S2	43791.55	89999.14	98.65
393	S2	43764.83	90003.04	99.55
394	S2	43744.05	90006.07	101.02
395	S2	43720.80	90009.46	103.42
396	S2	43701.50	90012.27	98.47
397	S2	43656.97	90018.76	101.37
398	S2	43628.27	90022.94	102.27
399	S2	43590.67	90028.43	93.67
400	S2	43531.30	90037.08	105.05

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
401	S2	43512.00	90039.89	106.76
402	S2	43485.28	90043.79	104.82
403	S2	43455.60	90048.12	98.27
404	S2	43393.26	90057.20	94.17
405	S2	43366.04	90061.17	92.17
406	S2	43332.40	90066.08	93.11
407	S2	43310.63	90069.25	96.52
408	S2	43295.79	90071.41	98.42
409	S2	43208.71	90084.11	98.23
410	S2	43192.88	90086.42	102.57
411	S2	43146.37	90093.20	104.73
412	S2	43088.73	90101.60	114.27
413	S3	48512.88	90748.40	109.81
414	S3	48483.49	90758.25	105.33
415	S3	48470.21	90762.70	104.81
416	S3	48419.96	90779.55	100.98
417	S3	48370.66	90796.07	94.63
418	S3	48319.46	90813.23	97.91
419	S3	48301.44	90819.27	99.29
420	S3	48272.05	90829.12	97.85
421	S3	48269.68	90829.92	96.23
422	S3	48233.17	90842.15	103.32
423	S3	48191.45	90856.13	114.45
424	S3	48159.22	90866.94	121.85
425	S3	48129.82	90876.79	130.27
426	S3	48099.48	90886.96	133.16
427	S3	48058.33	90900.75	136.82
428	S3	48036.52	90908.06	133.72
429	S3	48001.44	90919.82	122.42
430	S3	47970.15	90930.31	130.90
431	S3	47941.71	90939.84	128.04
432	S3	47901.41	90953.35	112.44
433	S3	47872.02	90963.20	121.94
434	S3	47849.26	90970.83	123.98
435	S3	47804.70	90985.76	123.47
436	S3	47795.22	90988.94	123.34
437	S3	47785.26	90992.28	121.84
438	S3	47736.91	91008.48	112.53
439	S3	47704.67	91019.29	106.27
440	S3	47656.31	91035.50	89.94
441	S3	47623.13	91046.62	88.81
442	S3	47597.53	91055.20	85.24
443	S3	47578.56	91061.56	85.78
444	S3	47549.64	91071.25	78.90
445	S3	47545.38	91072.68	78.62
446	S3	47533.62	91076.62	81.91
447	S3	47493.80	91089.97	74.94
448	S3	47456.82	91102.36	73.08
449	S3	47404.67	91119.84	72.56
450	S3	47368.26	91132.04	72.98
451	S3	47311.37	91151.11	72.33
452	S3	47257.42	91169.19	73.03
453	S3	47252.68	91170.78	70.07
454	S3	47192.47	91190.96	70.00
455	S3	47115.39	91216.80	71.34
456	S3	46999.71	91255.57	72.07
457	S3	46984.35	91260.72	72.48
458	S3	46889.54	91292.50	74.80
459	S3	46765.99	91333.91	70.68
460	S3	46724.93	91347.67	91.95
461	S3	46688.90	91359.74	97.09
462	S3	46603.19	91388.47	92.25
463	S3	46570.86	91399.31	86.51
464	S3	46549.24	91406.55	91.60
465	S3	46530.94	91412.69	91.60
466	S3	46502.31	91422.28	83.99
467	S3	46478.79	91430.16	81.40
468	S3	46438.31	91443.73	81.56
469	S3	46390.71	91459.69	86.58
470	S3	46334.96	91478.37	91.36
471	S3	46297.98	91490.77	85.30
472	S3	46268.11	91500.78	94.73
473	S3	46208.47	91520.77	99.57
474	S3	46188.47	91527.47	102.01
475	S3	46169.79	91533.73	100.21
476	S3	46125.60	91548.54	98.87
477	S3	46095.07	91558.78	90.09
478	S3	46046.05	91575.21	91.54
479	S3	45978.73	91597.77	91.03
480	S3	45963.66	91602.82	93.45

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
481	S3	45950.29	91607.30	92.90
482	S3	45835.85	91645.66	95.98
483	S3	45821.34	91650.52	97.58
484	S3	45786.73	91662.12	94.97
485	S3	45774.78	91666.13	94.89
486	S3	45761.13	91670.70	93.78
487	S3	45699.12	91691.49	95.54
488	S3	45558.98	91738.46	96.60
489	S3	45434.39	91780.21	98.90
490	S3	45284.68	91830.39	101.68
491	S3	45224.85	91850.45	103.97
492	S3	45210.34	91855.31	106.77
493	S3	45198.59	91859.25	106.57
494	S3	45179.81	91865.54	110.37
495	S3	45169.38	91869.04	111.91
496	S3	45131.84	91881.62	112.78
497	S3	45092.68	91894.75	120.10
498	S3	45054.18	91907.65	118.18
499	S3	45009.05	91922.78	115.33
500	S3	44985.91	91930.53	112.57
501	S3	44937.56	91946.74	108.74
502	S3	44873.37	91968.25	112.38
503	S3	44837.72	91980.20	117.74
504	S3	44805.01	91991.17	113.78
505	S4	50440.07	92549.65	182.90
506	S4	50137.86	92601.36	120.83
507	S4	50095.97	92608.53	112.98
508	S4	50077.24	92611.73	114.46
509	S4	50072.31	92612.58	113.06
510	S4	50057.04	92615.19	113.02
511	S4	50040.28	92618.06	112.10
512	S4	50031.90	92619.49	109.26
513	S4	50026.48	92620.42	109.86
514	S4	50012.68	92622.78	109.96
515	S4	49996.91	92625.48	110.05
516	S4	49971.78	92629.78	107.91
517	S4	49940.73	92635.09	105.56
518	S4	49926.93	92637.45	113.11
519	S4	49900.31	92642.01	112.76
520	S4	49873.70	92646.56	106.24
521	S4	49859.90	92648.92	108.74
522	S4	49851.03	92650.44	110.42
523	S4	49842.65	92651.87	110.10
524	S4	49830.82	92653.90	113.54
525	S4	49818.50	92656.01	112.59
526	S4	49798.79	92659.38	117.62
527	S4	49765.28	92665.11	115.39
528	S4	49747.04	92668.24	115.79
529	S4	49720.03	92672.86	112.45
530	S4	49693.42	92677.41	107.13
531	S4	49657.94	92683.48	99.27
532	S4	49643.15	92686.01	94.22
533	S4	49627.38	92688.71	98.21
534	S4	49608.65	92691.91	101.57
535	S4	49593.87	92694.44	102.72
536	S4	49579.08	92696.97	102.80
537	S4	49554.44	92701.19	100.32
538	S4	49538.67	92703.89	97.77
539	S4	49508.12	92709.12	100.42
540	S4	49500.23	92710.47	99.57
541	S4	49447.00	92719.58	100.77
542	S4	49420.29	92724.15	103.05
543	S4	49375.94	92731.74	100.63
544	S4	49342.42	92737.47	98.81
545	S4	49317.78	92741.69	94.85
546	S4	49340.45	92737.81	97.16
547	S4	49273.43	92749.28	96.51
548	S4	49253.71	92752.65	94.96
549	S4	49195.06	92762.68	97.57
550	S4	49165.89	92767.68	93.41
551	S4	49147.16	92770.88	91.31
552	S4	49137.30	92772.57	91.49
553	S4	49124.49	92774.76	90.65
554	S4	49106.75	92777.80	88.15
555	S4	49084.08	92781.68	88.85
556	S4	49062.39	92785.39	94.35
557	S4	49024.94	92791.80	108.27
558	S4	49009.17	92794.49	108.92
559	S4	48966.78	92801.75	109.57
560	S4	48927.26	92808.51	109.17

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
561	S4	48893.74	92814.24	107.62
562	S4	48884.87	92815.76	105.82
563	S4	48858.26	92820.32	96.99
564	S4	48833.62	92824.53	91.24
565	S4	48785.32	92832.80	83.49
566	S4	48777.93	92834.06	84.99
567	S4	48750.72	92838.72	83.55
568	S4	48711.30	92845.46	81.78
569	S4	48689.61	92849.17	79.16
570	S4	48683.60	92850.20	78.24
571	S4	48680.74	92850.69	78.26
572	S4	48678.77	92851.03	78.48
573	S4	48638.36	92857.94	78.41
574	S4	48635.40	92858.45	77.54
575	S4	48628.01	92859.72	77.96
576	S4	48510.02	92879.90	75.86
577	S4	48462.71	92888.00	76.03
578	S4	48458.27	92888.76	73.28
579	S4	48432.15	92893.23	75.30
580	S4	48388.68	92900.67	74.41
581	S4	48349.26	92907.41	73.40
582	S4	48298.99	92916.01	72.60
583	S4	48282.23	92918.88	73.21
584	S4	48227.43	92928.26	73.38
585	S4	48156.46	92940.40	73.04
586	S4	48107.18	92948.84	72.96
587	S4	48073.27	92954.64	73.00
588	S4	48016.10	92964.42	72.88
589	S4	47969.28	92972.43	72.80
590	S4	47931.82	92978.84	73.14
591	S4	47866.77	92989.97	73.14
592	S4	47809.50	92999.77	73.17
593	S4	47803.59	93000.78	70.33
594	S4	47767.12	93007.02	70.15
595	S4	47753.32	93009.38	70.15
596	S4	47749.87	93009.97	73.12
597	S4	47684.32	93021.19	69.98
598	S4	47657.61	93025.76	72.72
599	S4	47614.04	93033.22	72.49
600	S4	47560.92	93042.31	72.28

Item	Sección	X	Y	Z
601	S4	47556.97	93042.98	70.09
602	S4	47530.36	93047.54	69.33
603	S4	47492.90	93053.94	70.07
604	S4	47471.22	93057.65	70.57
605	S4	47451.51	93061.03	71.95
606	S4	47345.94	93079.09	72.36
607	S4	47277.93	93090.73	72.50
608	S4	47232.49	93098.50	72.39
609	S4	47222.04	93100.29	78.42
610	S4	47213.76	93101.71	79.87
611	S4	47191.29	93105.55	76.13
612	S4	47152.55	93112.18	82.33
613	S4	47130.87	93115.89	82.48
614	S4	47073.70	93125.68	90.57
615	S4	47048.07	93130.06	97.34
616	S4	47025.79	93133.87	96.25
617	S4	46953.35	93146.27	87.73
618	S4	46893.22	93156.56	86.40
619	S4	46846.60	93164.53	73.03
620	S4	46840.29	93165.61	76.18
621	S4	46803.42	93171.92	76.71
622	S4	46794.26	93173.49	74.93
623	S4	46776.32	93176.56	75.69
624	S4	46746.45	93181.67	77.93
625	S4	46708.01	93188.25	81.93
626	S4	46676.47	93193.65	74.84
627	S4	46601.46	93206.48	85.24
628	S4	46556.71	93214.14	92.19
629	S4	46495.99	93224.53	91.05
630	S4	46459.13	93230.84	97.59
631	S4	46449.67	93232.45	98.72
632	S4	46379.78	93244.41	92.99
633	S4	46288.90	93259.96	92.79
634	S4	46255.39	93265.70	92.57
635	S4	46226.81	93270.59	93.62
636	S4	46195.17	93276.00	93.29
637	S4	46141.45	93285.19	96.14
638	S4	46095.32	93293.09	96.74
639	S4	46082.31	93295.31	94.04
640	S4	46077.28	93296.17	96.14

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
641	S4	46027.80	93304.64	98.46
642	S4	45985.22	93311.93	98.09
643	S4	45945.79	93318.67	85.84
644	S4	45919.87	93323.11	89.54
645	S4	45892.07	93327.87	84.69
646	S4	45847.12	93335.56	99.39
647	S4	45833.92	93337.82	101.24
648	S4	45790.84	93345.19	96.27
649	S4	45780.10	93347.03	98.96
650	S4	45734.56	93354.82	90.63
651	S4	45704.79	93359.91	96.31
652	S4	45693.36	93361.87	97.01
653	S4	45649.89	93369.31	95.22
654	S4	45614.41	93375.38	90.42
655	S4	45543.04	93387.59	108.17
656	S4	45490.80	93396.53	113.32
657	S4	45468.53	93400.34	116.50
658	S5	49800.57	93634.06	112.70
659	S5	49768.92	93638.79	104.85
660	S5	49755.08	93640.86	105.85
661	S5	49712.55	93647.22	100.05
662	S5	49686.83	93651.06	97.05
663	S5	49637.38	93658.46	99.65
664	S5	49611.67	93662.30	104.51
665	S5	49588.92	93665.70	100.08
666	S5	49564.20	93669.40	98.08
667	S5	49530.57	93674.43	91.28
668	S5	49492.99	93680.05	97.46
669	S5	49469.25	93683.60	101.58
670	S5	49387.17	93695.87	96.61
671	S5	49349.58	93701.49	102.21
672	S5	49316.95	93706.37	90.11
673	S5	49294.20	93709.77	93.91
674	S5	49246.73	93716.87	88.11
675	S5	49212.11	93722.04	90.51
676	S5	49167.61	93728.70	79.34
677	S5	49158.71	93730.03	81.18
678	S5	49148.82	93731.51	79.68
679	S5	49082.55	93741.41	94.46
680	S5	49062.77	93744.37	85.25
681	S5	49048.93	93746.44	89.28
682	S5	49024.20	93750.14	89.28
683	S5	48999.48	93753.83	84.44
684	S5	48951.01	93761.08	76.84
685	S5	48894.64	93769.51	76.76
686	S5	48846.18	93776.75	77.04
687	S5	48806.62	93782.67	76.78
688	S5	48763.10	93789.18	78.08
689	S5	48683.98	93801.01	86.08
690	S5	48663.21	93804.11	83.49
691	S5	48624.64	93809.88	77.53
692	S5	48591.02	93814.91	78.33
693	S5	48540.58	93822.45	78.13
694	S5	48491.13	93829.84	77.93
695	S5	48441.68	93837.23	77.65
696	S5	48385.30	93845.66	76.06
697	S5	48340.80	93852.32	75.51
698	S5	48288.38	93860.15	75.06
699	S5	48237.94	93867.69	75.03
700	S5	48192.45	93874.50	74.87
701	S5	48159.81	93879.38	74.42
702	S5	48120.25	93885.29	75.62
703	S5	48117.28	93885.74	75.07
704	S5	48114.31	93886.18	75.77
705	S5	48102.45	93887.95	74.23
706	S5	48056.95	93894.76	75.61
707	S5	48002.56	93902.89	75.11
708	S5	47970.41	93907.69	74.79
709	S5	47913.05	93916.27	74.32
710	S5	47883.88	93920.63	73.58
711	S5	47846.79	93926.18	74.00
712	S5	47803.27	93932.68	74.90
713	S5	47783.49	93935.64	72.44
714	S5	47744.92	93941.41	73.24
715	S5	47716.93	93945.59	72.11
716	S5	47637.12	93957.53	73.77
717	S5	47572.83	93967.14	88.50
718	S5	47562.94	93968.62	90.46
719	S5	47538.22	93972.31	101.20
720	S5	47481.84	93980.74	101.28

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
721	S5	47438.33	93987.25	97.87
722	S5	47353.27	93999.97	102.03
723	S5	47319.65	94004.99	100.34
724	S5	47285.03	94010.17	102.94
725	S5	47248.93	94015.57	103.66
726	S5	47217.78	94020.22	102.36
727	S5	47183.16	94025.40	92.59
728	S5	47153.49	94029.84	100.05
729	S5	47100.09	94037.82	96.80
730	S5	47070.71	94042.21	103.07
731	S5	47030.31	94048.25	106.06
732	S5	46964.59	94058.08	106.10
733	S5	46903.28	94067.25	109.21
734	S5	46887.45	94069.61	108.02
735	S5	46863.72	94073.16	103.82
736	S5	46802.40	94082.33	106.23
737	S5	46777.67	94086.03	102.03
738	S5	46745.03	94090.91	96.43
739	S5	46719.32	94094.75	97.93
740	S5	46694.60	94098.45	99.43
741	S5	46641.19	94106.43	102.28
742	S5	46601.63	94112.35	106.38
743	S5	46568.00	94117.37	107.87
744	S5	46540.31	94121.52	109.48
745	S5	46501.74	94127.28	108.42
746	S5	46487.89	94129.35	106.02
747	S5	46480.97	94130.39	106.23
748	S5	46467.12	94132.46	107.62
749	S5	46438.44	94136.75	107.82
750	S5	46399.87	94142.51	104.42
751	S5	46353.39	94149.46	95.42
752	S5	46334.60	94152.27	100.92
753	S5	46285.15	94159.67	101.17
754	S5	46220.37	94169.35	117.98
755	S5	46203.06	94171.94	117.27
756	S5	46151.63	94179.63	113.38
757	S5	46141.74	94181.11	114.48
758	S5	46120.97	94184.21	112.77
759	S6	49799.77	95326.79	150.84
760	S6	49694.69	95324.90	126.26
761	S6	49636.50	95323.86	113.12
762	S6	49604.50	95323.28	118.50
763	S6	49523.01	95321.82	117.16
764	S6	49450.43	95320.52	113.37
765	S6	49384.84	95319.34	101.32
766	S6	49358.24	95318.86	103.03
767	S6	49287.45	95317.59	100.98
768	S6	49239.86	95316.74	97.58
769	S6	49221.56	95316.41	101.68
770	S6	49186.67	95315.78	102.03
771	S6	49117.08	95314.53	102.83
772	S6	49069.39	95313.68	99.57
773	S6	49044.89	95313.24	103.53
774	S6	48906.31	95310.75	103.02
775	S6	48853.12	95309.79	100.16
776	S6	48799.93	95308.84	100.86
777	S6	48687.15	95306.81	98.59
778	S6	48631.56	95305.82	100.74
779	S6	48595.76	95305.17	107.06
780	S6	48573.37	95304.77	109.54
781	S6	48548.07	95304.32	114.28
782	S6	48535.57	95304.09	114.82
783	S6	48512.38	95303.68	110.09
784	S6	48454.89	95302.65	99.75
785	S6	48439.79	95302.37	94.20
786	S6	48406.69	95301.78	102.22
787	S6	48357.40	95300.89	86.75
788	S6	48307.91	95300.01	99.50
789	S6	48284.01	95299.58	101.83
790	S6	48256.22	95299.08	90.48
791	S6	48231.62	95298.64	92.04
792	S6	48193.73	95297.96	99.56
793	S6	48153.04	95297.23	82.79
794	S6	48144.04	95297.06	82.44
795	S6	48094.54	95296.18	89.96
796	S6	48073.05	95295.79	92.64
797	S6	48039.05	95295.18	99.57
798	S6	47978.46	95294.09	88.21
799	S6	47951.87	95293.61	87.08
800	S6	47881.58	95292.35	77.94

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
801	S6	47824.89	95291.33	80.03
802	S6	47798.69	95290.86	80.68
803	S6	47757.60	95290.13	79.91
804	S6	47729.70	95289.63	74.72
805	S6	47686.71	95288.85	74.74
806	S6	47652.72	95288.24	75.26
807	S6	47571.23	95286.78	76.10
808	S6	47559.73	95286.57	74.96
809	S6	47549.63	95286.39	77.58
810	S6	47545.73	95286.32	77.88
811	S6	47534.74	95286.13	75.86
812	S6	47505.74	95285.60	78.00
813	S6	47474.74	95285.05	80.58
814	S6	47452.75	95284.65	79.08
815	S6	47437.75	95284.38	80.83
816	S6	47410.75	95283.90	82.08
817	S6	47350.16	95282.81	95.33
818	S6	47329.17	95282.43	100.33
819	S6	47300.17	95281.91	110.13
820	S6	47280.78	95281.57	113.75
821	S6	47272.88	95281.42	113.24
822	S6	47229.68	95280.65	102.64
823	S6	47197.89	95280.08	95.04
824	S6	47188.79	95279.91	96.86
825	S6	47163.69	95279.46	90.09
826	S6	47126.00	95278.79	99.09
827	S6	47115.80	95278.60	100.18
828	S6	47102.40	95278.36	100.49
829	S6	47076.91	95277.91	97.24
830	S6	47056.41	95277.54	99.64
831	S6	47027.82	95277.02	96.57
832	S6	47008.72	95276.68	101.82
833	S6	46973.23	95276.04	108.88
834	S6	46954.23	95275.70	105.83
835	S6	46932.73	95275.32	103.49
836	S6	46916.93	95275.03	104.96
837	S6	46893.74	95274.62	104.32
838	S6	46865.04	95274.10	101.73
839	S6	46846.05	95273.76	99.94
840	S6	46830.55	95273.48	96.10
841	S6	46808.75	95273.09	96.13
842	S6	46767.56	95272.35	100.12
843	S6	46737.86	95271.82	107.22
844	S6	46721.17	95271.52	108.43
845	S6	46670.77	95270.61	105.60
846	S6	46631.88	95269.92	108.38
847	S6	46599.59	95269.34	103.71
848	S6	46565.89	95268.73	106.98
849	S6	46541.89	95268.30	106.61
850	S6	46514.80	95267.81	104.29
851	S6	46486.20	95267.30	100.28
852	S6	46465.31	95266.93	102.35
853	S6	46440.91	95266.49	102.26
854	S6	46420.71	95266.13	100.18
855	S6	46407.12	95265.88	100.75
856	S6	46377.32	95265.35	102.97
857	S6	46363.02	95265.09	100.75
858	S6	46325.33	95264.41	104.02
859	S6	46288.24	95263.75	106.20
860	S6	46273.24	95263.48	105.40
861	S6	46248.24	95263.03	108.79
862	S6	46229.05	95262.68	110.81
863	S6	46197.15	95262.11	110.91
864	S6	46167.16	95261.57	110.30
865	S6	46102.47	95260.41	113.54
866	S6	46066.07	95259.76	110.43
867	S6	46058.77	95259.63	108.57
868	S6	46017.38	95258.88	110.93
869	S6	46000.78	95258.59	109.47
870	S6	45967.89	95258.00	112.83
871	S6	45953.29	95257.73	112.25
872	S6	45895.30	95256.69	114.70
873	S6	45861.70	95256.09	115.19
874	S6	45825.81	95255.44	112.67
875	S6	45816.91	95255.29	115.29
876	S6	45806.11	95255.09	114.28
877	S6	45774.62	95254.53	118.90
878	S6	45716.13	95253.48	122.85
879	S7	48740.36	96228.78	104.76
880	S7	48693.15	96241.92	106.77

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
881	S7	48673.88	96247.28	105.01
882	S7	48657.50	96251.84	100.70
883	S7	48643.05	96255.86	98.06
884	S7	48636.31	96257.74	95.31
885	S7	48618.97	96262.57	102.56
886	S7	48611.74	96264.58	103.99
887	S7	48603.55	96266.86	103.50
888	S7	48581.40	96273.02	98.38
889	S7	49533.22	96008.12	93.03
890	S7	48558.28	96279.46	88.48
891	S7	48551.53	96281.34	94.99
892	S7	48546.72	96282.68	98.17
893	S7	48538.04	96285.09	96.95
894	S7	48511.46	96292.49	99.09
895	S7	48501.44	96295.28	98.03
896	S7	48492.77	96297.69	95.79
897	S7	48477.35	96301.98	99.79
898	S7	48456.16	96307.88	104.16
899	S7	48442.67	96311.63	105.35
900	S7	48403.17	96322.63	104.60
901	S7	48380.05	96329.06	102.65
902	S7	48365.60	96333.08	102.56
903	S7	48354.04	96336.30	104.77
904	S7	48324.17	96344.61	109.05
905	S7	48291.42	96353.73	110.31
906	S7	48202.79	96378.40	109.86
907	S7	48193.15	96381.08	108.50
908	S7	48173.89	96386.44	102.20
909	S7	48159.43	96390.46	108.45
910	S7	48104.52	96405.75	108.71
911	S7	48099.13	96407.25	107.60
912	S7	48073.69	96414.33	98.14
913	S7	48035.16	96425.05	87.80
914	S7	47999.51	96434.97	89.39
915	S7	47969.65	96443.28	87.83
916	S7	47955.20	96447.30	84.89
917	S7	47946.53	96449.72	87.49
918	S7	47914.73	96458.57	90.33
919	S7	47907.03	96460.71	89.77
920	S7	47882.94	96467.41	84.57
921	S7	47869.46	96471.17	81.27
922	S7	47859.82	96473.85	87.30
923	S7	47845.37	96477.87	86.67
924	S7	47812.62	96486.99	88.46
925	S7	47806.84	96488.60	87.50
926	S7	47794.31	96492.08	75.39
927	S7	47686.41	96522.11	76.49
928	S7	47684.49	96522.65	77.61
929	S7	47623.79	96539.54	76.96
930	S7	47540.94	96562.60	77.39
931	S7	47496.63	96574.93	76.85
932	S7	47479.29	96579.76	85.40
933	S7	47455.20	96586.46	96.64
934	S7	47432.08	96592.90	96.61
935	S7	47408.96	96599.33	93.37
936	S7	47379.09	96607.64	89.82
937	S7	47352.12	96615.15	98.87
938	S7	47325.14	96622.66	104.65
939	S7	47298.17	96630.16	109.04
940	S7	47276.97	96636.06	105.30
941	S7	47256.74	96641.69	110.06
942	S7	47217.24	96652.69	100.97
943	S7	47204.72	96656.17	108.67
944	S8	48771.04	97412.65	109.32
945	S8	48751.73	97415.36	108.92
946	S8	48723.61	97419.32	110.68
947	S8	48703.21	97422.19	109.41
948	S8	48691.42	97423.84	107.53
949	S8	48672.81	97426.46	103.36
950	S8	48656.76	97428.72	89.60
951	S8	48650.43	97429.61	94.01
952	S8	48631.41	97432.28	90.41
953	S8	48617.85	97434.19	93.01
954	S8	48605.17	97435.97	94.03
955	S8	48591.80	97437.85	97.65
956	S8	48581.40	97439.31	100.91
957	S8	48571.01	97440.77	104.71
958	S8	48558.13	97442.58	105.90
959	S8	48541.89	97444.87	102.90
960	S8	48525.45	97447.18	100.00

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
961	S8	48512.68	97448.97	100.40
962	S8	48503.57	97450.25	99.30
963	S8	48486.83	97452.61	104.15
964	S8	48471.98	97454.70	106.90
965	S8	48412.37	97463.08	107.21
966	S8	48399.49	97464.89	105.45
967	S8	48387.41	97466.59	102.96
968	S8	48357.90	97470.73	104.32
969	S8	48344.53	97472.61	104.30
970	S8	48321.16	97475.90	102.00
971	S8	48311.66	97477.24	100.02
972	S8	48300.57	97478.80	101.72
973	S8	48280.37	97481.64	103.65
974	S8	48254.92	97485.21	104.41
975	S8	48242.04	97487.02	108.09
976	S8	48232.14	97488.42	103.09
977	S8	48224.51	97489.49	100.66
978	S8	48182.82	97495.35	80.66
979	S8	48161.93	97498.29	80.61
980	S8	48141.23	97501.20	79.61
981	S8	48139.35	97501.46	78.61
982	S8	48115.39	97504.83	79.91
983	S8	48105.68	97506.20	79.16
984	S8	48095.58	97507.62	80.05
985	S8	48055.38	97513.27	79.65
986	S8	48027.25	97517.22	78.95
987	S8	48010.52	97519.58	77.85
988	S8	47990.61	97522.37	77.47
989	S8	47956.05	97527.23	78.20
990	S8	47928.53	97531.10	79.20
991	S8	47916.15	97532.84	77.92
992	S8	47907.63	97534.04	79.23
993	S8	47899.71	97535.16	78.21
994	S8	47882.68	97537.55	78.81
995	S8	47857.13	97541.14	78.86
996	S8	47823.26	97545.90	78.31
997	S8	47809.30	97547.87	77.81
998	S8	47800.78	97549.07	77.75
999	S8	47772.46	97553.05	77.23
1000	S8	47766.02	97553.95	76.27

Item	Sección	X	Y	Z
1001	S8	47714.73	97561.16	80.47
1002	S8	47701.46	97563.03	79.22
1003	S8	47698.88	97563.39	82.47
1004	S8	47669.18	97567.57	98.54
1005	S8	47633.63	97572.57	108.97
1006	S8	47612.73	97575.50	101.98
1007	S8	47583.02	97579.68	102.98
1008	S8	47570.84	97581.39	104.26
1009	S8	47534.60	97586.49	104.56
1010	S8	47507.86	97590.25	98.06
1011	S8	47494.89	97592.07	95.06
1012	S8	47473.30	97595.11	94.96
1013	S8	47462.11	97596.68	95.16
1014	S8	47451.22	97598.21	95.34
1015	S8	47435.57	97600.41	99.79
1016	S8	47424.88	97601.92	101.86
1017	S8	47415.08	97603.29	100.44
1018	S8	47403.09	97604.98	96.61
1019	S8	47390.52	97606.75	99.16
1020	S8	47380.32	97608.18	100.66
1021	S8	47364.47	97610.41	98.81
1022	S8	47346.65	97612.92	101.57
1023	S8	47334.67	97614.60	102.73
1024	S8	47302.19	97619.17	96.73
1025	S8	47251.58	97626.28	97.99
1026	S8	47225.84	97629.90	96.80
1027	S8	47167.71	97638.07	93.76
1028	S8	47147.71	97640.89	91.26
1029	S8	47134.14	97642.79	91.52
1030	S8	47123.64	97644.27	89.37
1031	S8	47089.28	97649.10	91.51
1032	S8	47074.53	97651.18	94.00
1033	S8	47044.62	97655.38	94.55
1034	S8	47040.06	97656.02	93.65
1035	S8	47011.35	97660.06	91.19
1036	S8	47002.14	97661.35	94.43
1037	S8	46982.23	97664.15	98.68
1038	S8	46963.62	97666.77	97.65
1039	S8	46939.35	97670.18	98.90
1040	S8	46927.27	97671.88	97.50

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1041	S8	46864.00	97680.78	106.16
1042	S8	46821.41	97686.76	102.61
1043	S8	46806.56	97688.85	101.63
1044	S8	46791.81	97690.93	98.28
1045	S8	46750.31	97696.76	93.21
1046	S8	46703.28	97703.37	93.61
1047	S8	46669.51	97708.12	93.30
1048	S8	46668.62	97708.25	91.56
1049	S8	46651.88	97710.60	93.01
1050	S8	46629.11	97713.80	93.01
1051	S8	46548.99	97725.06	93.61
1052	S8	46529.88	97727.75	91.56
1053	S8	46515.42	97729.78	93.58
1054	S8	46484.13	97734.18	92.44
1055	S8	46460.76	97737.47	89.11
1056	S8	46435.56	97741.01	94.61
1057	S8	46419.86	97743.22	95.96
1058	S8	46392.14	97747.12	97.54
1059	S8	46365.60	97750.85	110.28
1060	S8	46327.77	97756.17	106.90
1061	S8	46281.13	97762.73	103.92
1062	S8	46252.41	97766.76	96.70
1063	S8	46223.69	97770.80	92.10
1064	S8	46192.20	97775.23	107.10
1065	S8	46147.94	97781.45	119.46
1066	S8	46092.78	97789.21	128.47
1067	S8	46056.14	97794.36	127.28
1068	S8	46018.51	97799.65	136.14
1069	S9	50298.43	98094.12	112.31
1070	S9	50262.61	98112.58	107.72
1071	S9	50237.72	98125.41	99.66
1072	S9	50212.03	98138.65	97.06
1073	S9	50192.48	98148.73	93.48
1074	S9	50176.30	98157.07	92.71
1075	S9	50156.12	98167.47	94.80
1076	S9	50147.15	98172.10	93.80
1077	S9	50135.77	98177.97	96.30
1078	S9	50127.77	98182.09	95.40
1079	S9	50121.10	98185.53	95.06
1080	S9	50114.70	98188.82	92.46

Item	Sección	X	Y	Z
1081	S9	50082.35	98205.50	90.47
1082	S9	49997.37	98249.30	88.60
1083	S9	49980.66	98257.92	86.74
1084	S9	49965.91	98265.52	86.54
1085	S9	49919.42	98289.49	89.30
1086	S9	49892.04	98303.60	101.00
1087	S9	49841.29	98329.76	107.12
1088	S9	49800.84	98350.61	107.89
1089	S9	49751.42	98376.08	107.48
1090	S9	49726.09	98389.14	97.18
1091	S9	49684.85	98410.40	88.03
1092	S9	49658.45	98424.00	88.87
1093	S9	49626.98	98440.22	86.76
1094	S9	49602.09	98453.05	94.72
1095	S9	49564.23	98472.57	100.89
1096	S9	49547.43	98481.23	100.06
1097	S9	49515.16	98497.86	111.13
1098	S9	49500.32	98505.51	111.85
1099	S9	49481.57	98515.18	110.50
1100	S9	49437.74	98537.77	101.70
1101	S9	49419.88	98546.98	108.06
1102	S9	49410.19	98551.97	104.00
1103	S9	49394.99	98559.81	108.10
1104	S9	49351.44	98582.26	94.38
1105	S9	49333.39	98591.56	90.94
1106	S9	49289.48	98614.19	96.71
1107	S9	49260.24	98629.27	93.21
1108	S9	49236.59	98641.45	86.10
1109	S9	49179.80	98670.73	81.21
1110	S9	49102.02	98710.82	87.00
1111	S9	49028.87	98748.53	81.83
1112	S9	48951.36	98788.48	81.42
1113	S9	48875.36	98827.66	81.30
1114	S9	48857.49	98836.87	81.53
1115	S9	48855.54	98837.87	81.79
1116	S9	48742.92	98895.92	80.87
1117	S9	48618.83	98959.88	81.18
1118	S9	48559.46	98990.49	79.80
1119	S9	48553.15	98993.74	88.15
1120	S9	48528.08	99006.66	87.86

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1121	S9	48486.57	99028.06	87.60
1122	S9	48466.04	99038.64	91.79
1123	S9	48446.57	99048.68	90.69
1124	S9	48444.08	99049.96	86.86
1125	S9	48426.93	99058.80	85.91
1126	S9	48401.15	99072.09	82.10
1127	S9	48383.11	99081.39	81.83
1128	S9	48344.71	99101.19	81.20
1129	S9	48305.16	99121.57	82.51
1130	S9	48237.07	99156.67	85.64
1131	S9	48213.07	99169.04	83.67
1132	S9	48133.69	99209.96	90.11
1133	S9	48103.47	99225.53	89.89
1134	S9	48059.83	99248.03	95.25
1135	S9	48040.45	99258.02	96.17
1136	S9	48024.27	99266.36	94.52
1137	S9	48009.52	99273.96	99.35
1138	S9	47988.28	99284.91	98.73
1139	S9	47979.21	99289.59	99.72
1140	S9	47958.05	99300.49	98.05
1141	S9	47950.68	99304.29	94.91
1142	S9	47937.97	99310.85	97.73
1143	S9	47916.46	99321.93	99.23
1144	S9	47912.81	99323.81	99.33
1145	S9	47894.59	99333.20	93.41
1146	S9	47871.39	99345.16	92.61
1147	S9	47864.99	99348.46	94.65
1148	S9	47844.46	99359.05	95.78
1149	S9	47832.19	99365.37	95.11
1150	S9	47816.55	99373.43	91.67
1151	S9	47786.59	99388.87	94.39
1152	S9	47768.82	99398.04	91.06
1153	S9	47749.35	99408.07	90.17
1154	S9	47734.15	99415.90	86.08
1155	S9	47723.57	99421.36	85.98
1156	S9	47710.95	99427.86	87.60
1157	S9	47688.64	99439.36	89.88
1158	S9	47681.71	99442.94	91.88
1159	S9	47663.84	99452.15	94.23
1160	S9	47637.80	99465.57	97.50
1161	S9	47614.33	99477.67	106.80
1162	S10	51078.61	98920.55	119.34
1163	S10	51058.38	98933.84	118.17
1164	S10	51009.49	98965.95	112.26
1165	S10	50978.39	98986.37	110.16
1166	S10	50957.92	98999.82	110.98
1167	S10	50895.56	99040.78	102.72
1168	S10	50888.29	99045.55	99.70
1169	S10	50862.97	99062.19	100.97
1170	S10	50841.15	99076.52	98.78
1171	S10	50828.03	99085.14	96.02
1172	S10	50813.32	99094.80	99.94
1173	S10	50784.81	99113.52	98.74
1174	S10	50765.59	99126.14	88.12
1175	S10	50734.95	99146.27	82.39
1176	S10	50721.88	99154.86	85.33
1177	S10	50705.49	99165.62	101.03
1178	S10	50698.64	99170.12	100.59
1179	S10	50689.78	99175.94	97.91
1180	S10	50679.00	99183.02	99.92
1181	S10	50668.63	99189.83	96.22
1182	S10	50659.86	99195.59	99.05
1183	S10	50644.06	99205.97	97.49
1184	S10	50606.03	99230.95	83.83
1185	S10	50591.15	99240.72	87.64
1186	S10	50586.72	99243.63	91.56
1187	S10	50577.53	99249.67	91.35
1188	S10	50570.26	99254.44	90.70
1189	S10	50563.74	99258.72	87.74
1190	S10	50546.44	99270.09	90.40
1191	S10	50506.65	99296.22	96.61
1192	S10	50465.78	99323.06	93.72
1193	S10	50436.69	99342.17	89.10
1194	S10	50414.12	99356.99	87.46
1195	S10	50381.53	99378.40	87.66
1196	S10	50375.84	99382.14	87.00
1197	S10	50362.89	99390.64	81.34
1198	S10	50350.18	99398.99	82.46
1199	S10	50202.12	99496.24	83.14
1200	S10	50159.75	99524.07	83.02

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1201	S10	50093.92	99567.30	84.05
1202	S10	50042.19	99601.28	82.77
1203	S10	50025.34	99612.35	87.01
1204	S10	49997.34	99630.74	87.37
1205	S10	49946.61	99664.06	85.49
1206	S10	49918.44	99682.56	87.36
1207	S10	49844.72	99730.98	87.77
1208	S10	49836.28	99736.53	84.30
1209	S10	49827.75	99742.13	84.58
1210	S10	49795.99	99762.99	86.67
1211	S10	49774.51	99777.10	88.71
1212	S10	49759.46	99786.98	90.60
1213	S10	49727.12	99808.22	92.41
1214	S10	49699.20	99826.56	92.45
1215	S10	49682.15	99837.76	89.04
1216	S10	49646.29	99861.31	90.57
1217	S10	49632.00	99870.70	105.07
1218	S10	49613.28	99883.00	99.18
1219	S10	49588.87	99899.03	102.60
1220	S10	49558.45	99919.01	111.60
1221	S10	49539.81	99931.25	118.70
1222	S10	49521.42	99943.33	121.54
1223	S11	51836.16	99756.69	119.82
1224	S11	51797.87	99773.47	118.08
1225	S11	51770.86	99785.31	116.08
1226	S11	51736.78	99800.24	111.51
1227	S11	51710.31	99811.84	109.55
1228	S11	51674.96	99827.33	106.05
1229	S11	51598.11	99861.01	106.20
1230	S11	51571.64	99872.61	106.38
1231	S11	51535.56	99888.42	111.75
1232	S11	51510.10	99899.58	111.79
1233	S11	51470.62	99916.88	111.02
1234	S11	51456.97	99922.86	105.40
1235	S11	51450.74	99925.59	105.14
1236	S11	51423.63	99937.47	104.31
1237	S11	51404.67	99945.78	101.50
1238	S11	51358.70	99965.93	99.03
1239	S11	51314.09	99985.48	99.22
1240	S11	51250.89	100013.17	100.33

Item	Sección	X	Y	Z
1241	S11	51239.99	100017.95	96.77
1242	S11	51224.33	100024.81	99.73
1243	S11	51217.00	100028.02	103.50
1244	S11	51193.28	100038.42	104.64
1245	S11	51159.39	100053.27	113.62
1246	S11	51133.84	100064.47	115.79
1247	S11	51125.50	100068.12	111.01
1248	S11	51098.30	100080.04	100.69
1249	S11	51074.76	100090.36	94.57
1250	S11	51053.88	100099.51	90.08
1251	S11	51030.89	100109.58	92.28
1252	S11	51006.80	100120.14	91.22
1253	S11	50951.11	100144.54	88.10
1254	S11	50935.09	100151.57	86.66
1255	S11	50922.26	100157.19	84.90
1256	S11	50891.67	100170.59	82.27
1257	S11	50822.79	100200.78	84.69
1258	S11	50786.98	100216.47	84.80
1259	S11	50718.01	100246.69	85.44
1260	S11	50658.39	100272.82	85.01
1261	S11	50611.68	100293.29	88.83
1262	S11	50600.50	100298.19	89.82
1263	S11	50544.17	100322.88	113.62
1264	S11	50528.70	100329.66	107.97
1265	S11	50518.50	100334.13	113.93
1266	S11	50513.12	100336.48	114.79
1267	S12	51678.67	101849.99	115.46
1268	S12	51666.83	101857.09	114.03
1269	S12	51618.72	101885.93	97.11
1270	S12	51599.93	101897.19	99.46
1271	S12	51575.92	101911.58	106.39
1272	S12	51553.27	101925.16	102.06
1273	S12	51538.61	101933.95	96.50
1274	S12	51518.79	101945.83	85.22
1275	S12	51514.25	101948.55	85.81
1276	S12	51461.33	101980.27	86.37
1277	S12	51378.99	102029.63	86.77
1278	S12	51341.21	102052.28	87.11
1279	S12	51317.79	102066.32	86.51
1280	S12	51210.67	102130.53	85.33

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1281	S12	51199.26	102137.36	95.43
1282	S12	51163.59	102158.75	99.22
1283	S12	51118.59	102185.72	94.97
1284	S12	51107.23	102192.53	96.30
1285	S12	51082.87	102207.13	91.70
1286	S12	51005.32	102253.62	103.45
1287	S12	50985.95	102265.23	100.86
1288	S12	50937.24	102294.44	99.72
1289	S12	50913.73	102308.52	101.39
1290	S12	50896.49	102318.86	99.02
1291	S12	50881.74	102327.70	95.59
1292	S12	50866.30	102336.95	97.03
1293	S12	50816.90	102366.57	104.98
1294	S12	50784.48	102386.00	104.55
1295	S12	50770.15	102394.59	100.33
1296	S12	50747.00	102408.47	105.68
1297	S12	50732.42	102417.21	106.21
1298	S12	50711.46	102429.77	105.76
1299	S12	50686.01	102445.03	103.23
1300	S12	50640.90	102472.07	103.53
1301	S12	50595.87	102499.06	102.60
1302	S12	50548.78	102527.29	109.99
1303	S12	50522.54	102543.02	109.93
1304	S12	50478.02	102569.71	117.75
1305	S12	50429.73	102598.65	125.12
1306	S12	50394.74	102619.63	125.31
1307	S12	50370.29	102634.28	129.51
1308	S12	50337.70	102653.82	143.76
1309	S12	50319.43	102664.77	144.16
1310	S12	50299.27	102676.85	153.26
1311	S12	50286.75	102684.36	155.60
1312	S13	52704.51	103251.93	132.97
1313	S13	52688.45	103263.50	127.03
1314	S13	52661.75	103282.74	106.50
1315	S13	52651.53	103290.10	109.78
1316	S13	52633.68	103302.96	106.32
1317	S13	52572.01	103347.39	99.28
1318	S13	52555.63	103359.19	96.60
1319	S13	52540.37	103370.18	98.81
1320	S13	52515.22	103388.30	97.73
1321	S13	52489.34	103406.95	104.24
1322	S13	52465.81	103423.90	100.52
1323	S13	52408.36	103465.29	93.21
1324	S13	52381.18	103484.87	92.38
1325	S13	52372.83	103490.89	88.25
1326	S13	52365.04	103496.50	87.54
1327	S13	52351.57	103506.21	87.50
1328	S13	52340.21	103514.39	87.10
1329	S13	52281.79	103556.48	87.20
1330	S13	52269.62	103565.25	87.40
1331	S13	52253.56	103576.82	87.86
1332	S13	52245.20	103582.84	87.32
1333	S13	52236.31	103589.25	86.60
1334	S13	52176.40	103632.41	89.48
1335	S13	52075.87	103704.84	90.30
1336	S13	52016.64	103747.51	90.63
1337	S13	51984.35	103770.77	90.53
1338	S13	51963.82	103785.56	89.76
1339	S13	51931.93	103808.54	105.37
1340	S14	53858.34	104018.24	141.15
1341	S14	53848.90	104020.87	139.67
1342	S14	53815.18	104030.25	125.88
1343	S14	53790.23	104037.20	115.63
1344	S14	53763.25	104044.70	111.54
1345	S14	53724.81	104055.40	103.00
1346	S14	53714.41	104058.30	105.60
1347	S14	53669.71	104070.74	102.76
1348	S14	53653.14	104075.35	106.14
1349	S14	53625.39	104083.07	108.28
1350	S14	53612.87	104086.56	105.24
1351	S14	53583.58	104094.71	109.57
1352	S14	53557.19	104102.05	108.61
1353	S14	53521.15	104112.08	104.10
1354	S14	53484.64	104122.24	100.99
1355	S14	53433.00	104136.61	102.49
1356	S14	53377.90	104151.95	105.92
1357	S14	53329.54	104165.41	98.21
1358	S14	53277.13	104180.00	90.34
1359	S14	53175.01	104208.42	90.37
1360	S14	53147.94	104215.95	92.37

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1361	S14	53116.15	104224.80	96.91
1362	S14	53099.48	104229.44	73.76
1363	S14	53032.24	104248.15	91.34
1364	S14	52970.96	104265.20	90.33
1365	S14	52893.60	104286.73	89.81
1366	S14	52803.24	104311.88	89.54
1367	S14	52735.22	104330.81	90.06
1368	S14	52678.96	104346.47	90.08
1369	S14	52649.87	104354.57	89.93
1370	S14	52644.67	104356.01	89.29
1371	S14	52561.81	104379.07	89.04
1372	S14	52498.13	104396.79	87.94
1373	S14	52440.24	104412.91	89.11
1374	S14	52435.61	104414.20	90.05
1375	S14	52368.08	104432.99	89.88
1376	S14	52242.26	104468.01	89.01
1377	S14	52234.46	104470.18	90.54
1378	S14	52148.62	104494.07	91.22
1379	S14	52110.18	104504.77	91.09
1380	S14	52045.05	104522.89	91.43
1381	S14	51976.65	104541.93	91.37
1382	S14	51886.77	104566.94	91.78
1383	S14	51835.71	104581.15	91.89
1384	S14	51767.12	104600.24	91.35
1385	S14	51691.59	104621.26	91.24
1386	S14	51654.88	104631.48	90.98
1387	S14	51596.98	104647.59	91.59
1388	S14	51491.88	104676.84	91.44
1389	S14	51450.55	104688.35	90.34
1390	S14	51387.93	104705.77	91.51
1391	S14	51373.48	104709.79	94.00
1392	S14	51263.56	104740.39	93.88
1393	S14	51173.09	104765.56	96.33
1394	S14	51130.90	104777.31	98.69
1395	S14	51111.53	104782.70	100.50
1396	S14	51066.06	104795.35	98.13
1397	S14	51025.89	104806.53	103.07
1398	S14	50984.75	104817.98	102.75
1399	S14	50956.43	104825.86	99.24
1400	S14	50914.14	104837.63	102.48
1401	S14	50871.36	104849.54	94.46
1402	S14	50849.78	104855.54	94.13
1403	S14	50838.99	104858.55	96.30
1404	S14	50815.20	104865.17	97.62
1405	S14	50775.31	104876.27	99.08
1406	S14	50744.58	104884.82	101.77
1407	S14	50705.18	104895.79	102.53
1408	S14	50663.94	104907.26	99.65
1409	S14	50646.31	104912.17	101.29
1410	S14	50612.79	104921.50	100.72
1411	S14	50589.18	104928.07	98.65
1412	S14	50562.50	104935.50	99.26
1413	S14	50501.42	104952.49	101.58
1414	S14	50467.61	104961.91	103.15
1415	S14	50446.41	104967.80	108.83
1416	S14	50411.83	104977.43	111.62
1417	S14	50382.92	104985.47	116.53
1418	S14	50358.16	104992.36	118.15
1419	S14	50331.67	104999.74	124.00
1420	S15	54294.59	104439.91	142.06
1421	S15	54286.27	104445.46	140.70
1422	S15	54256.48	104465.31	129.49
1423	S15	54218.87	104490.39	128.01
1424	S15	54205.48	104499.32	118.41
1425	S15	54179.10	104516.90	112.93
1426	S15	54139.08	104543.58	105.19
1427	S15	54115.86	104559.06	104.94
1428	S15	54101.45	104568.66	102.10
1429	S15	54097.48	104571.32	101.30
1430	S15	53974.75	104653.13	98.47
1431	S15	53946.29	104672.10	93.52
1432	S15	53845.78	104739.11	92.80
1433	S15	53825.48	104752.64	93.73
1434	S15	53772.06	104788.25	91.46
1435	S15	53663.56	104860.59	91.74
1436	S15	53570.95	104922.32	91.74
1437	S15	53491.07	104975.57	92.07
1438	S15	53461.37	104995.38	90.08
1439	S15	54273.21	104454.17	89.74
1440	S15	53324.33	105086.73	91.15

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1441	S15	53269.83	105123.06	91.21
1442	S15	53195.69	105172.49	91.89
1443	S15	53118.48	105223.96	93.16
1444	S15	52989.07	105310.23	95.84
1445	S15	52975.01	105319.60	98.10
1446	S15	52937.15	105344.84	97.98
1447	S15	52913.81	105360.40	101.88
1448	S15	52903.29	105367.42	100.23
1449	S15	52878.74	105383.78	103.18
1450	S15	52873.58	105387.22	104.88
1451	S15	52859.02	105396.93	109.93
1452	S15	52848.21	105404.14	114.38
1453	S15	52845.46	105405.97	103.18
1454	S15	52825.41	105419.34	122.02
1455	S15	52800.11	105436.20	123.91
1456	S15	52789.30	105443.41	125.54
1457	S16	53950.03	105681.50	133.80
1458	S16	53929.08	105689.14	129.68
1459	S16	53903.72	105698.40	113.38
1460	S16	53884.93	105705.26	113.38
1461	S16	53851.20	105717.56	104.83
1462	S16	53836.17	105723.05	102.33
1463	S16	53801.13	105735.83	103.99
1464	S16	53770.04	105747.18	99.11
1465	S16	53704.37	105771.14	95.12
1466	S16	53651.77	105790.33	96.02
1467	S16	53622.46	105801.03	93.51
1468	S16	53603.39	105807.99	93.37
1469	S16	53544.02	105829.65	93.66
1470	S16	53465.29	105858.38	92.31
1471	S16	53329.83	105907.81	93.35
1472	S16	53327.39	105908.70	99.75
1473	S16	53322.69	105910.41	97.77
1474	S16	53318.74	105911.85	105.80
1475	S16	53312.17	105914.25	105.78
1476	S16	53304.28	105917.13	105.09
1477	S16	53299.77	105918.78	100.44
1478	S16	53294.13	105920.83	101.44
1479	S16	53284.27	105924.43	105.59
1480	S16	53262.94	105932.21	112.31
1481	S16	53251.58	105936.36	118.11
1482	S16	53232.69	105943.25	121.38
1483	S16	53213.53	105950.24	122.21
1484	S16	53176.80	105963.65	118.07
1485	S16	53151.15	105973.01	122.41
1486	S16	53121.28	105983.91	124.73
1487	S16	53108.69	105988.50	127.37
1488	S16	53097.98	105992.41	127.94
1489	S17	54194.08	106695.88	123.65
1490	S17	54165.05	106728.14	122.55
1491	S17	54156.22	106737.96	116.95
1492	S17	54148.87	106746.14	112.17
1493	S17	54137.90	106758.33	106.00
1494	S17	54134.56	106762.04	103.00
1495	S17	54131.68	106765.24	102.97
1496	S17	54114.16	106784.72	95.87
1497	S17	54072.69	106830.81	96.69
1498	S17	54045.60	106860.92	96.21
1499	S17	54021.66	106887.54	95.50
1500	S17	53983.94	106929.46	95.36
1501	S17	53949.29	106967.97	95.00
1502	S17	53911.50	107009.98	95.52
1503	S17	53875.05	107050.49	94.20
1504	S17	53837.87	107091.83	94.13
1505	S17	53779.01	107157.25	95.37
1506	S17	53721.43	107221.26	95.48
1507	S17	53650.73	107299.84	95.54
1508	S17	53600.50	107355.67	94.87
1509	S17	53517.97	107447.41	95.08
1510	S17	53478.44	107491.35	94.20
1511	S17	53433.97	107540.78	94.17
1512	S17	53428.82	107546.51	97.39
1513	S17	53392.77	107586.58	98.29
1514	S17	53359.86	107623.15	99.79
1515	S17	53349.96	107634.16	101.44
1516	S17	53343.28	107641.59	107.84
1517	S17	53339.26	107646.05	109.95
1518	S17	53321.07	107666.27	119.04
1519	S17	53299.13	107690.66	124.76
1520	S17	53289.82	107701.01	125.22

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1521	S18	55219.27	107302.14	127.72
1522	S18	55208.85	107333.24	124.20
1523	S18	55204.47	107346.33	118.75
1524	S18	55198.44	107364.34	115.39
1525	S18	55195.14	107374.21	107.51
1526	S18	55192.31	107382.65	97.37
1527	S18	55182.94	107410.62	96.44
1528	S18	55160.59	107477.38	97.86
1529	S18	55144.90	107524.22	98.60
1530	S18	55129.72	107569.54	97.74
1531	S18	55123.69	107587.56	92.06
1532	S18	55111.94	107622.65	98.92
1533	S18	55097.90	107664.56	99.05
1534	S18	55061.39	107773.61	102.66
1535	S18	55041.06	107834.29	104.78
1536	S18	55035.03	107852.31	107.38
1537	S18	55010.58	107925.33	111.74
1538	S18	54997.56	107964.20	108.00
1539	S18	54990.89	107984.12	105.70
1540	S18	54956.92	108085.58	105.96
1541	S18	54941.93	108130.34	102.76
1542	S18	54940.40	108134.89	102.76
1543	S18	54914.84	108211.22	103.06
1544	S18	54912.30	108218.81	103.70
1545	S18	54911.19	108222.13	104.71
1546	S18	54909.60	108226.87	105.26
1547	S18	54906.74	108235.40	106.96
1548	S18	54896.58	108265.75	110.06
1549	S18	54888.96	108288.50	115.21
1550	S18	54882.61	108307.47	120.06
1551	S18	54873.53	108334.59	130.03
1552	S18	54871.77	108339.83	130.44
1553	S19	56364.45	108384.68	131.36
1554	S19	56346.78	108407.68	130.96
1555	S19	56316.32	108447.33	114.04
1556	S19	56288.00	108484.20	112.09
1557	S19	56253.58	108529.01	104.19
1558	S19	56233.47	108555.18	108.82
1559	S19	56229.21	108560.73	107.87
1560	S19	56210.93	108584.52	108.77
1561	S19	56200.58	108598.00	105.44
1562	S19	56195.71	108604.35	105.76
1563	S19	56191.44	108609.90	105.10
1564	S19	56173.77	108632.90	102.94
1565	S19	56164.64	108644.79	102.04
1566	S19	56156.90	108654.86	101.00
1567	S19	56147.76	108666.76	100.89
1568	S19	56106.95	108719.89	100.64
1569	S19	56094.76	108735.75	101.17
1570	S19	56059.43	108781.75	99.55
1571	S19	56032.02	108817.43	100.17
1572	S19	56025.32	108826.16	98.88
1573	S19	56008.26	108848.36	98.58
1574	S19	55980.60	108884.37	98.16
1575	S19	55960.74	108910.22	99.40
1576	S19	55952.21	108921.32	97.60
1577	S19	55942.47	108934.01	98.08
1578	S19	55938.20	108939.56	100.72
1579	S19	55933.76	108945.35	106.00
1580	S19	55922.36	108960.18	126.24
1581	S19	55914.93	108969.85	130.82
1582	S19	55912.01	108973.66	132.81
1583	S19	55906.28	108981.12	133.82
1584	S20	56935.89	109747.60	153.54
1585	S20	56885.19	109780.42	138.96
1586	S20	56864.37	109793.90	126.86
1587	S20	56849.68	109803.41	116.21
1588	S20	56839.69	109809.88	112.09
1589	S20	56835.15	109812.81	106.00
1590	S20	56832.05	109814.82	100.90
1591	S20	56827.26	109817.92	97.90
1592	S20	56773.54	109852.70	99.54
1593	S20	56707.73	109895.30	100.96
1594	S20	56677.92	109914.59	98.24
1595	S20	56671.88	109918.51	102.44
1596	S20	56642.00	109937.85	102.15
1597	S20	56607.16	109960.40	102.81
1598	S20	56602.54	109963.39	99.38
1599	S20	56600.78	109964.53	101.58
1600	S20	56594.06	109968.88	104.58

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

Tablas B.1. Levantamiento topográfico de Poechos 1976. (continuación)

Item	Sección	X	Y	Z
1601	S20	56569.38	109984.86	104.81
1602	S20	56538.24	110005.02	105.80
1603	S20	56536.43	110006.19	106.97
1604	S20	56528.08	110011.60	108.84
1605	S20	56509.95	110023.33	110.40
1606	S20	56478.22	110043.87	115.09
1607	S20	56469.49	110049.53	115.91
1608	S20	56456.39	110058.00	117.31
1609	S20	56430.37	110074.85	126.49
1610	S20	56410.39	110087.78	132.66
1611	S20	56339.15	110133.90	136.18

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

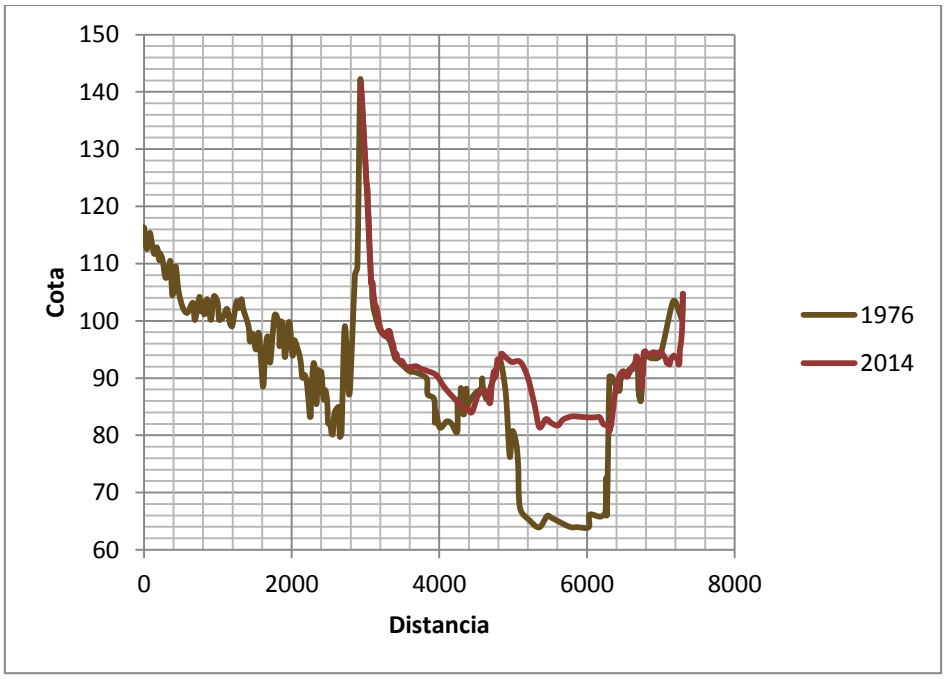


Ilustración B.2. Batimetría Sección 1.

Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

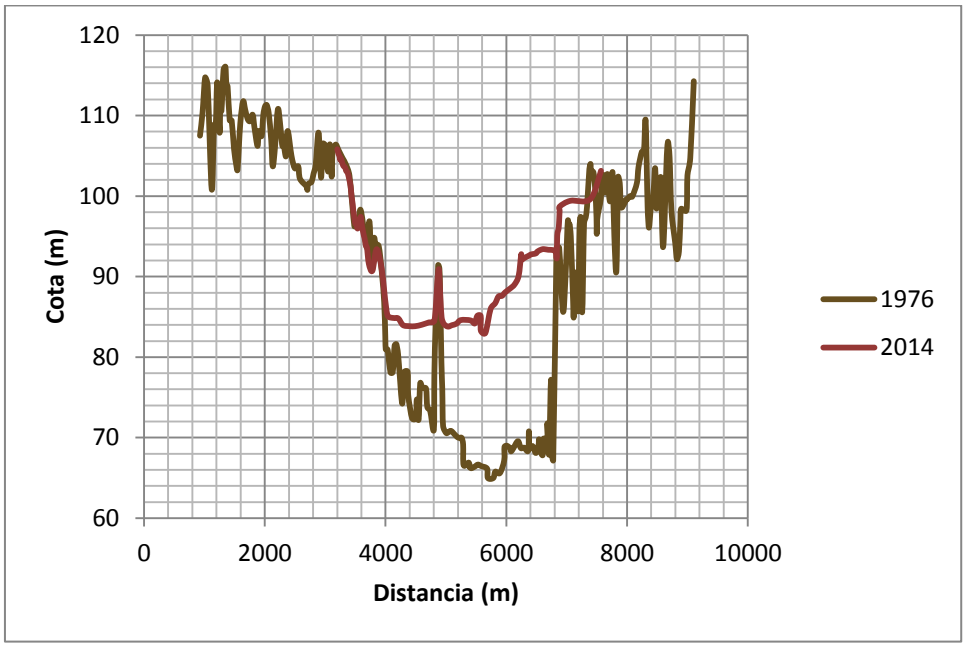


Ilustración B.3. Batimetría Sección 2.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

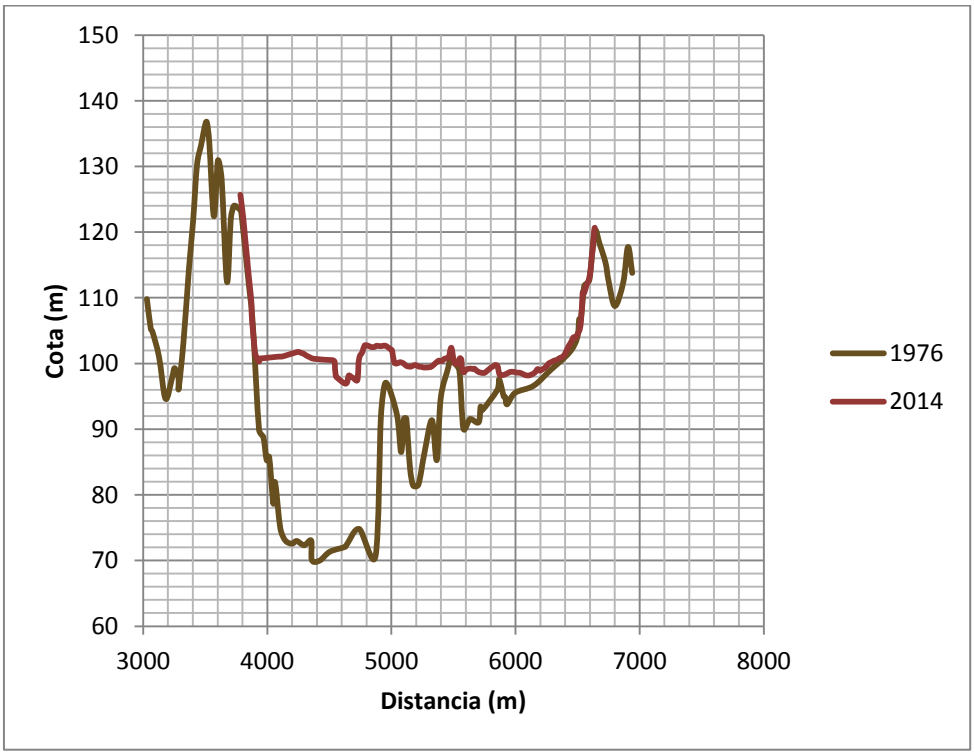


Ilustración B.4. Batimetría Sección 3.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

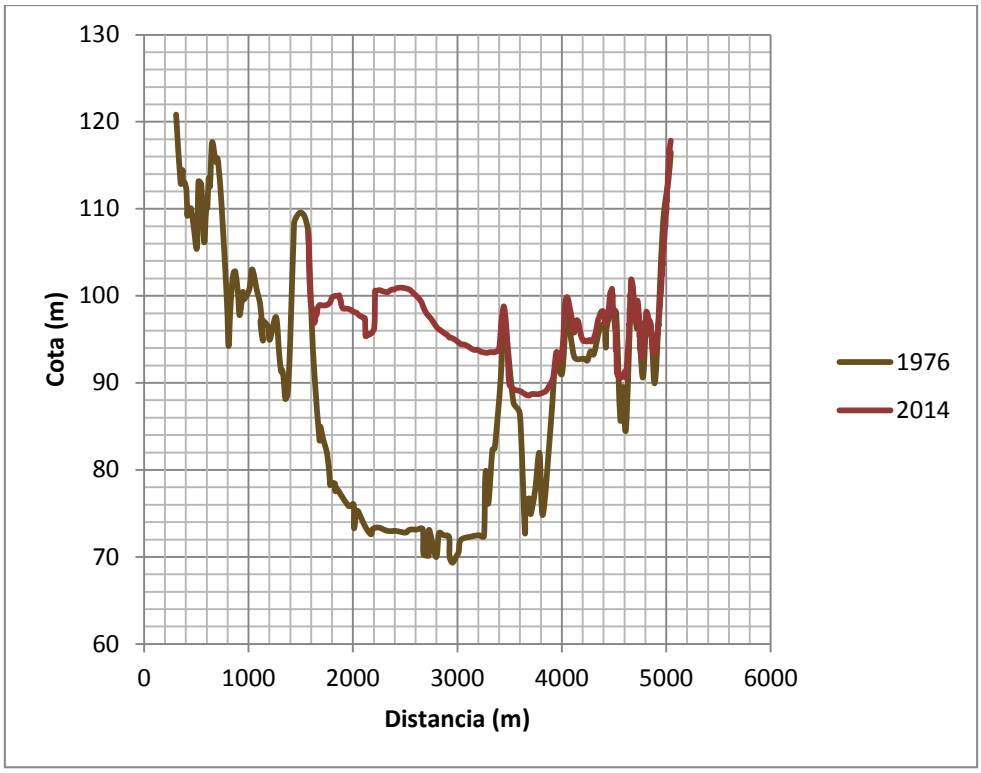


Ilustración B.5. Batimetría Sección 4.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

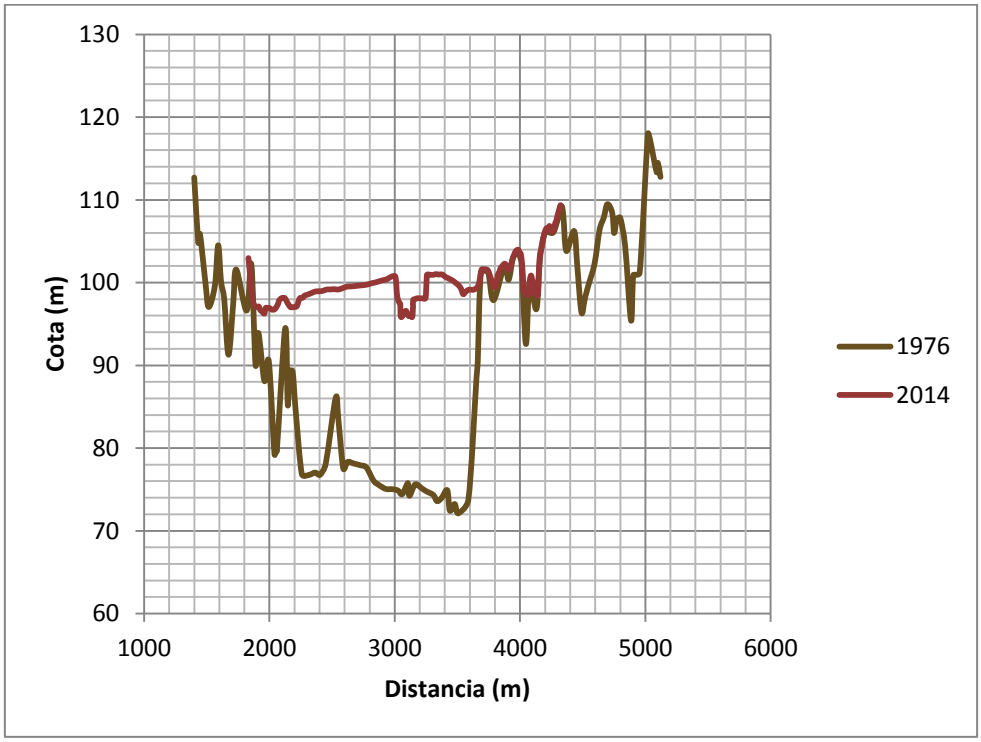


Ilustración B.6. Batimetría Sección 5.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

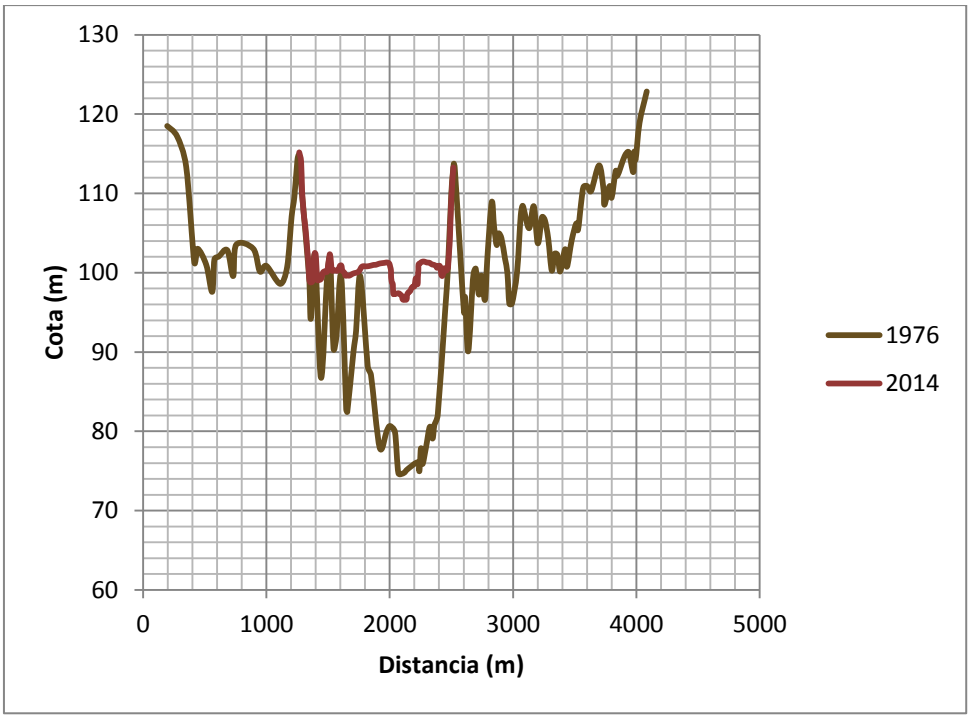


Ilustración B.7. Batimetría Sección 6.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

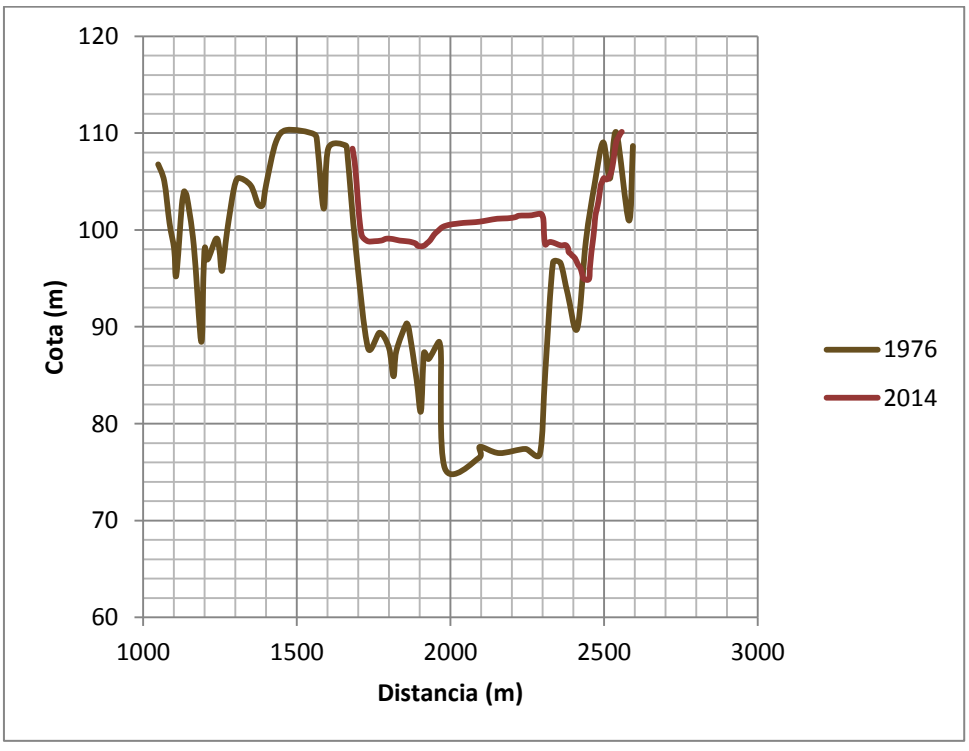


Ilustración B.8. Batimetría Sección 7.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

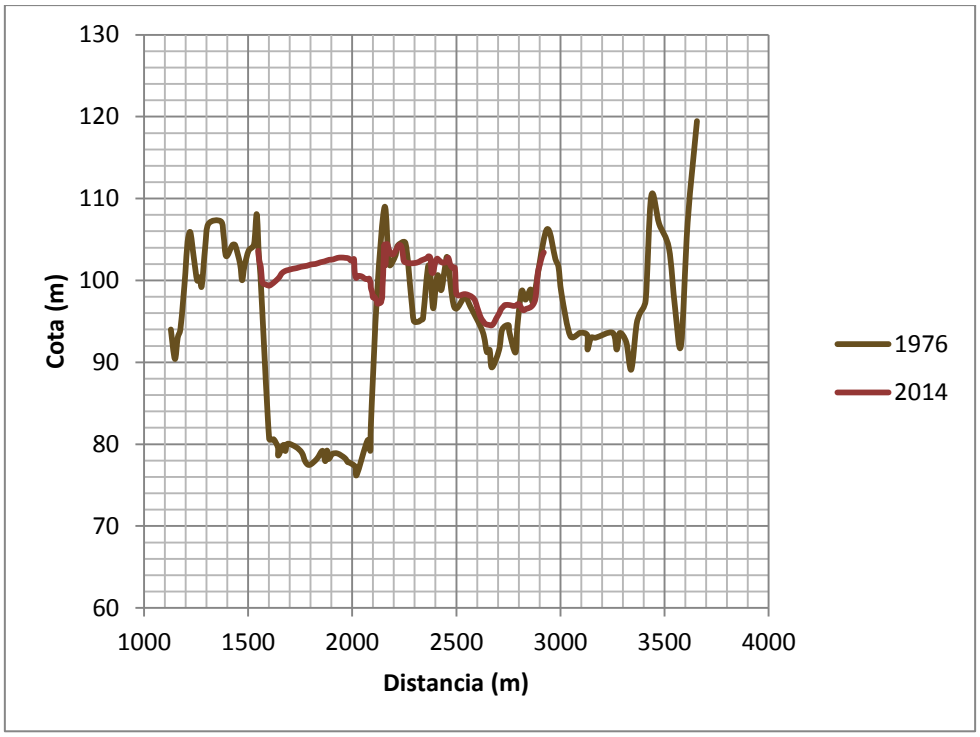


Ilustración B.9. Batimetría Sección 8.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

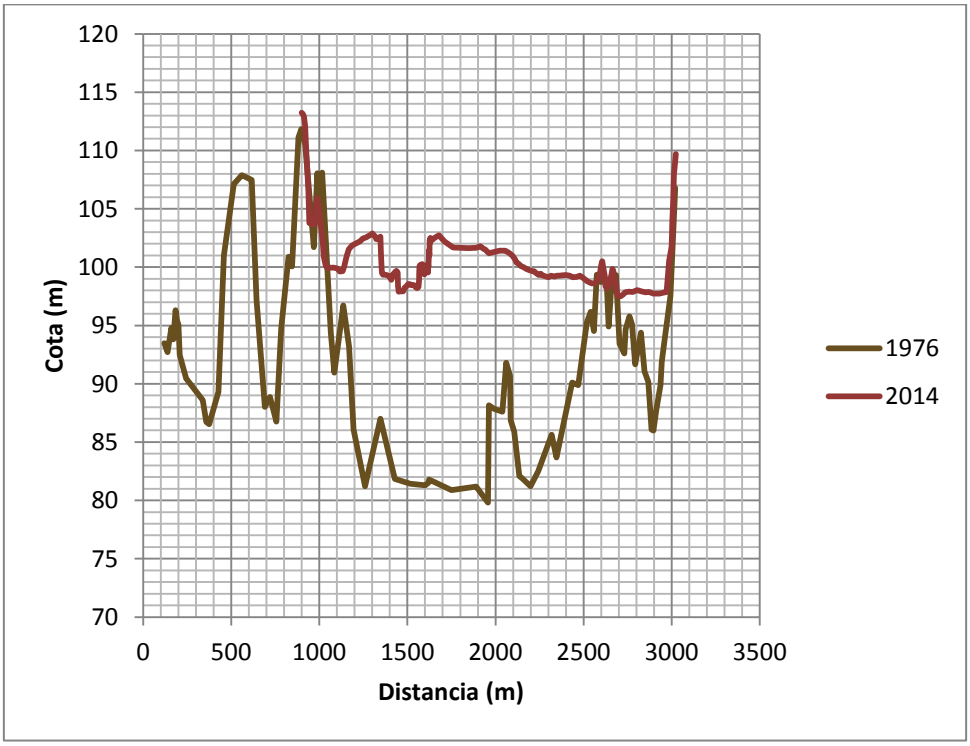


Ilustración B.10. Batimetría Sección 9.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

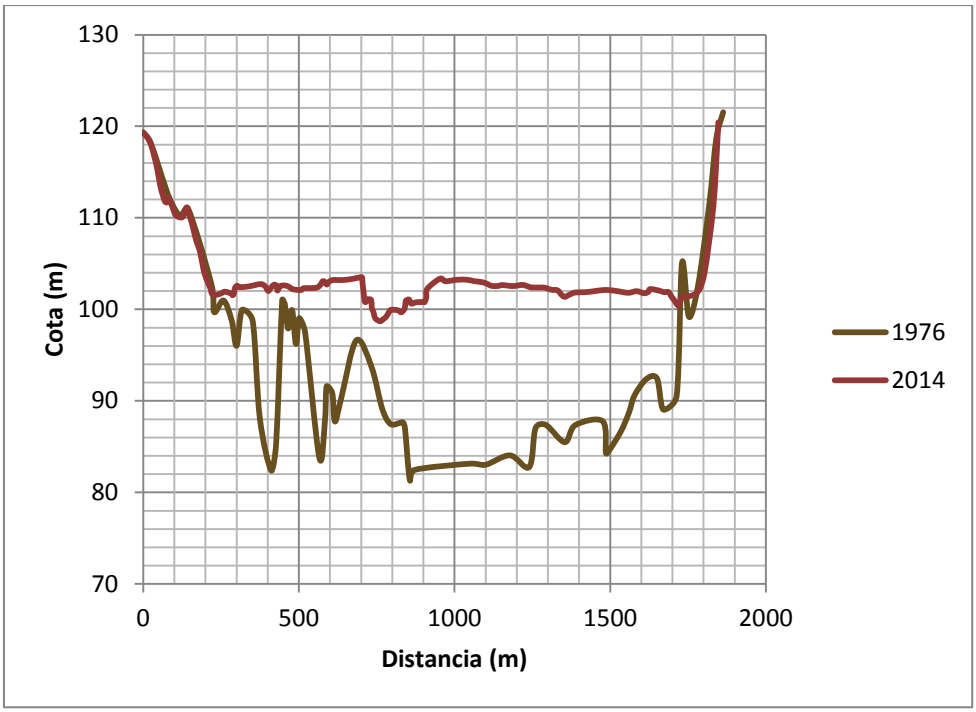


Ilustración B.11. Batimetría Sección 10.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

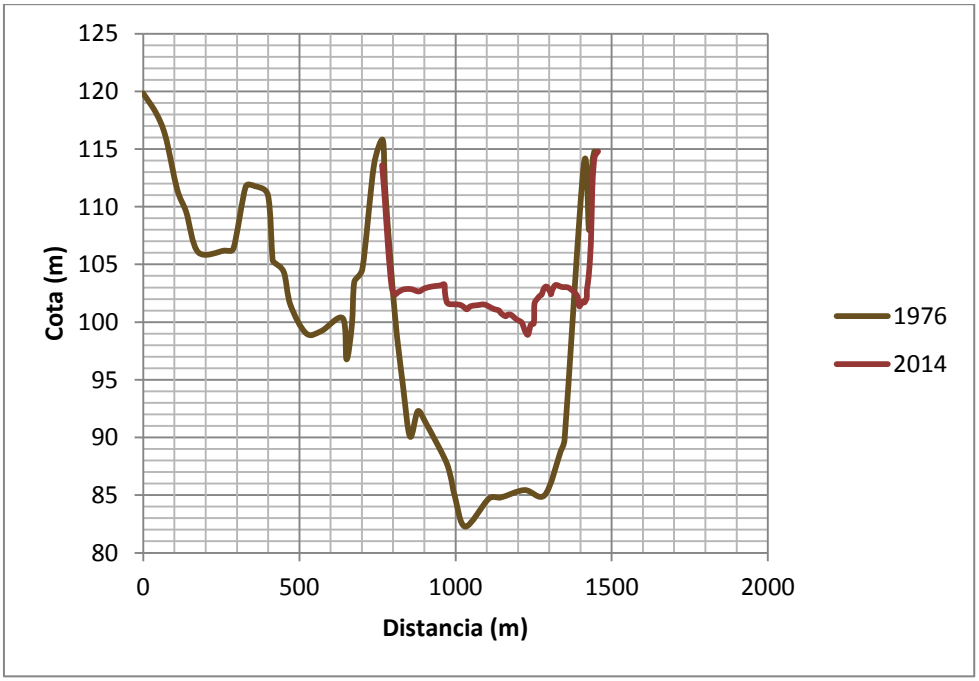


Ilustración B.12. Batimetría Sección 11.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

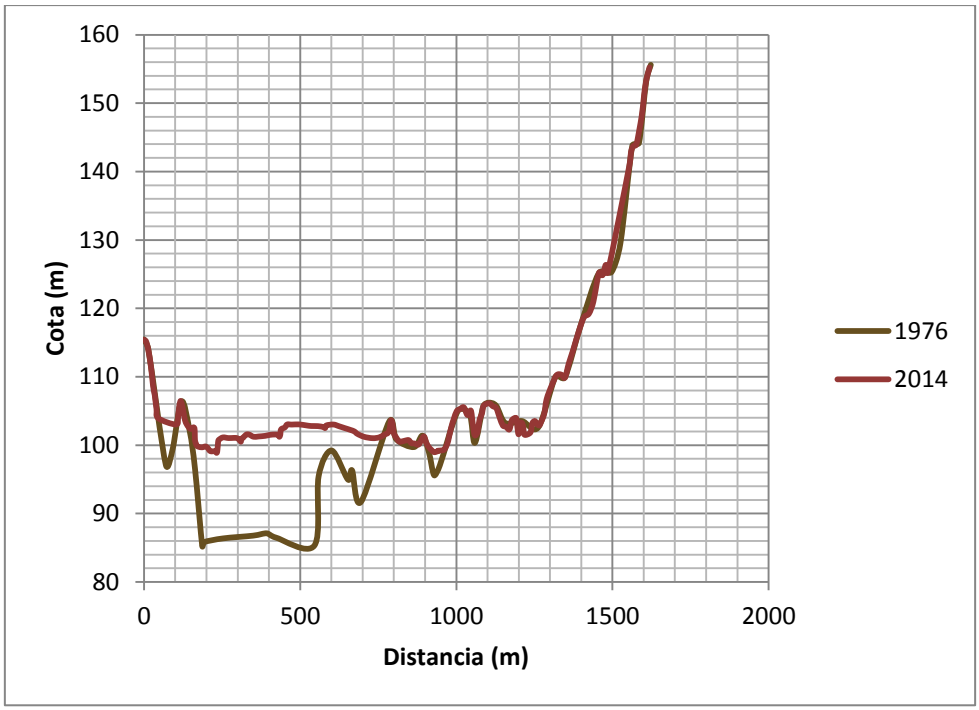


Ilustración B.13. Batimetría Sección 12.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

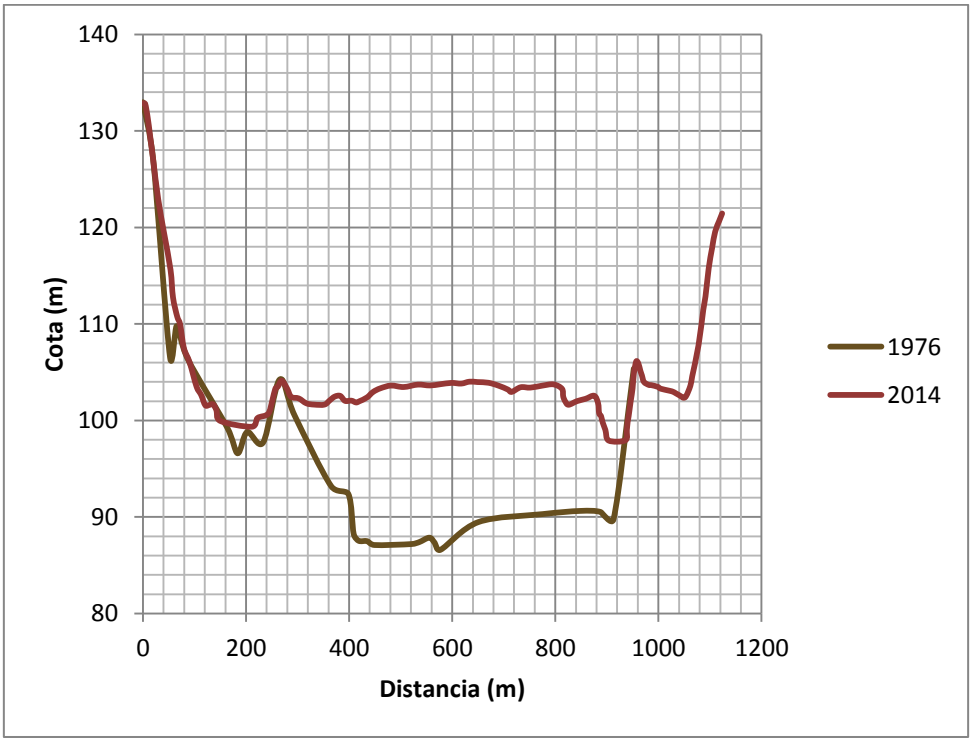


Ilustración B.14. Batimetría Sección 13.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

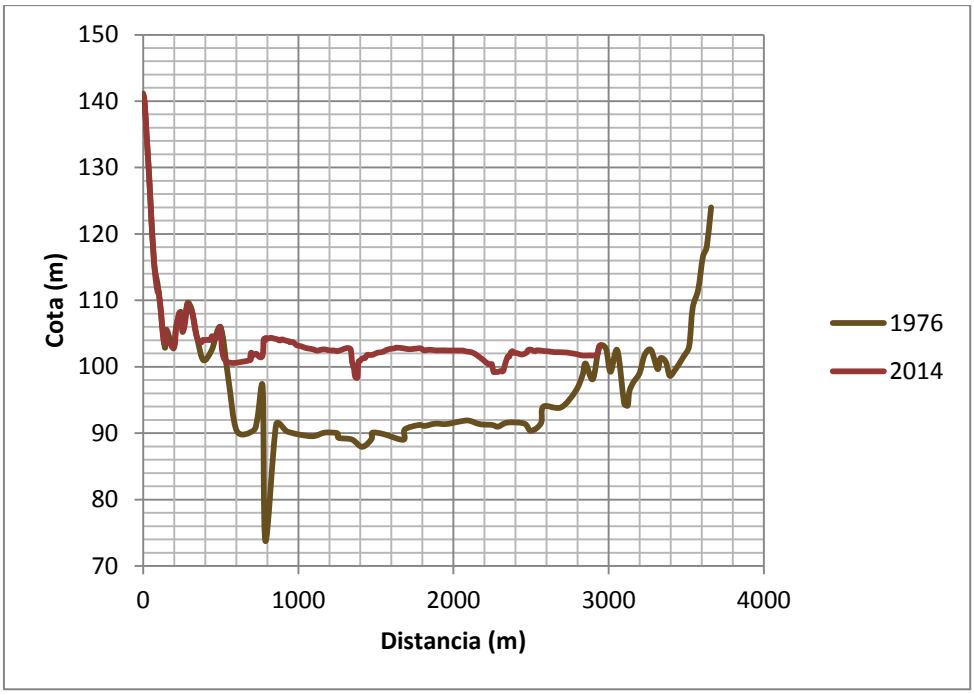


Ilustración B.15. Batimetría Sección 14.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

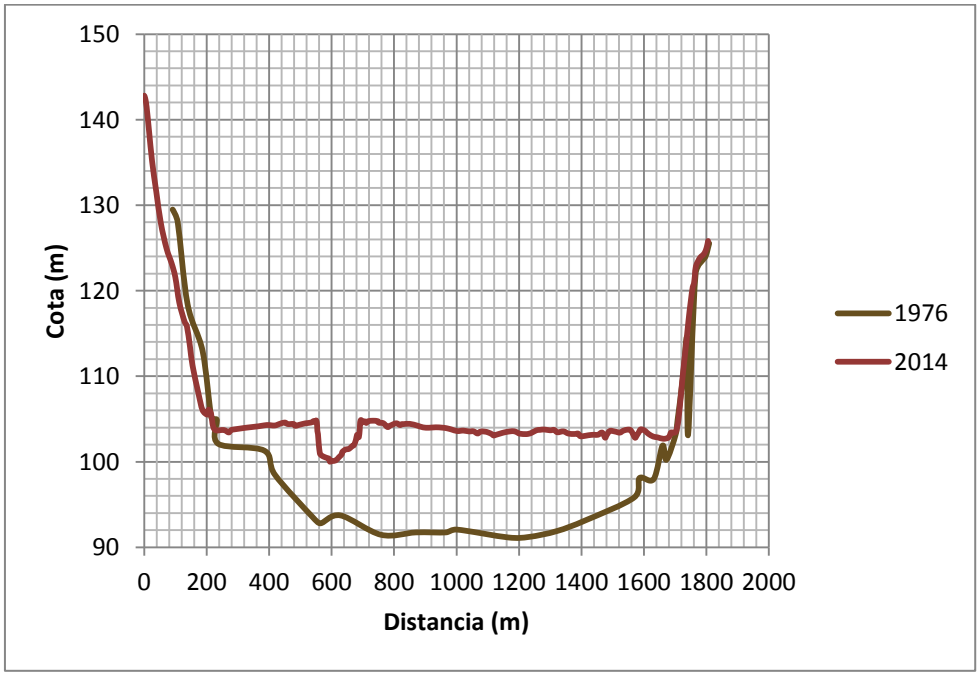


Ilustración B.16. Batimetría Sección 15.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

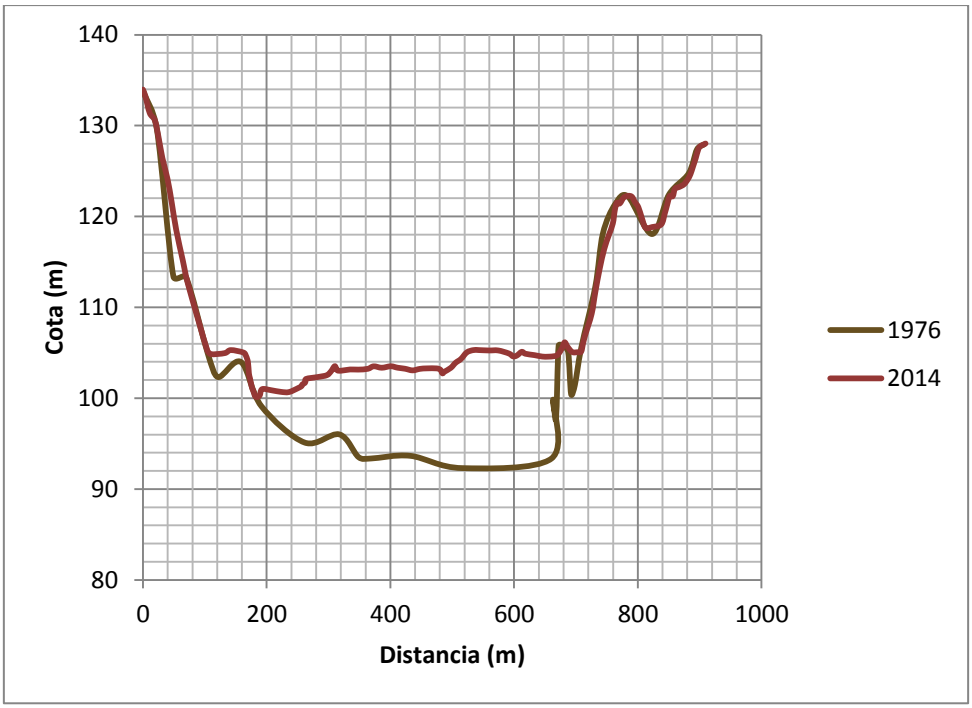


Ilustración B.17. Batimetría Sección 16.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

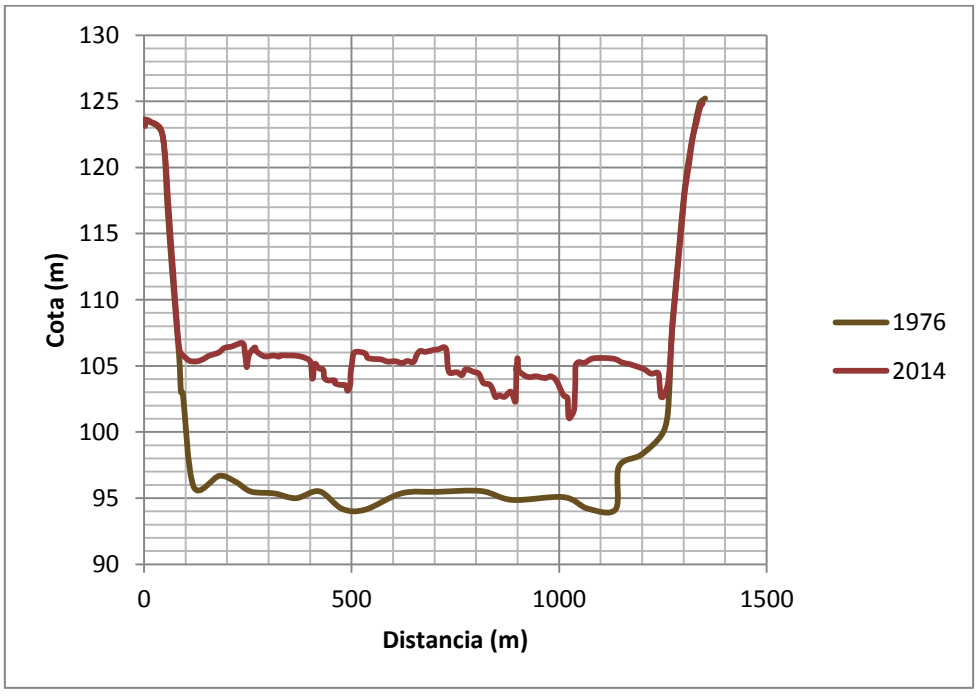


Ilustración B.18. Batimetría Sección 17.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

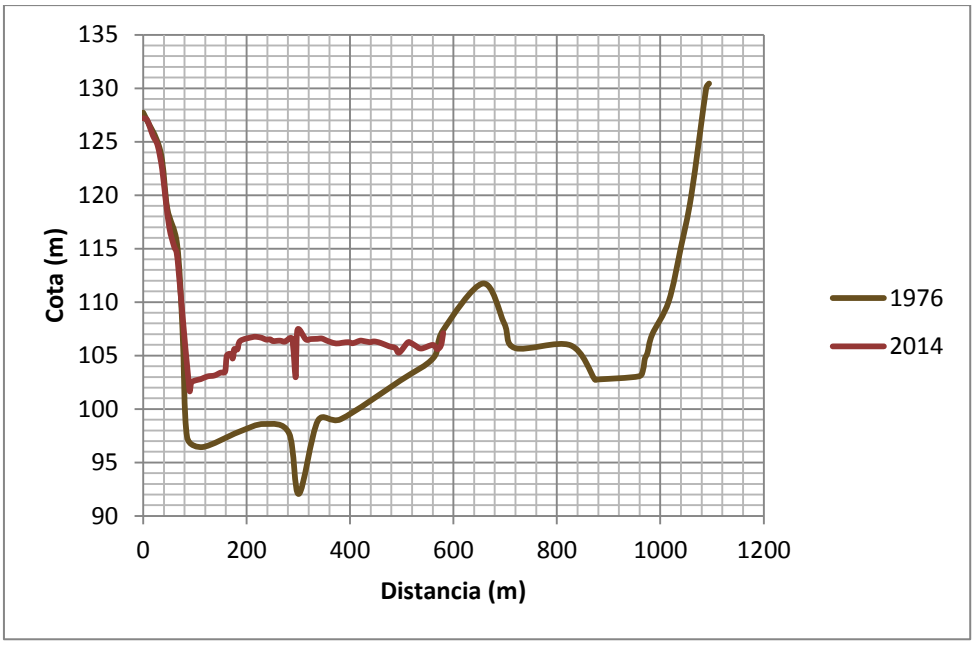


Ilustración B.19. Batimetría Sección 18.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

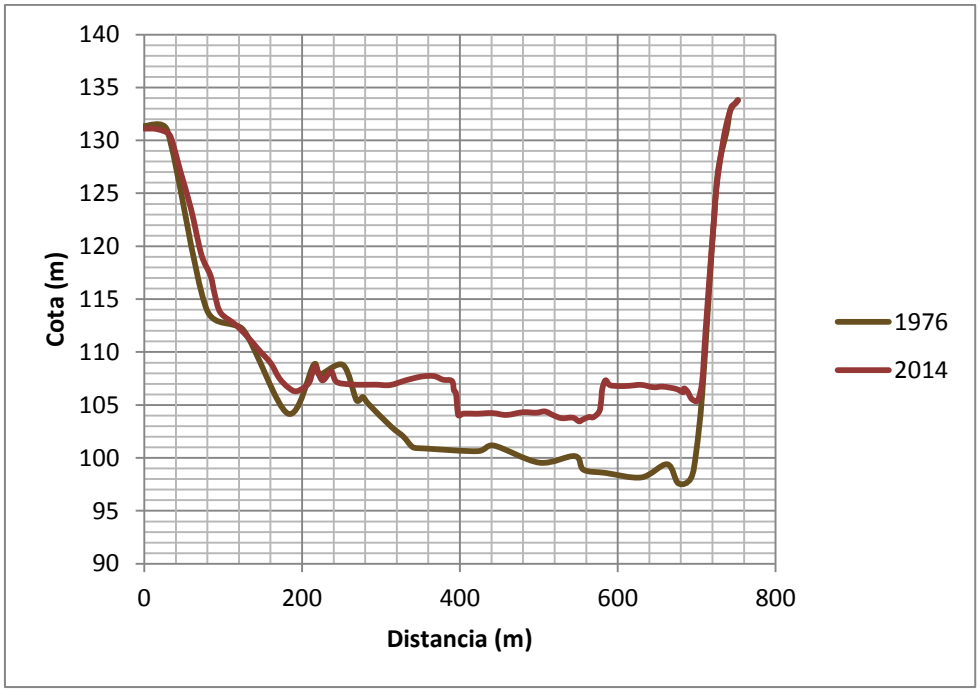


Ilustración B.20. Batimetría Sección 19.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

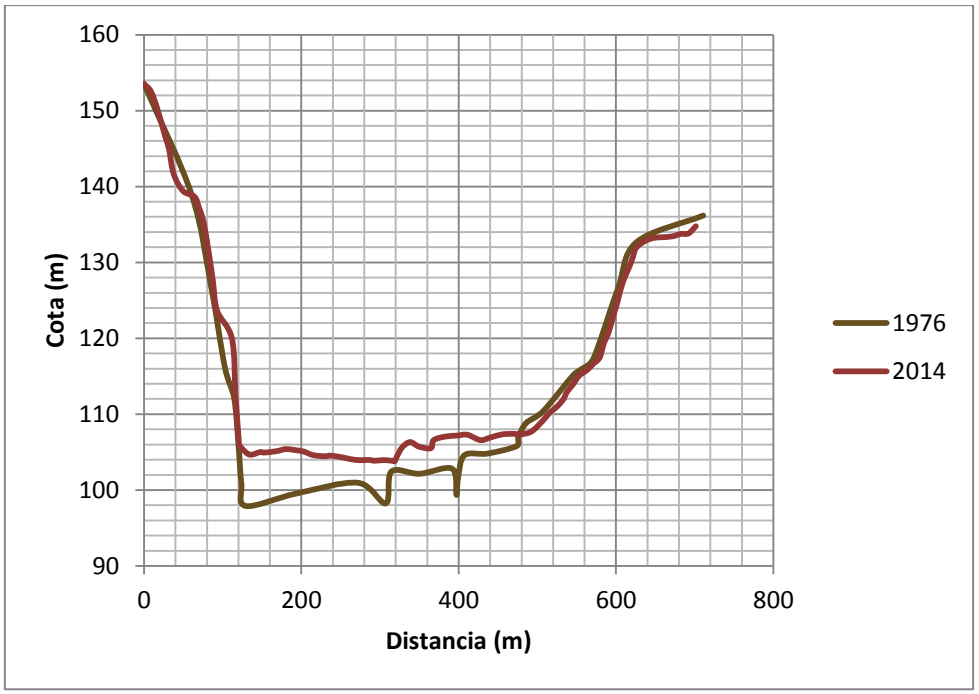


Ilustración B.21. Batimetría Sección 20.
Fuente: Informe Final de Medición de Sedimentos Presa Poechos PECHP. (2014)

ANEXO C

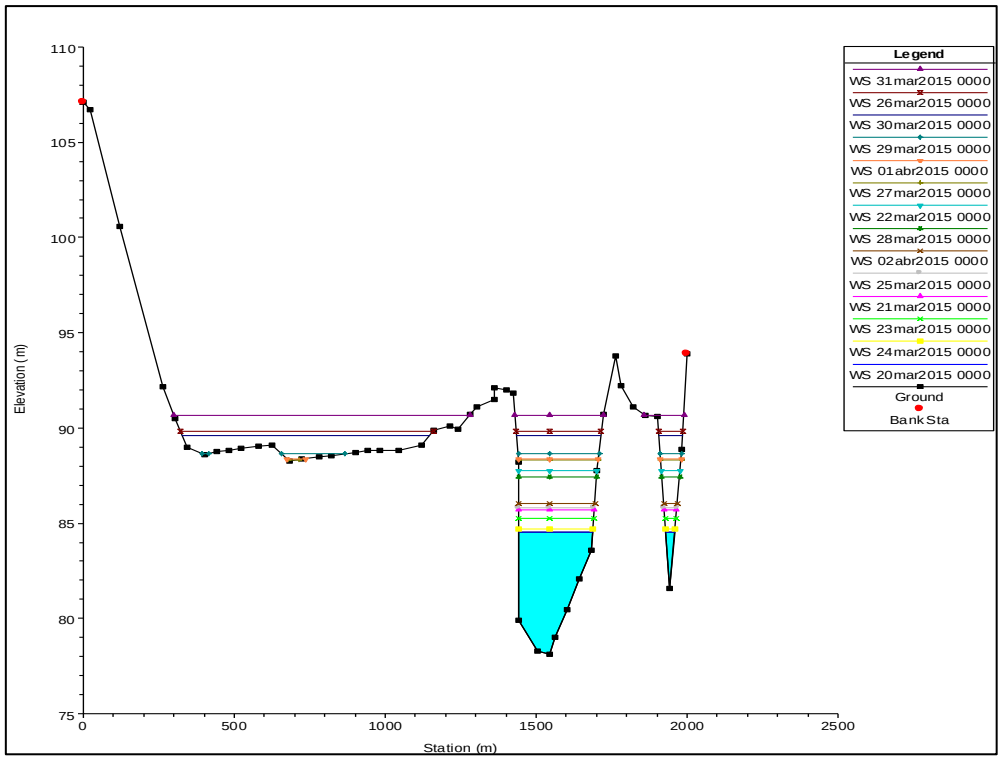


Ilustración C.1. Sección 0.3.
Fuente: HEC-RAS 4.1

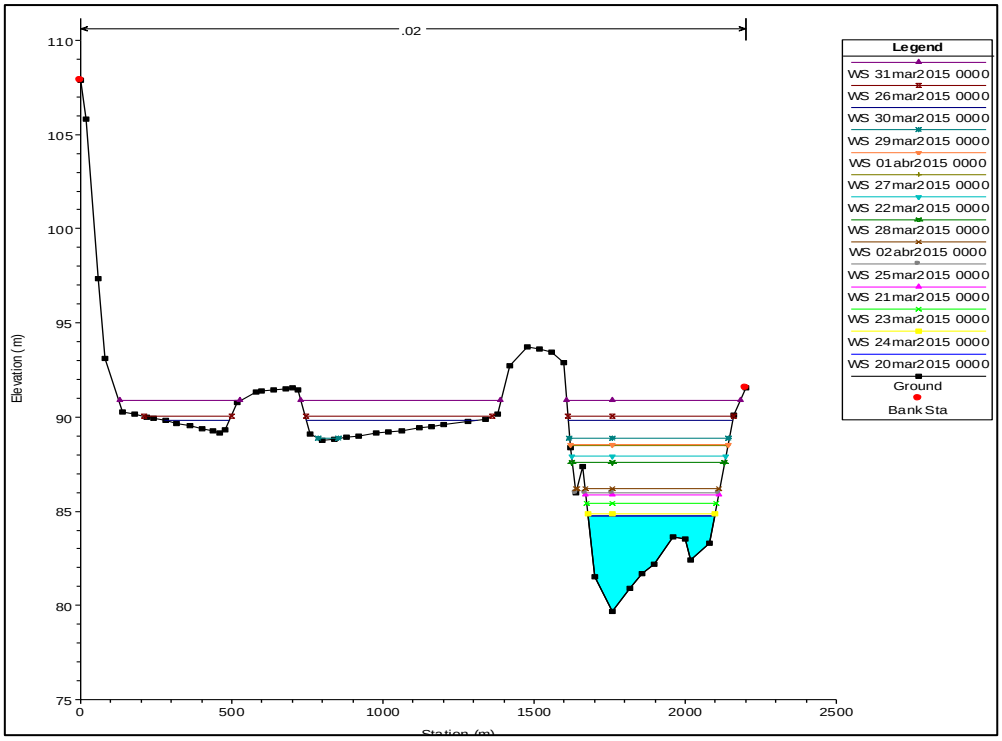


Ilustración C.2. Sección 0.4.
Fuente: HEC-RAS 4.1

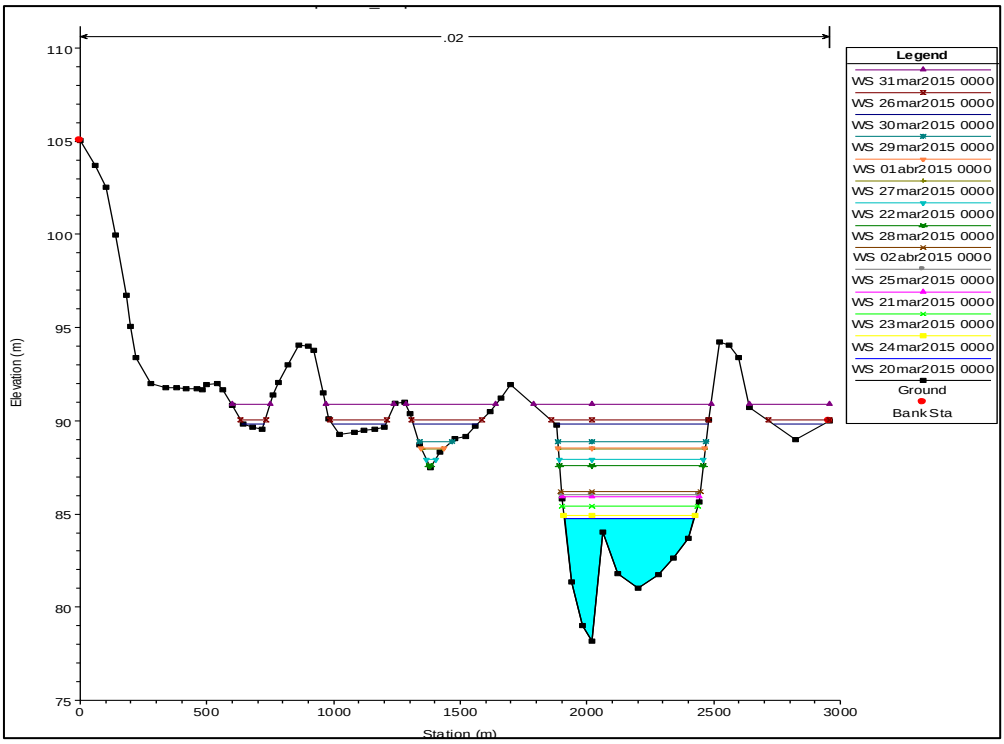


Ilustración C.3. Sección 0.5.
Fuente: HEC-RAS 4.1

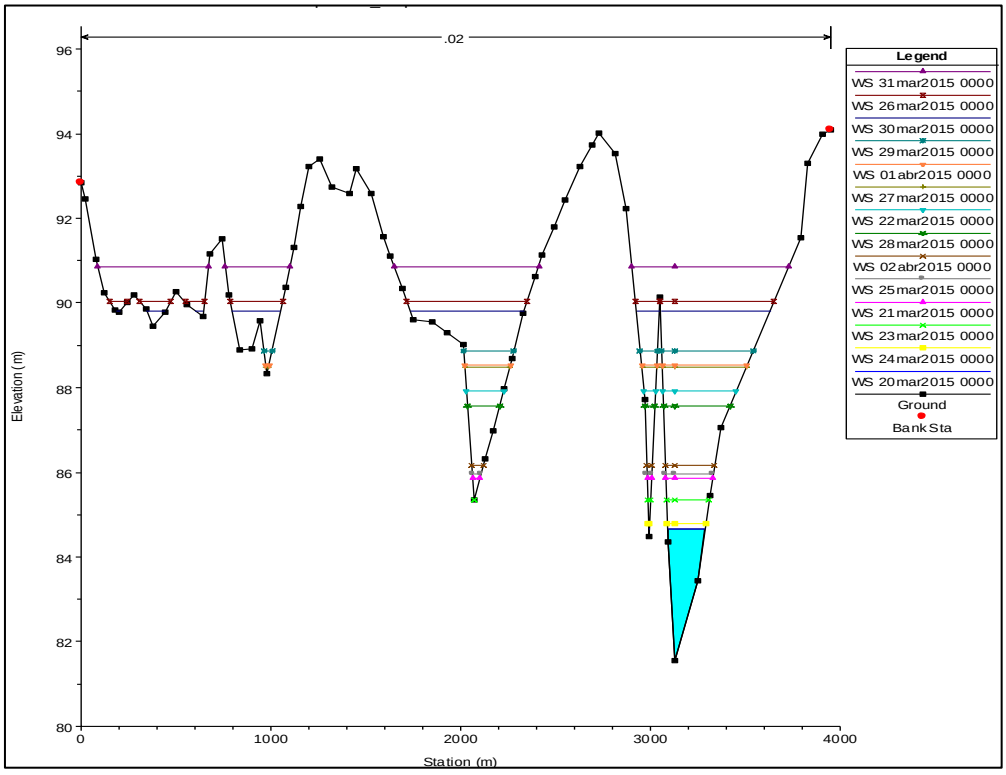


Ilustración C.4. Sección 0.6.
Fuente: HEC-RAS 4.1

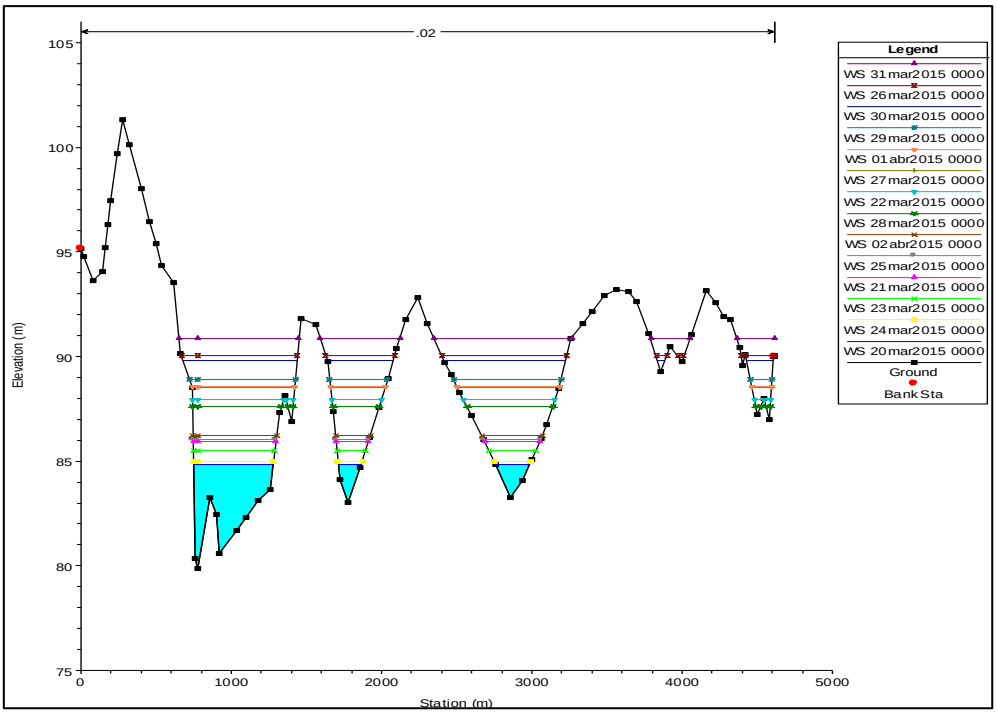


Ilustración C.5. Sección 0.7.
Fuente: HEC-RAS 4.1

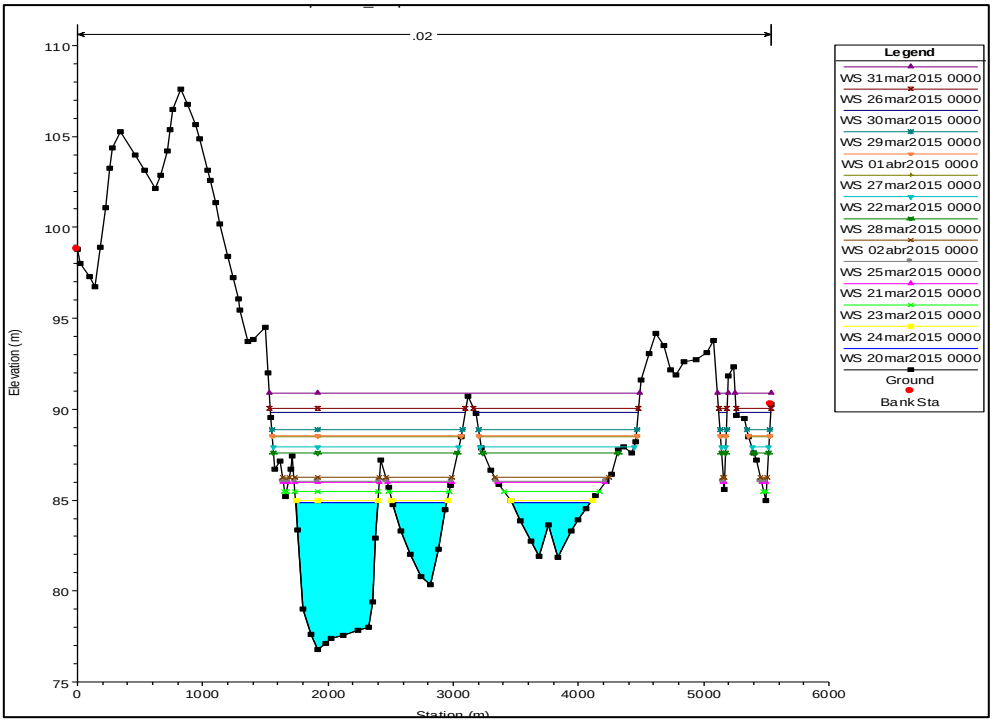


Ilustración C.6. Sección 0.8.
Fuente: HEC-RAS 4.1

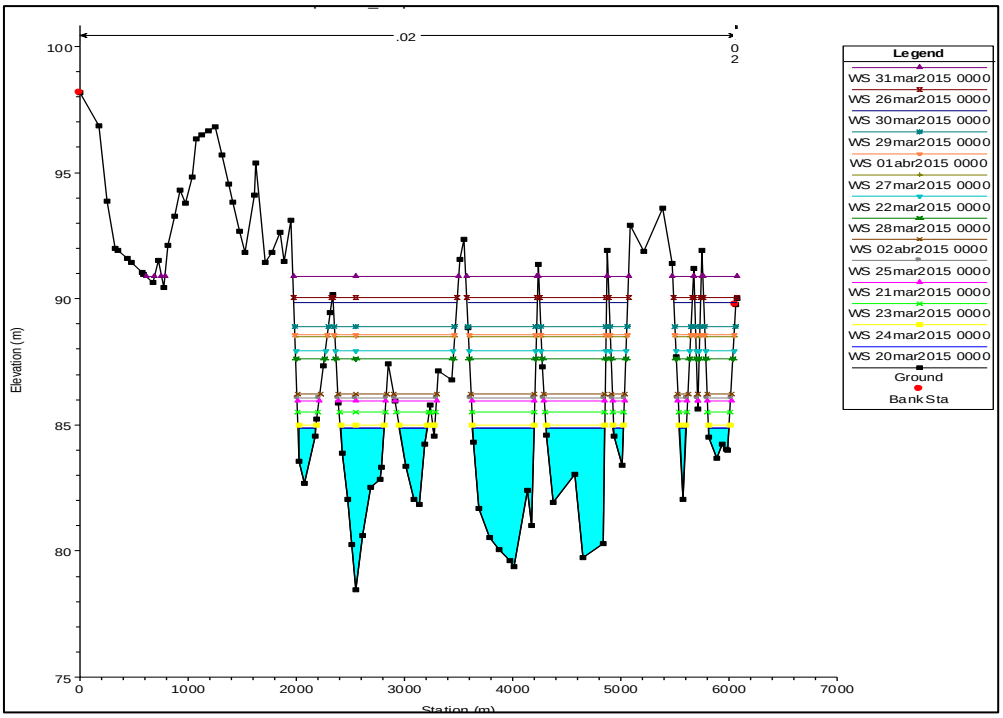


Ilustración C.7. Sección 0.9.
Fuente: HEC-RAS 4.1

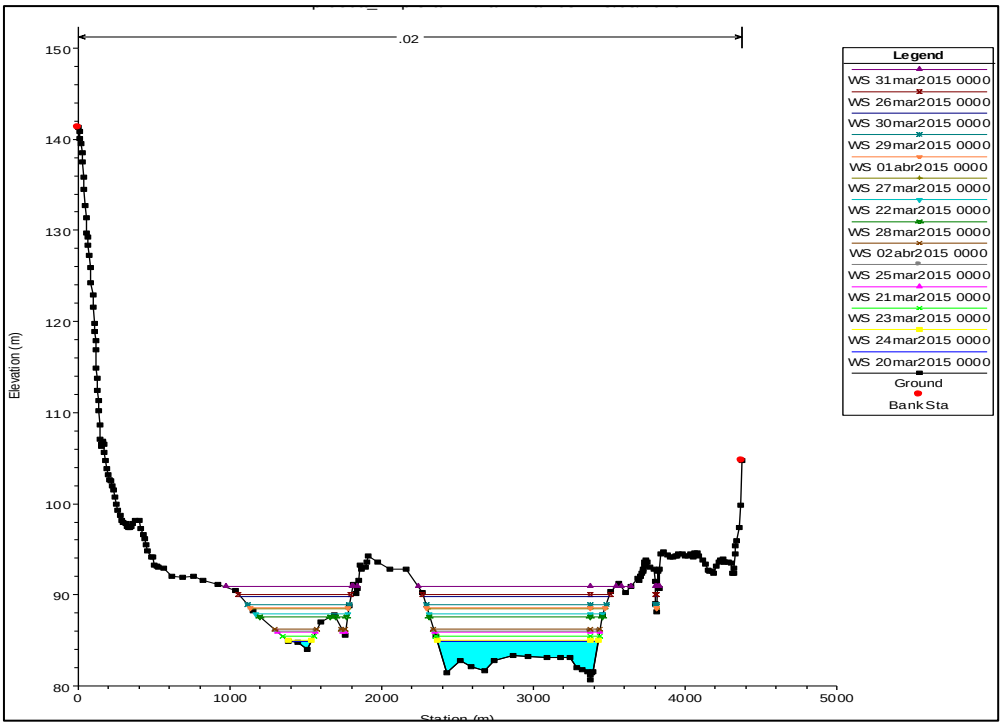


Ilustración C.8. Sección 1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

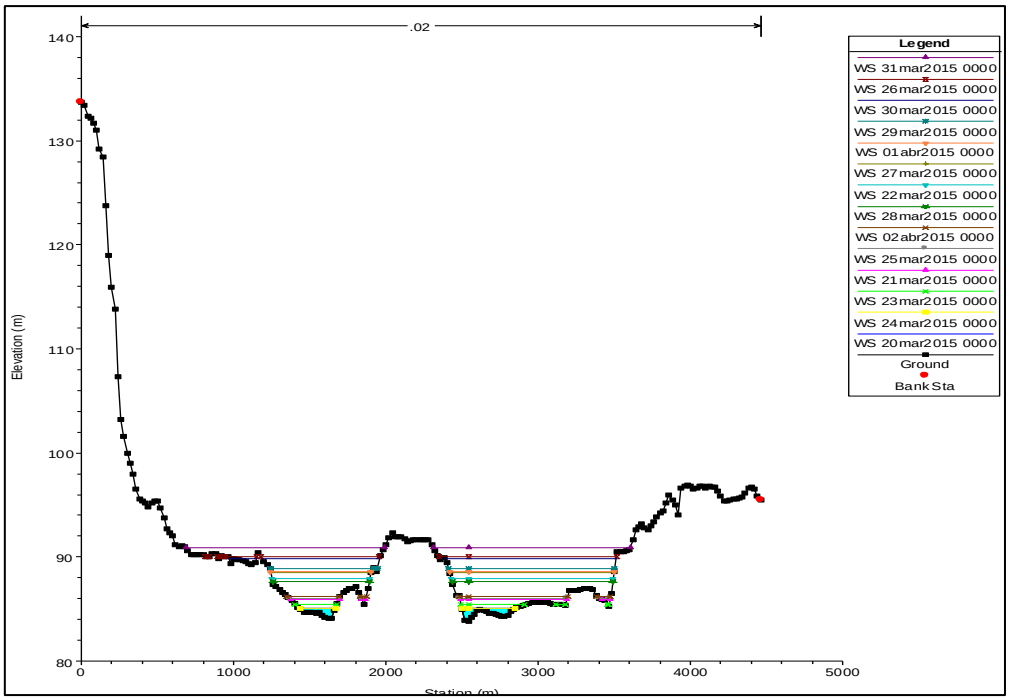


Ilustración C.9. Sección 1.1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

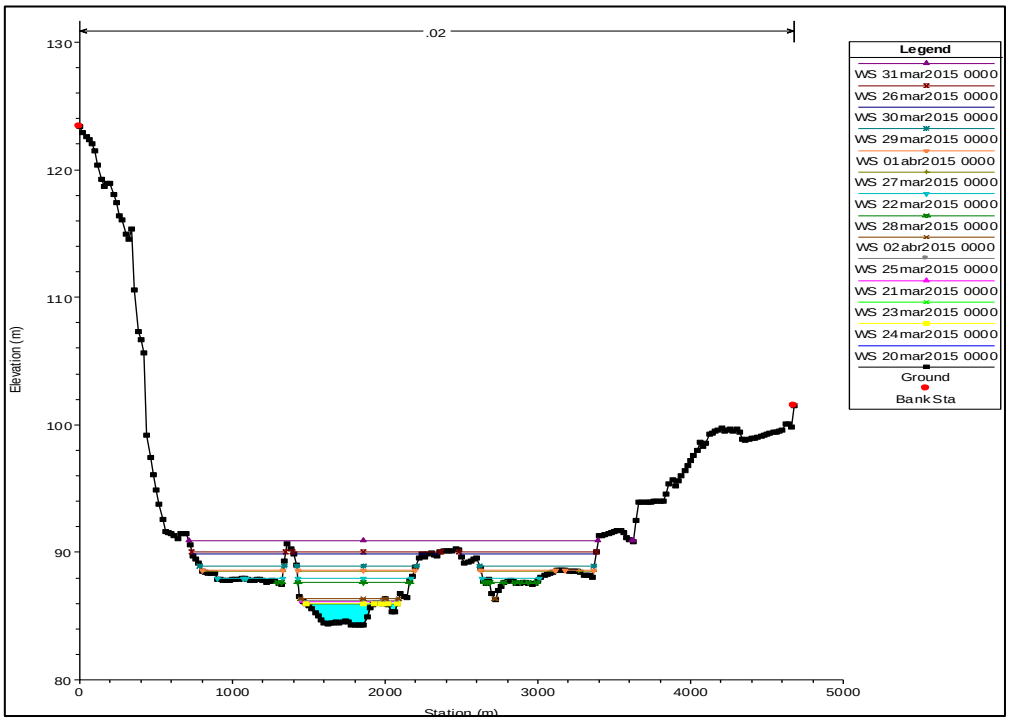


Ilustración C.10. Sección 1.2.
Fuente: HEC-RAS 4.1

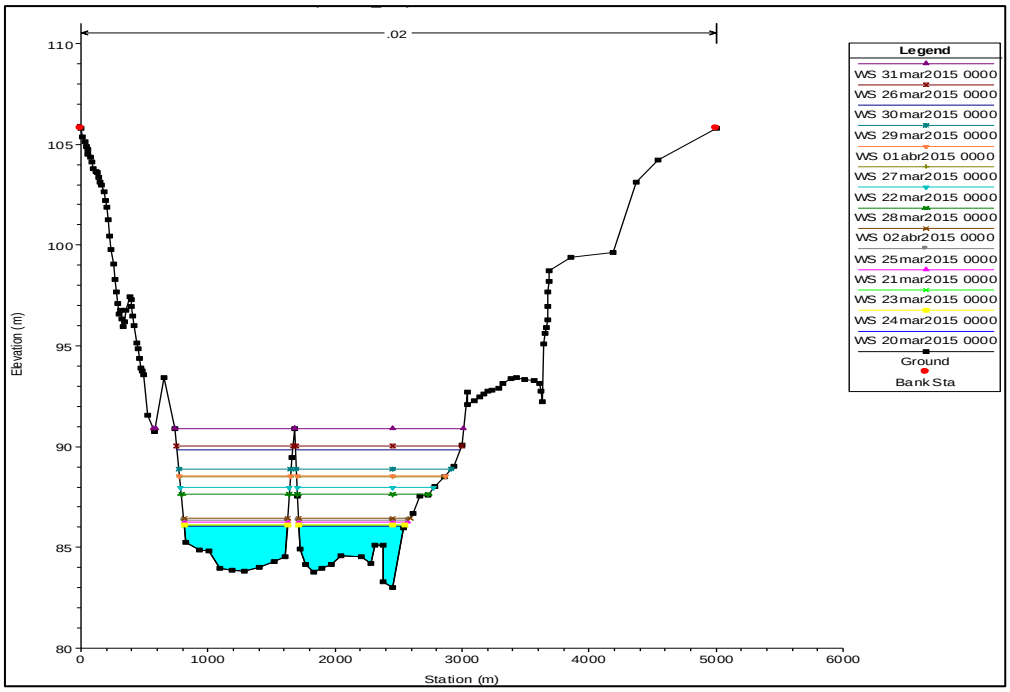


Ilustración C.11. Sección 2.
Fuente: HEC-RAS 4.1

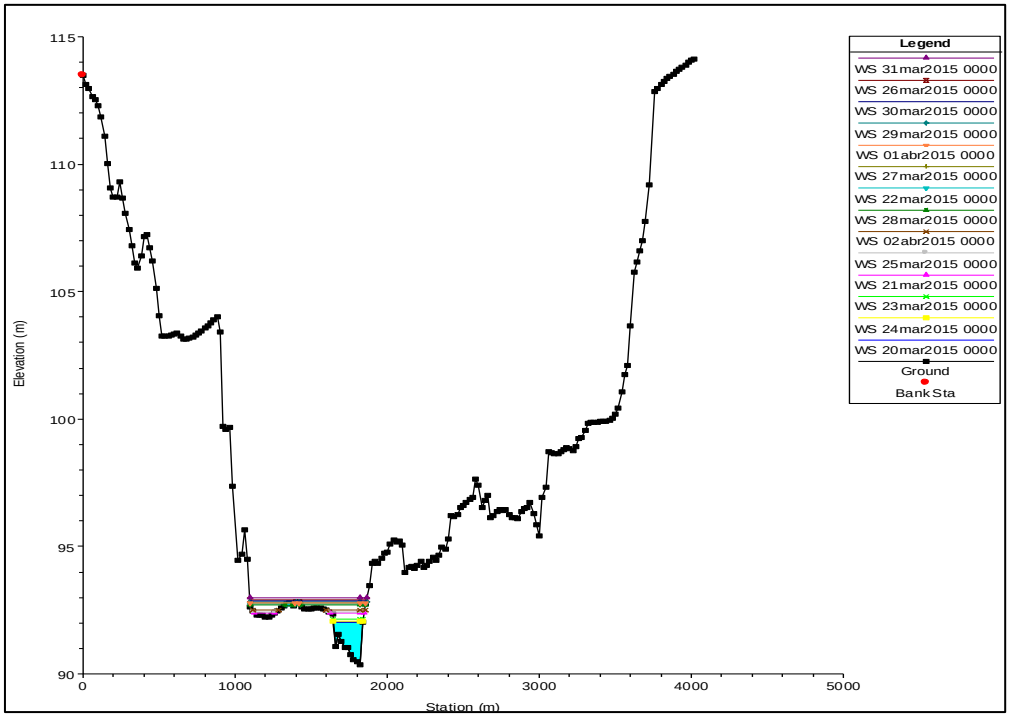


Ilustración C.12. Sección 2.1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

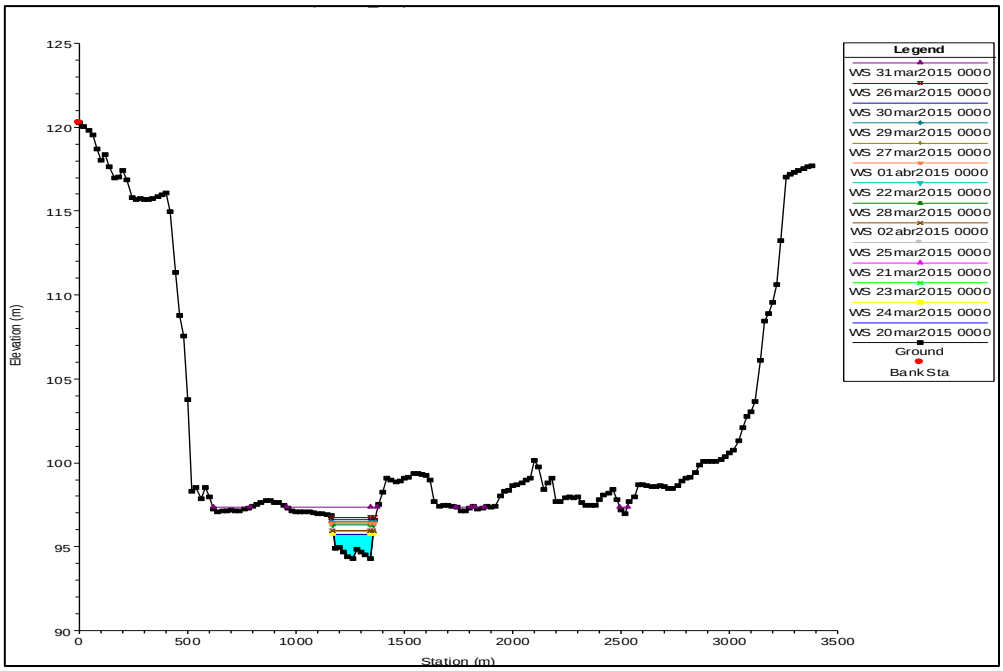


Ilustración C.13. Sección 2.2.
Fuente: HEC-RAS 4.1

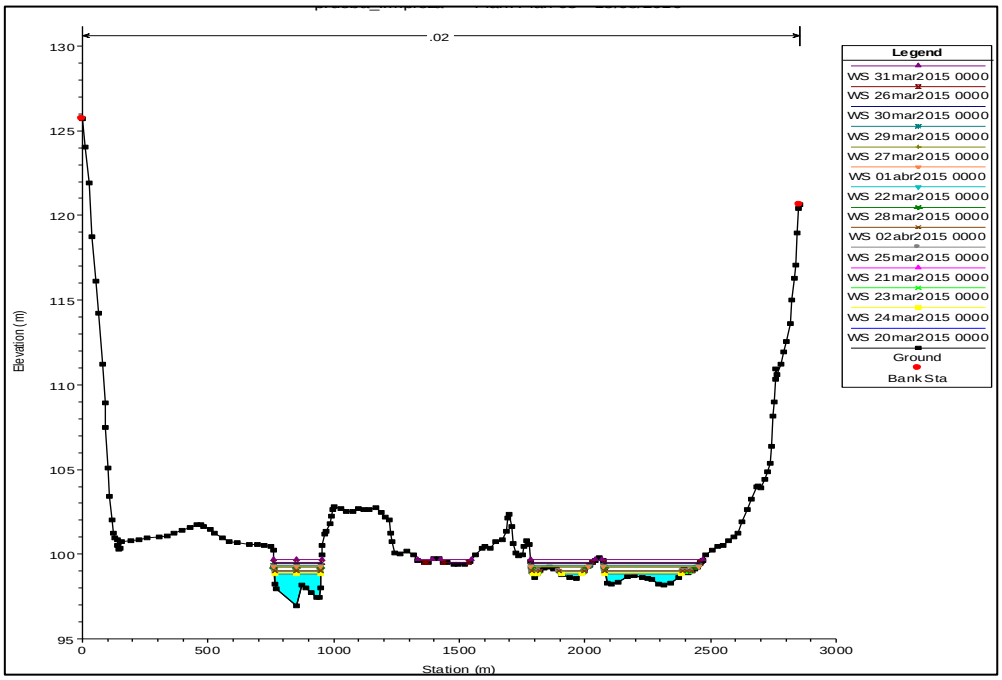


Ilustración C.14. Sección 3.
Fuente: HEC-RAS 4.1

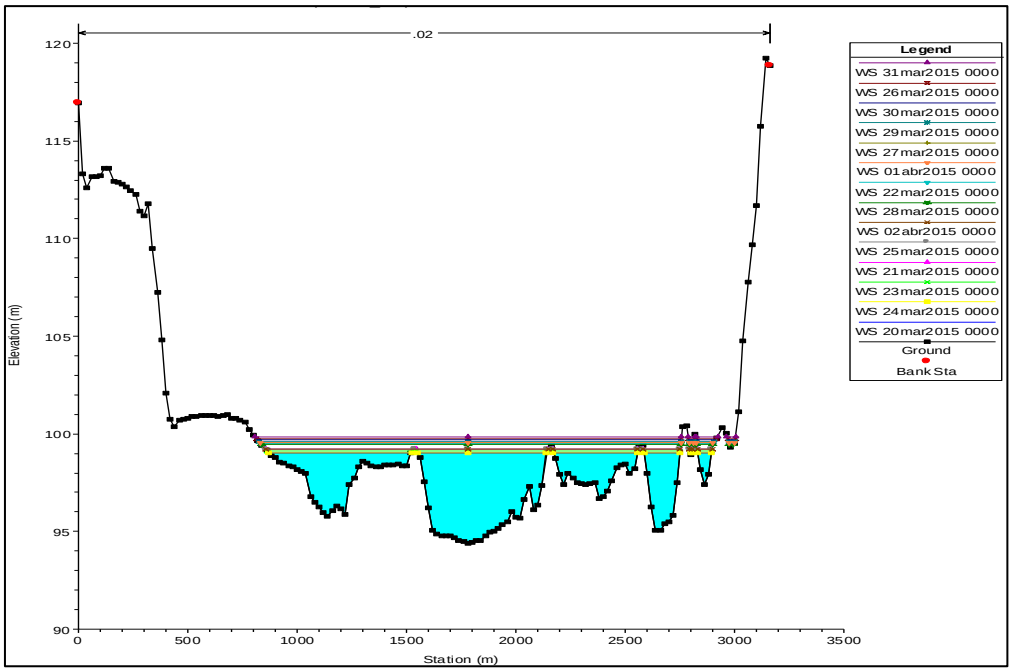


Ilustración C.15. Sección 3.1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

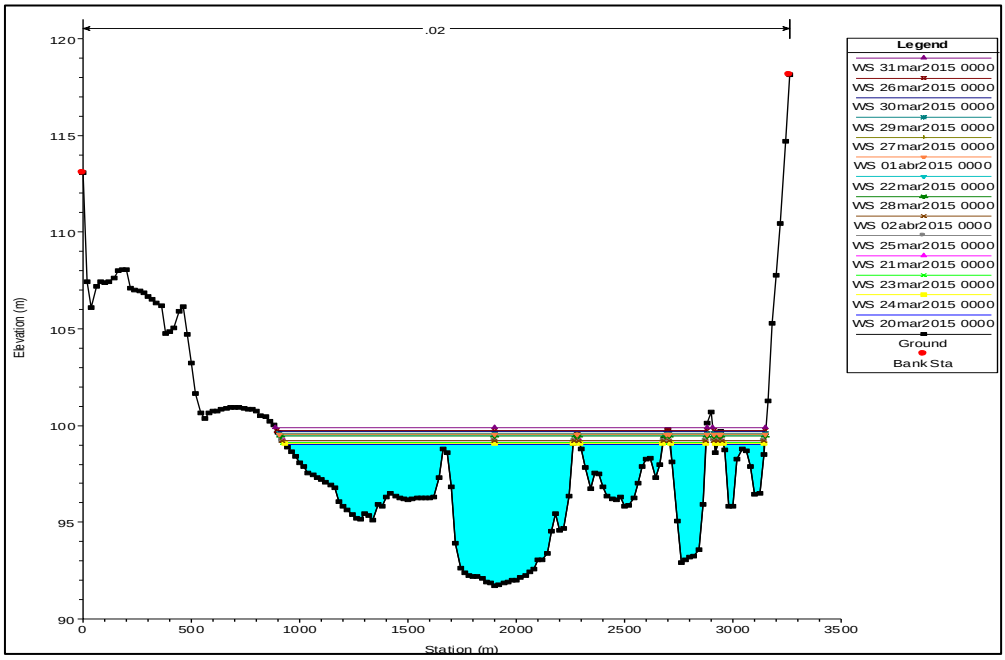


Ilustración C.16. Sección 3.2.
Fuente: HEC-RAS 4.1

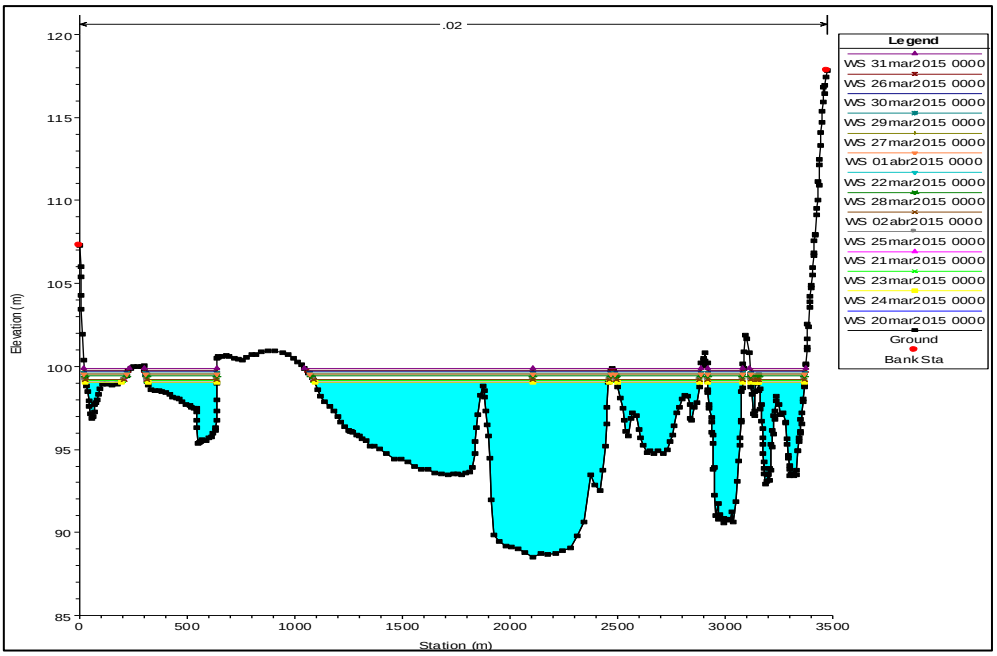


Ilustración C.17. Sección 4.
Fuente: HEC-RAS 4.1

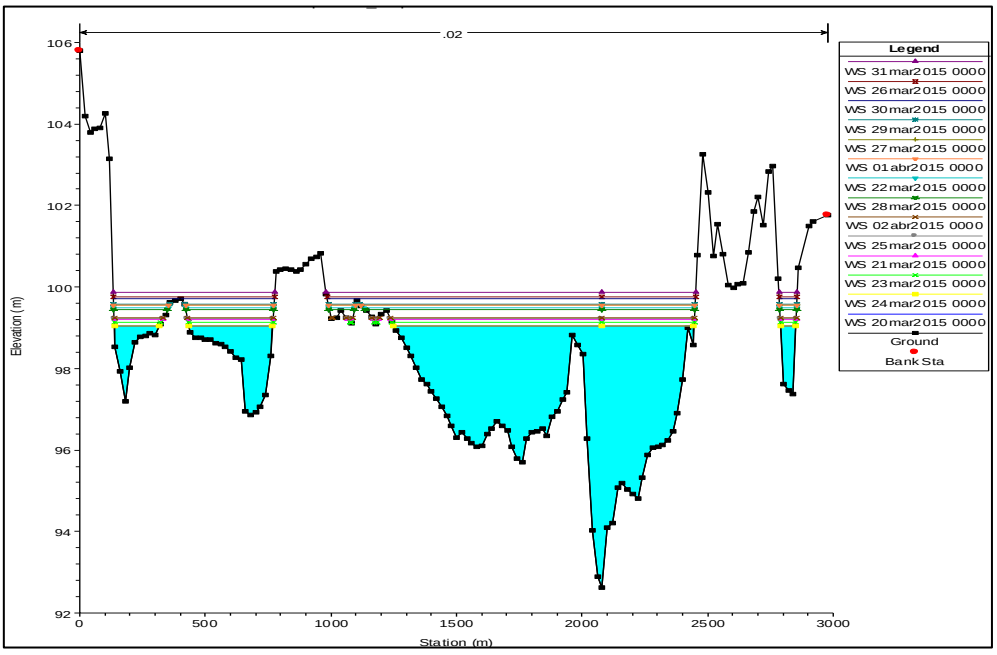


Ilustración C.18. Sección 4.1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

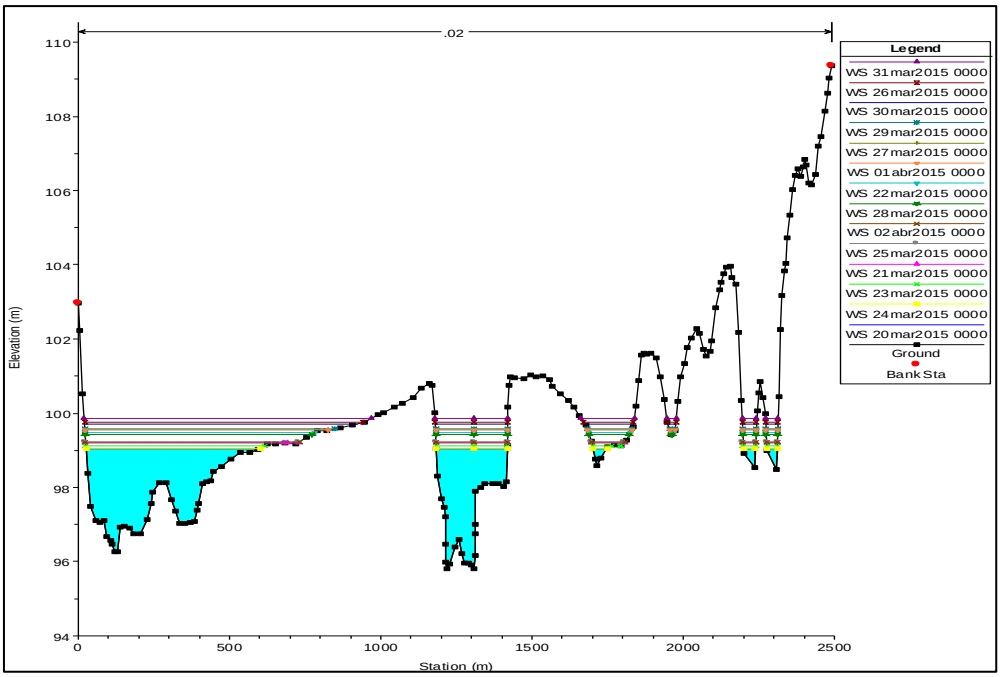


Ilustración C.19. Sección 5
Fuente: HEC-RAS 4.1

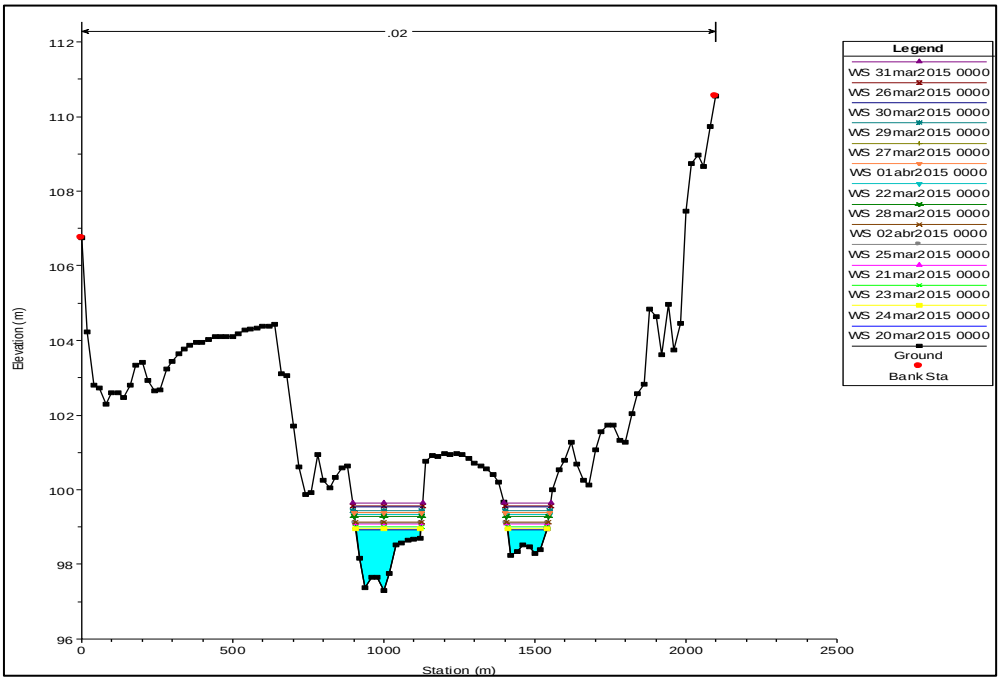


Ilustración C.20. Sección 5.1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

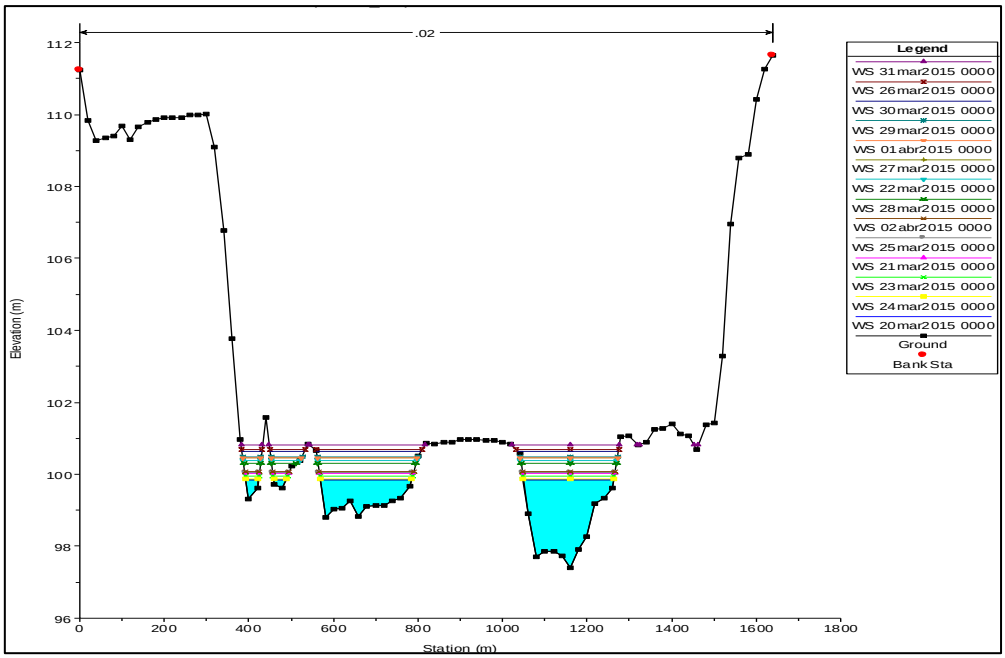


Ilustración C.21. Sección 5.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

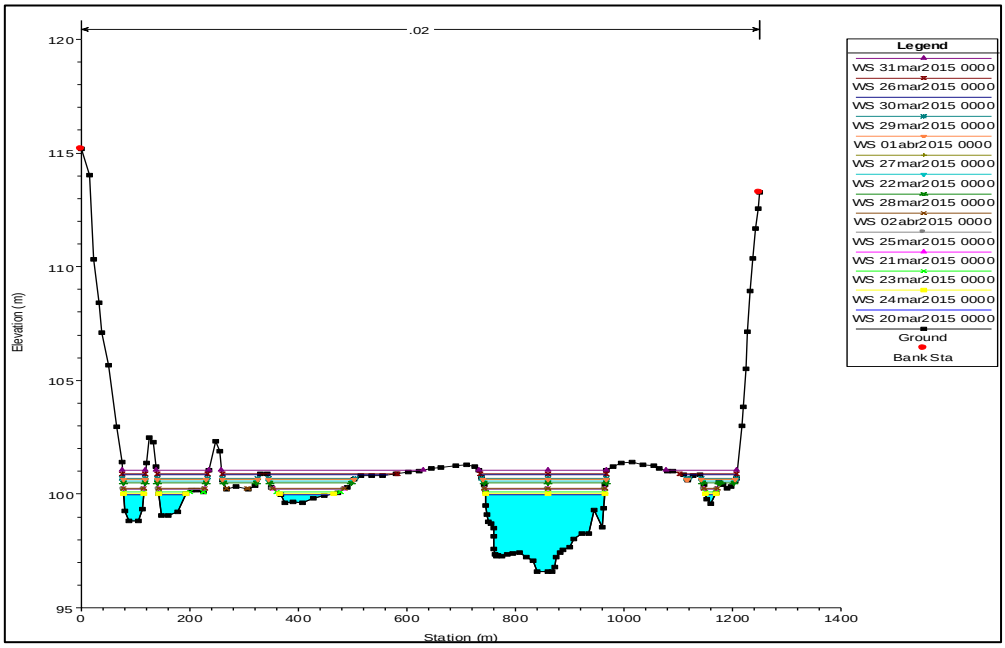


Ilustración C.22. Sección 6
Fuente: HEC-RAS 4.1

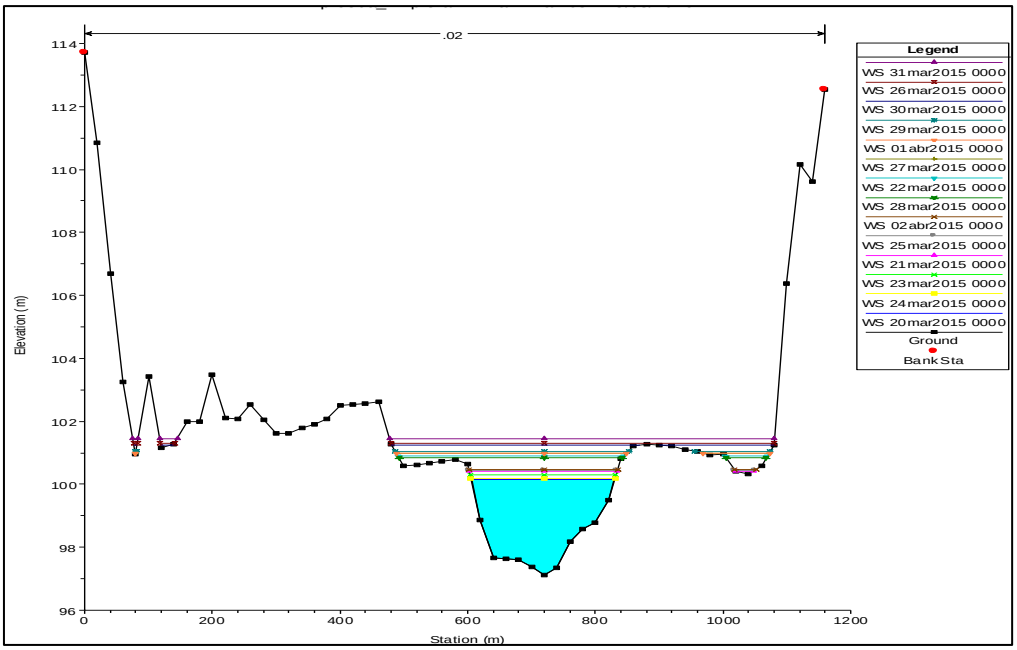


Ilustración C.23. Sección 6.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

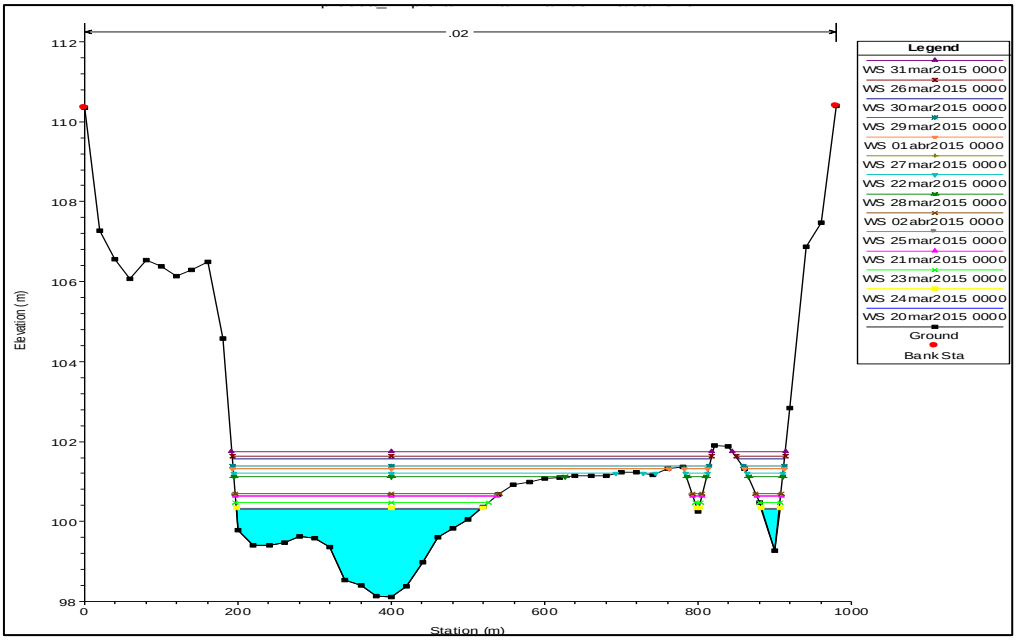


Ilustración C.24. Sección 6.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

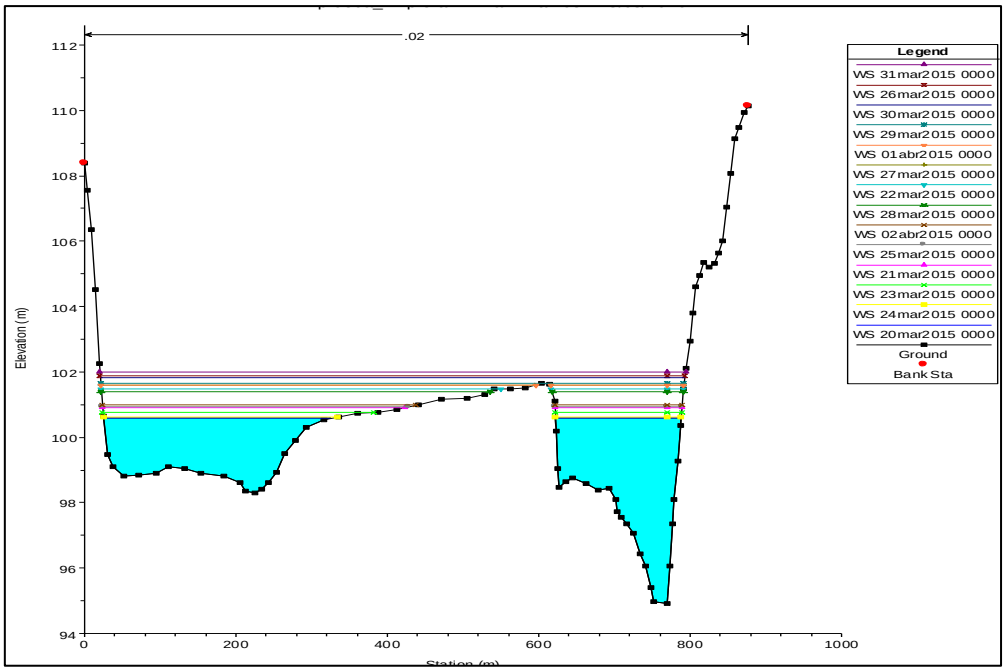


Ilustración C.25. Sección 7
Fuente: HEC-RAS 4.1

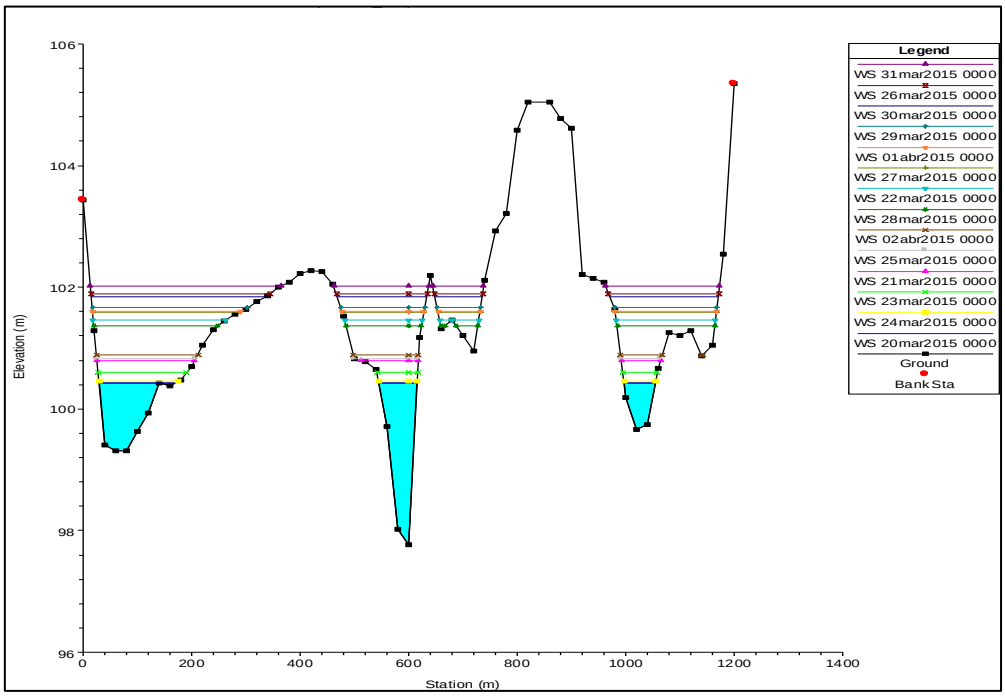


Ilustración C.26. Sección 7.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

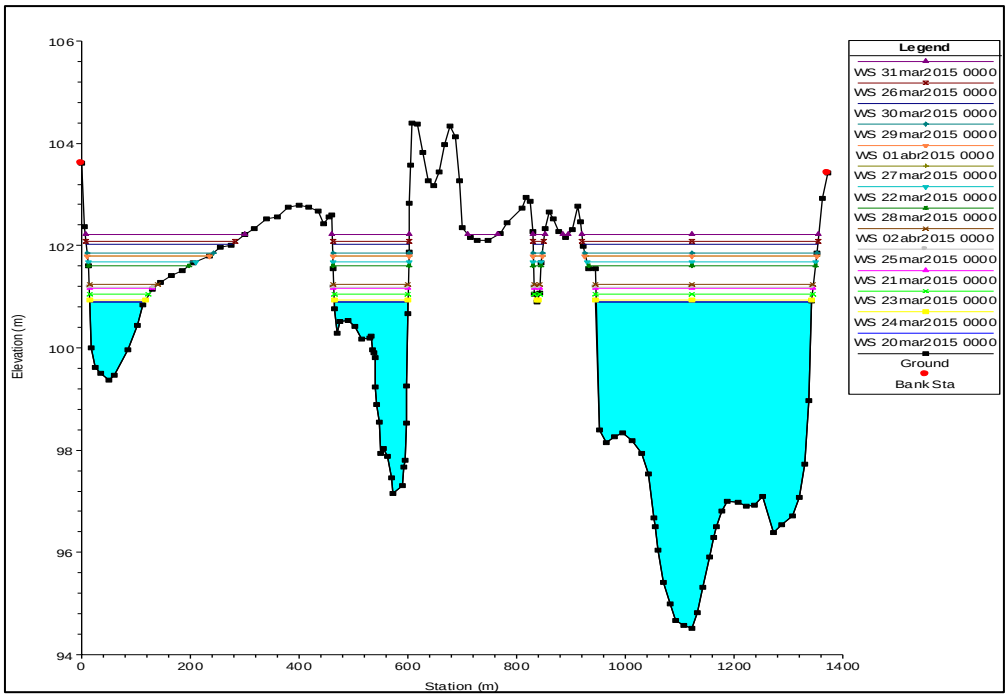


Ilustración C.27. Sección 8
Fuente: HEC-RAS 4.1

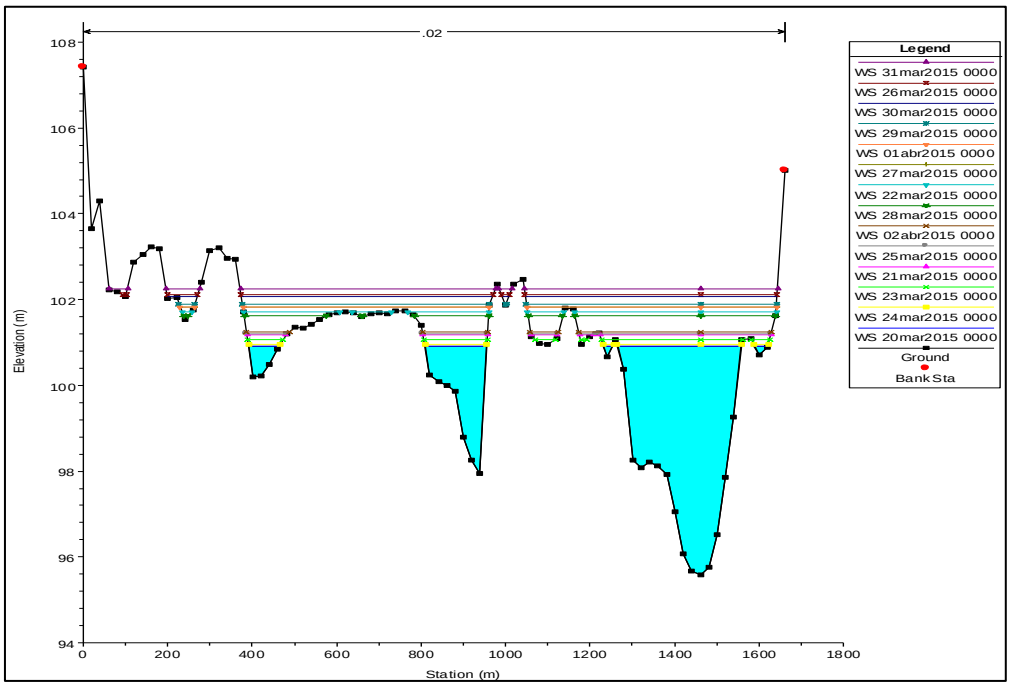


Ilustración C.28. Sección 8.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

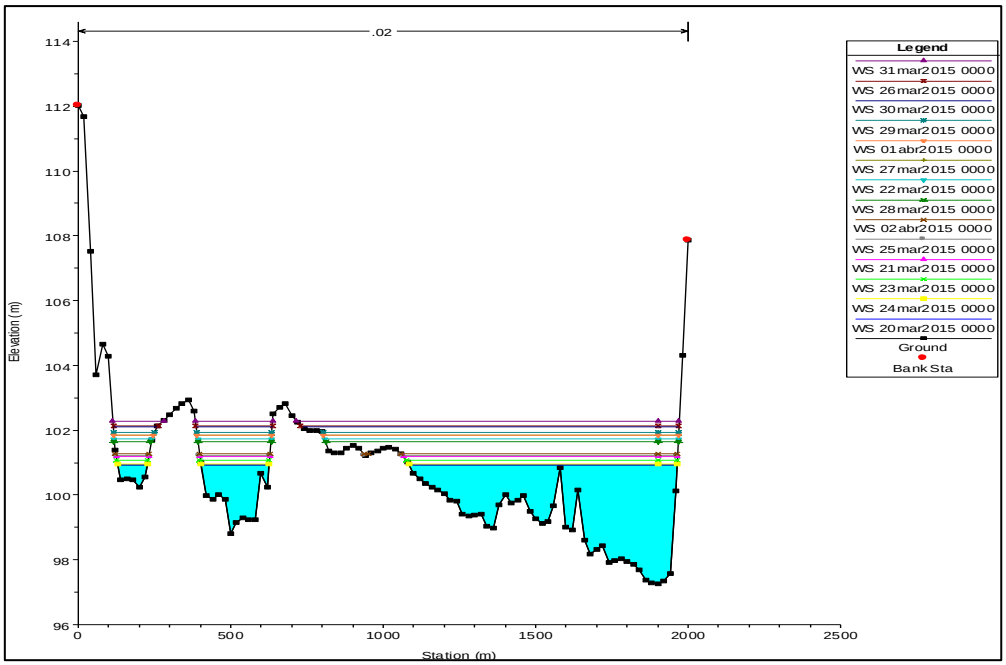


Ilustración C.29. Sección 8.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

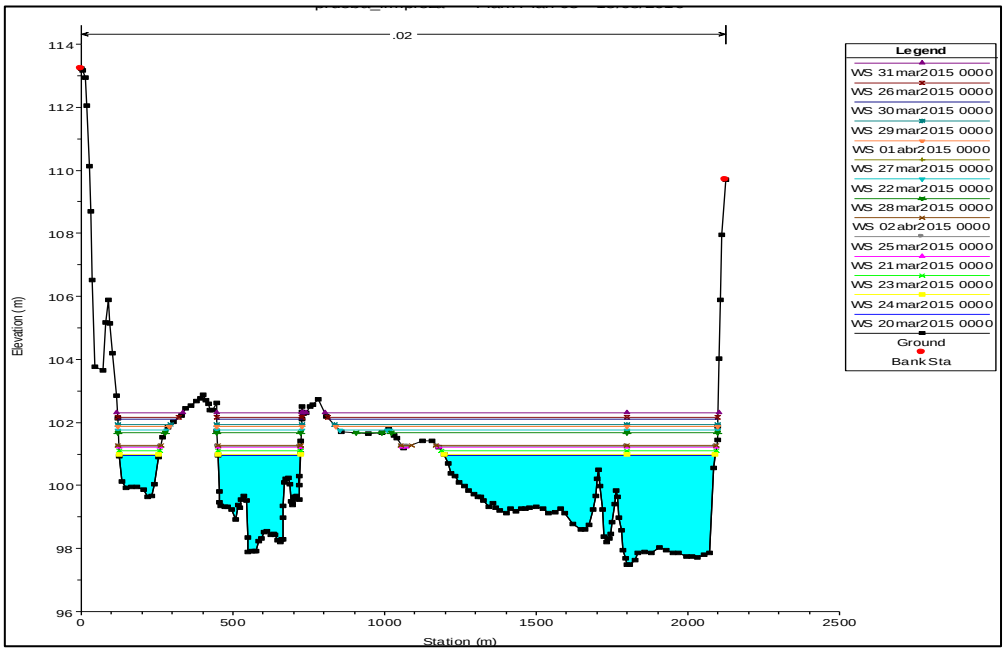


Ilustración C.30. Sección 9
Fuente: HEC-RAS 4.1

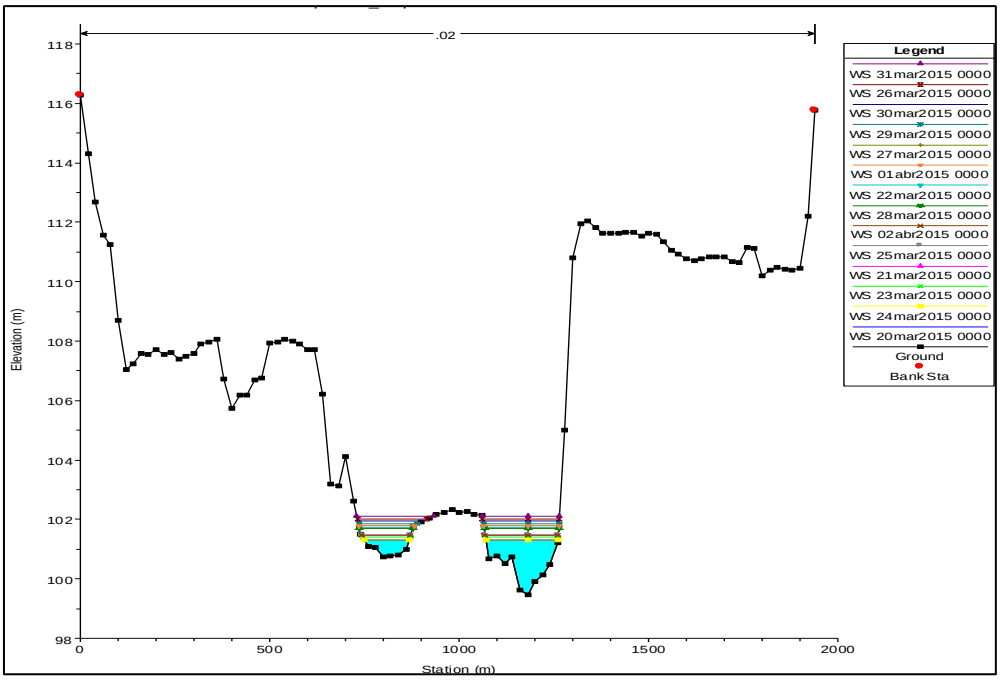


Ilustración C.31. Sección 9.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

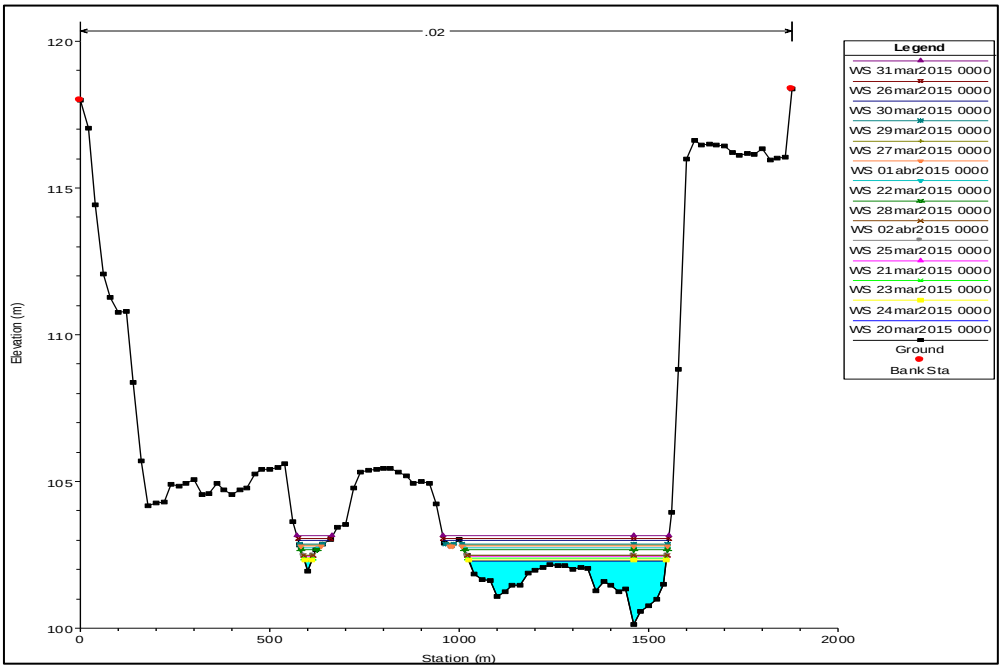


Ilustración C.32. Sección 9.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

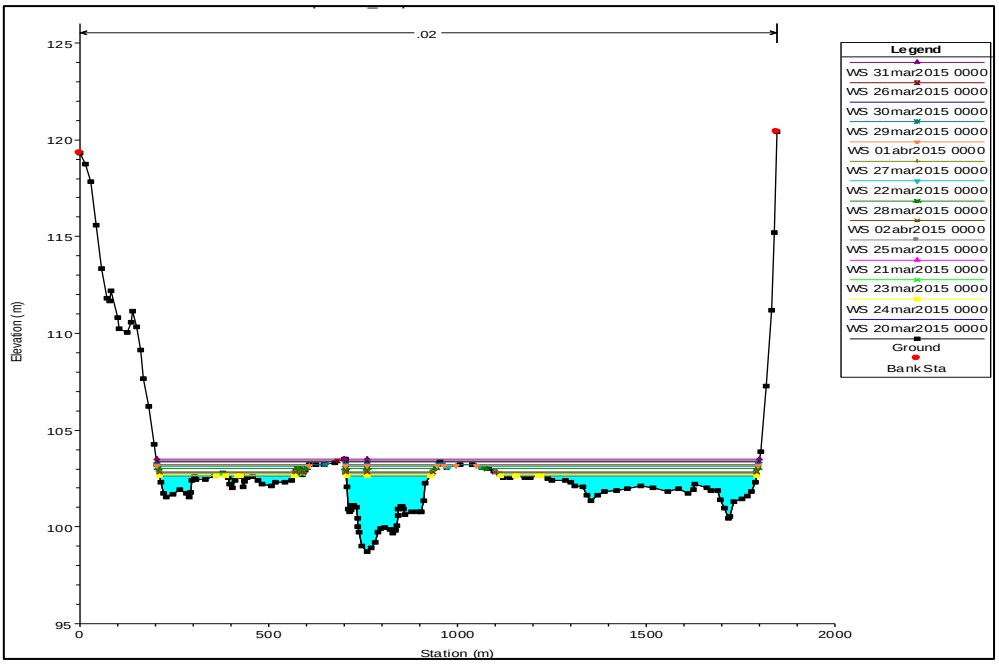


Ilustración C.33. Sección 10
Fuente: HEC-RAS 4.1

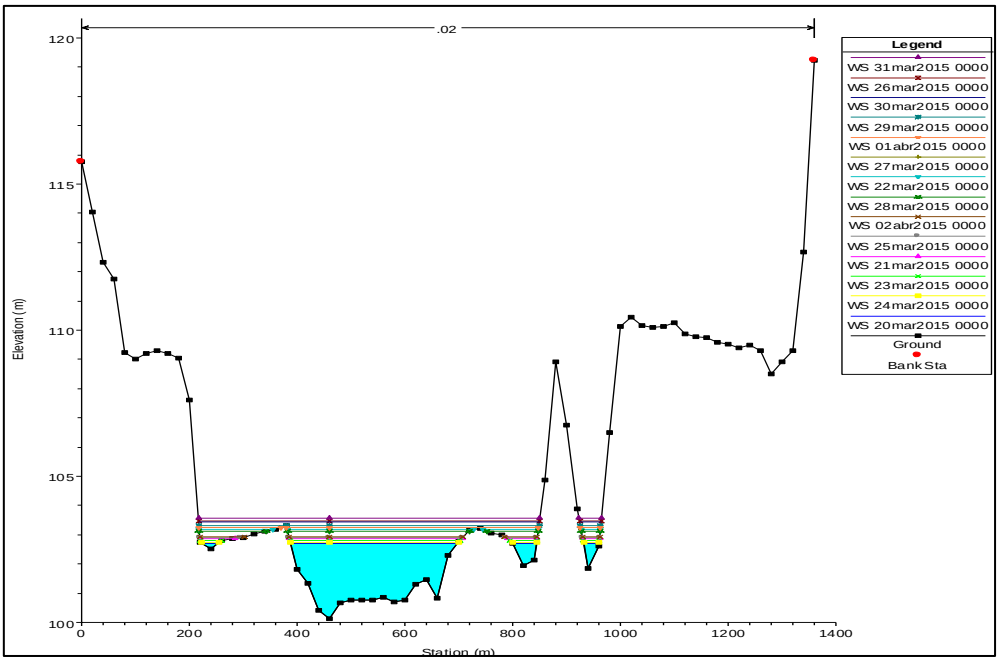


Ilustración C.34. Sección 10.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

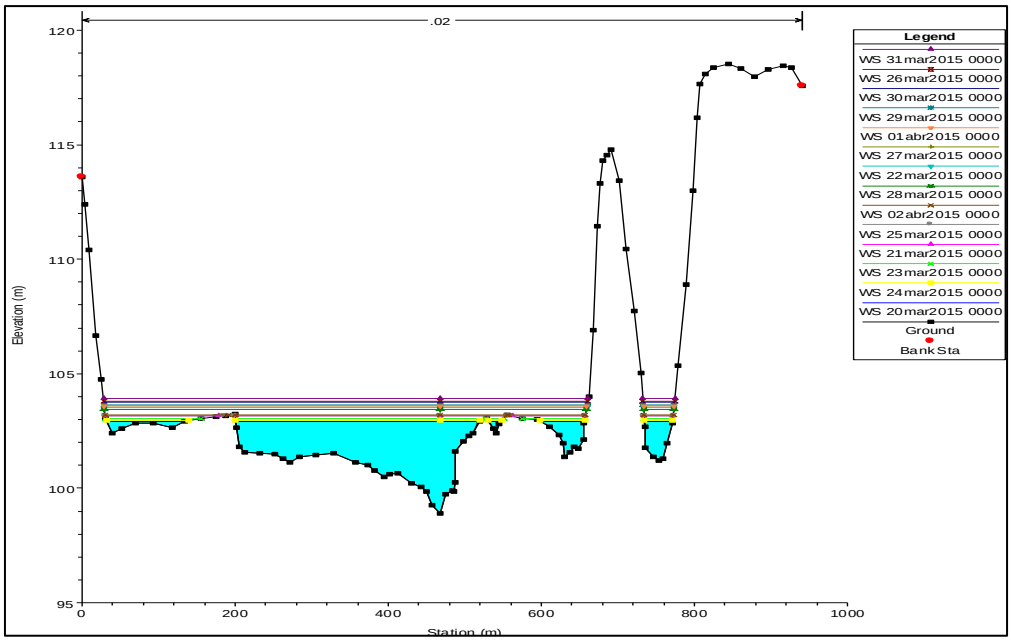


Ilustración C.35. Sección 11
Fuente: HEC-RAS 4.1

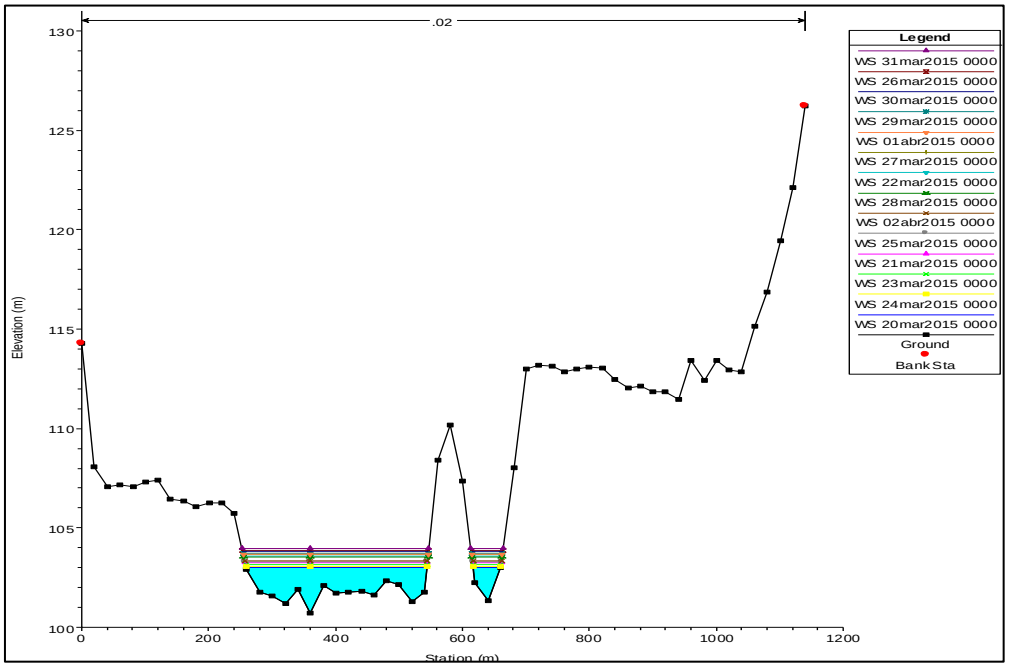


Ilustración C.36. Sección 11.1.
Fuente: HEC-RAS 4.1

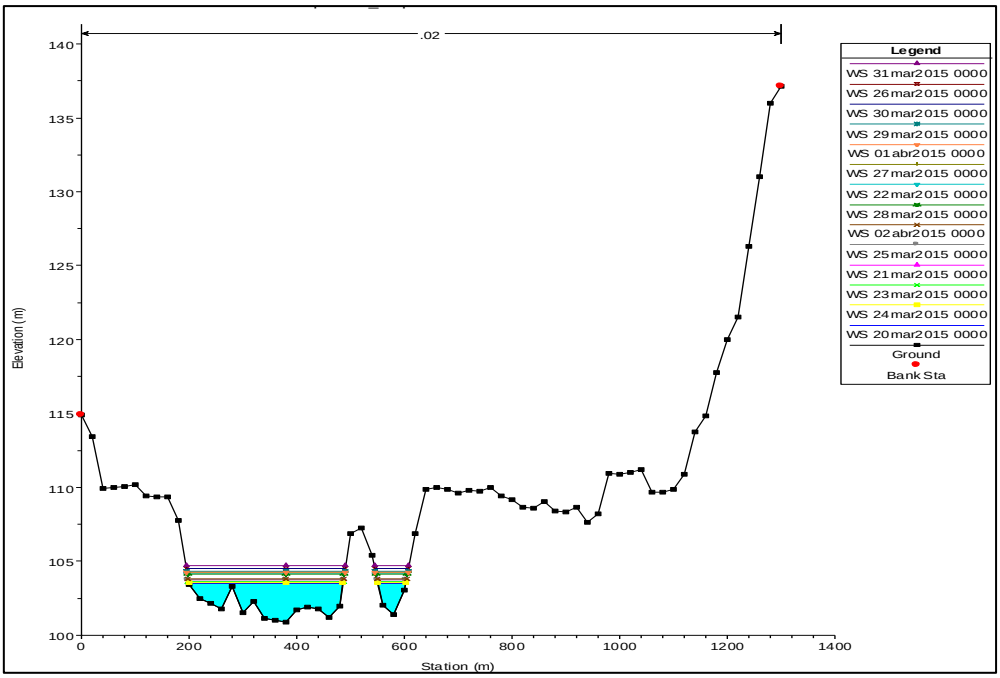


Ilustración C.37. Sección 11.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

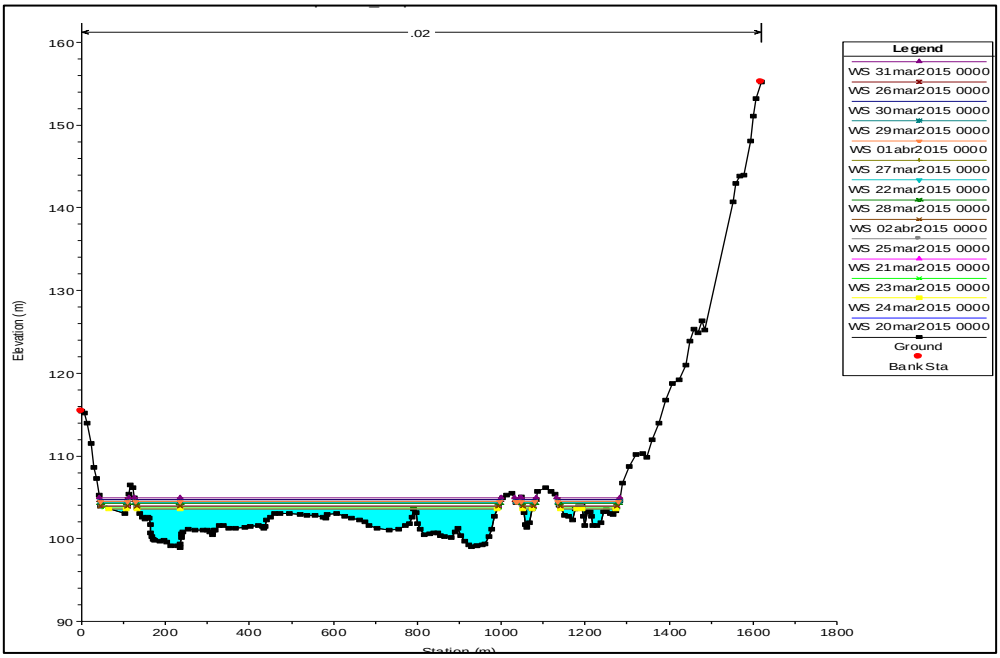


Ilustración C.38. Sección 12
Fuente: HEC-RAS 4.1

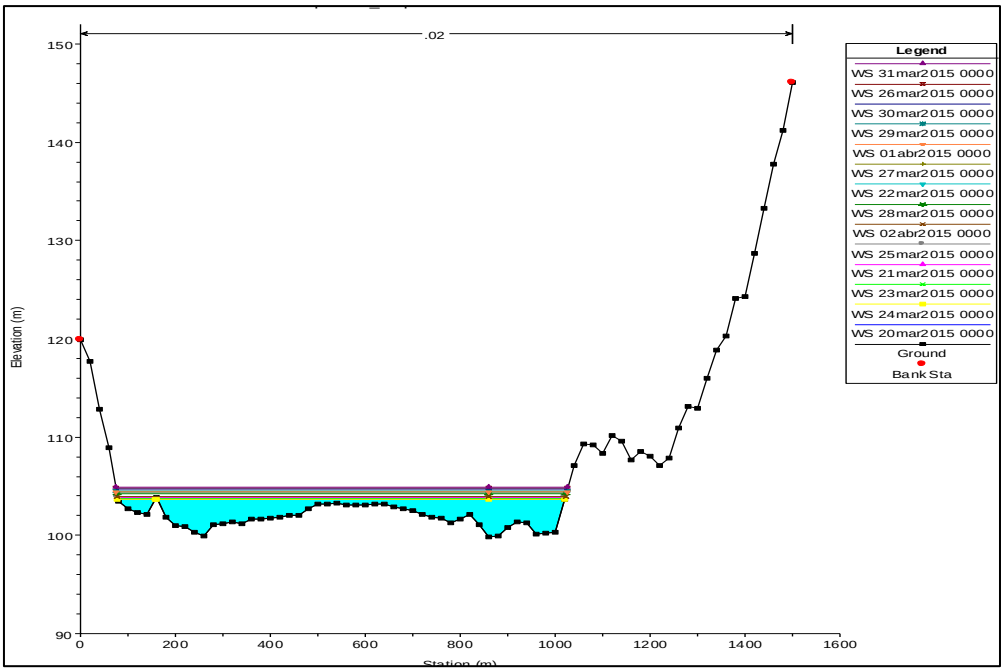


Ilustración C.39. Sección 12.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

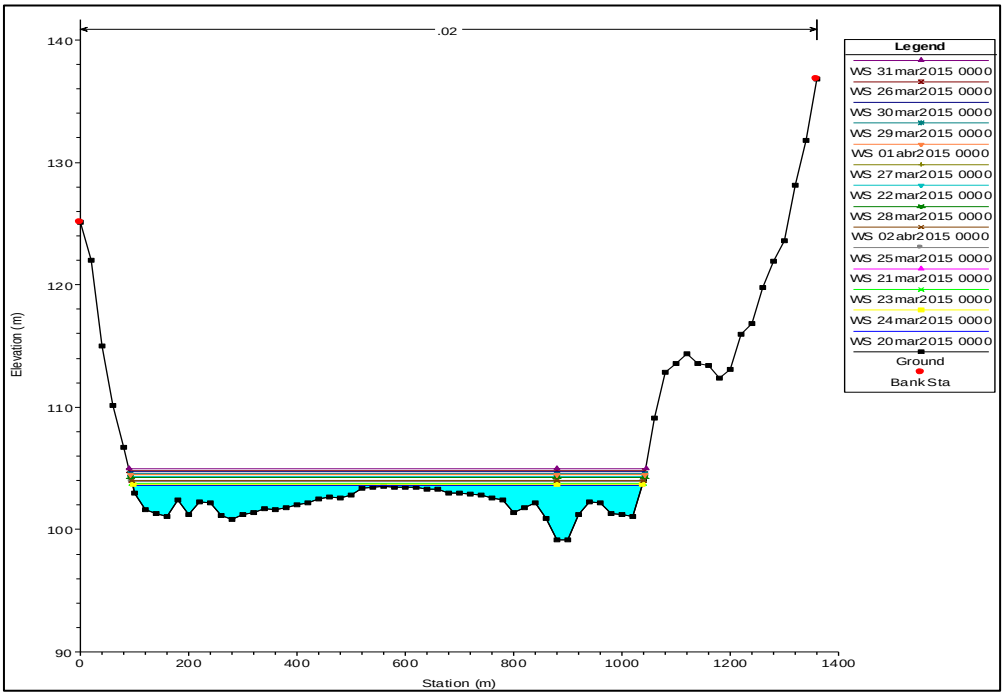


Ilustración C.40. Sección 12.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

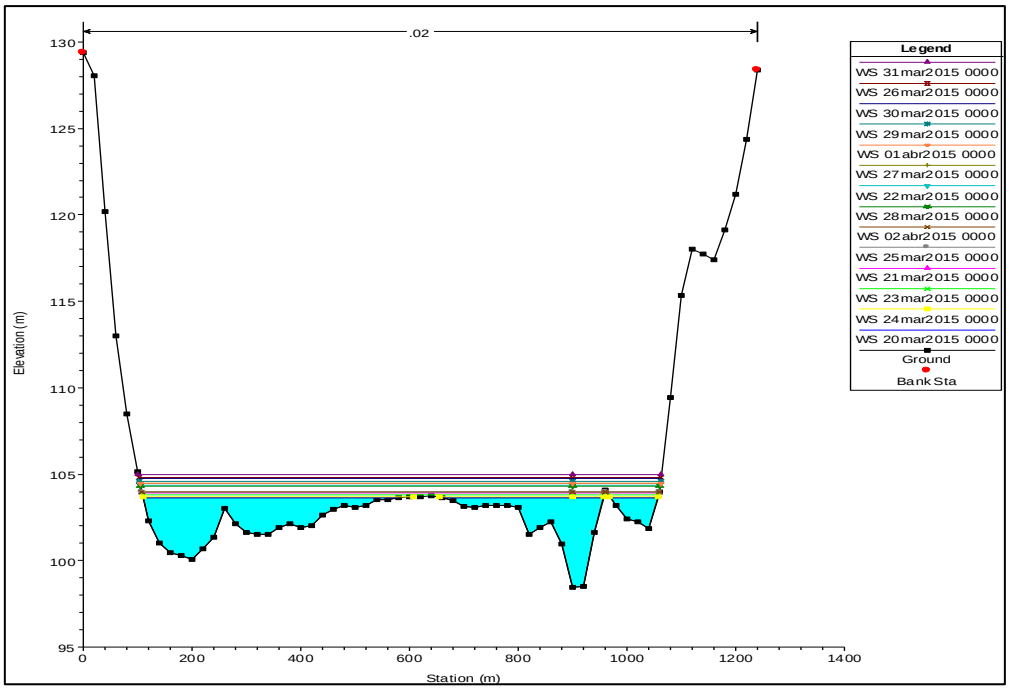


Ilustración C.41. Sección 12.3
Fuente: HEC-RAS 4.1

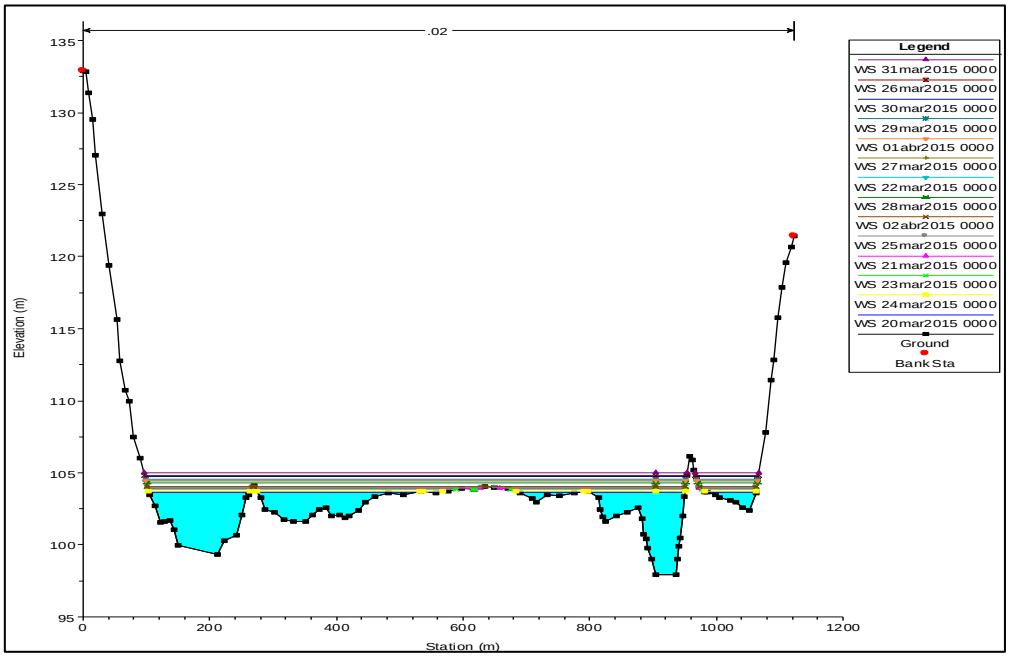


Ilustración C.42. Sección 13
Fuente: HEC-RAS 4.1

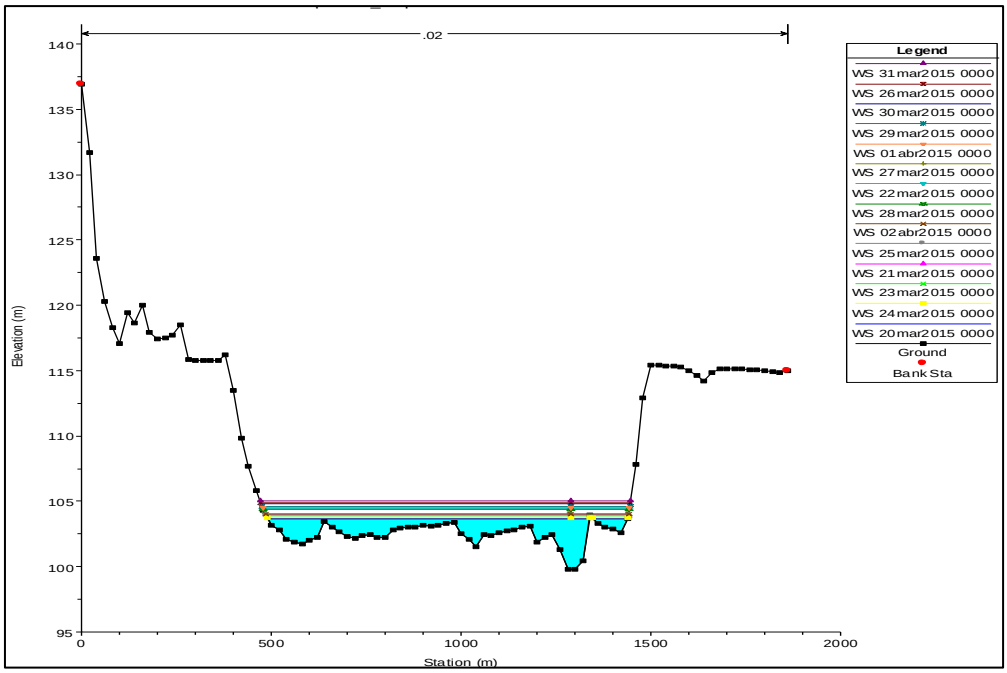


Ilustración C.43. Sección 13.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

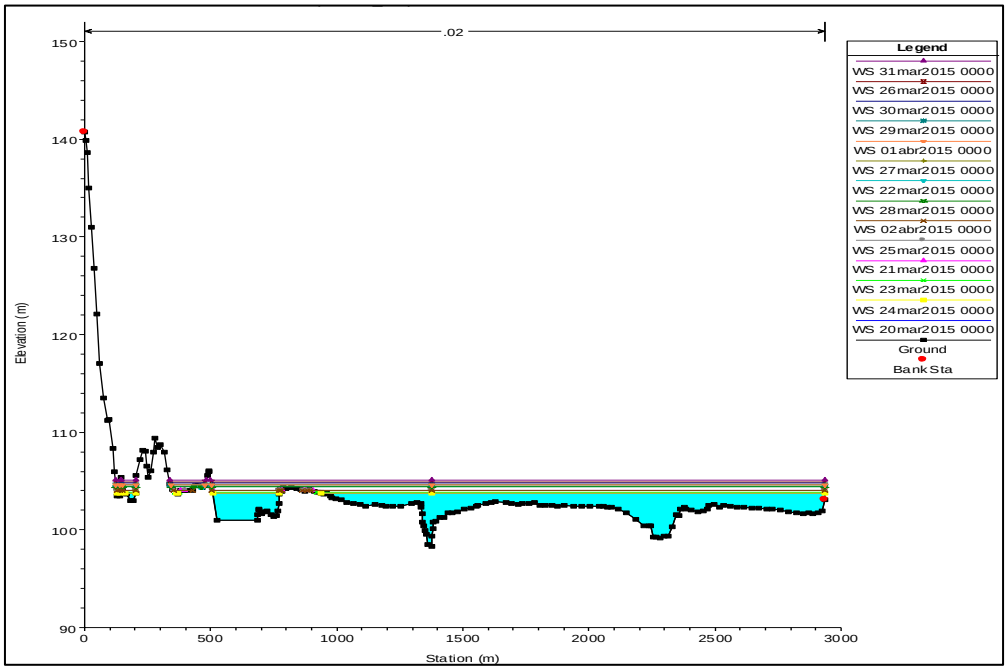


Ilustración C.44. Sección 14
Fuente: HEC-RAS 4.1

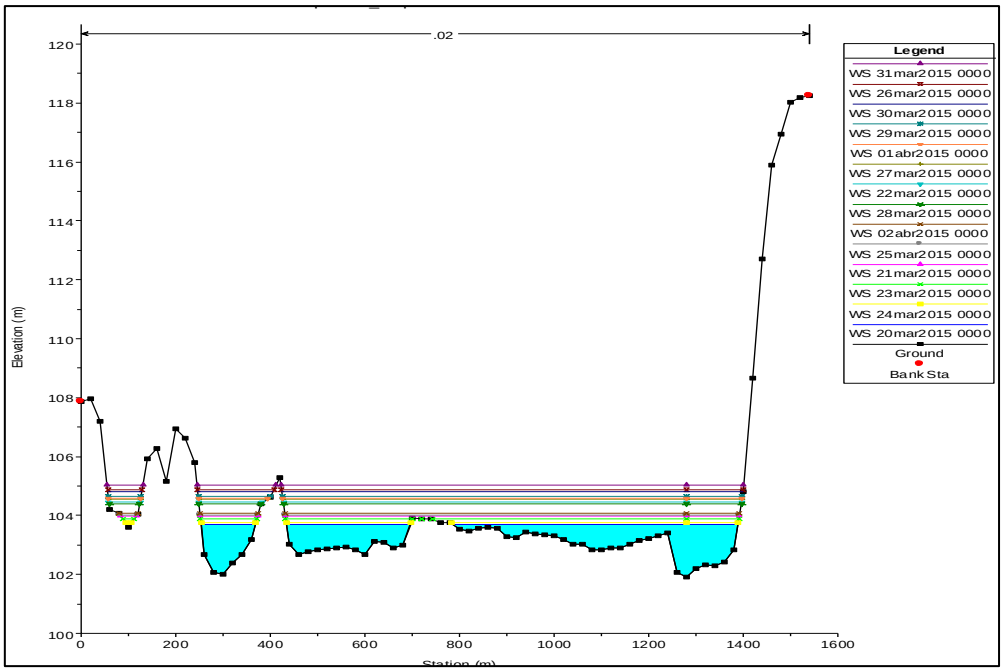


Ilustración C.45. Sección 14.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

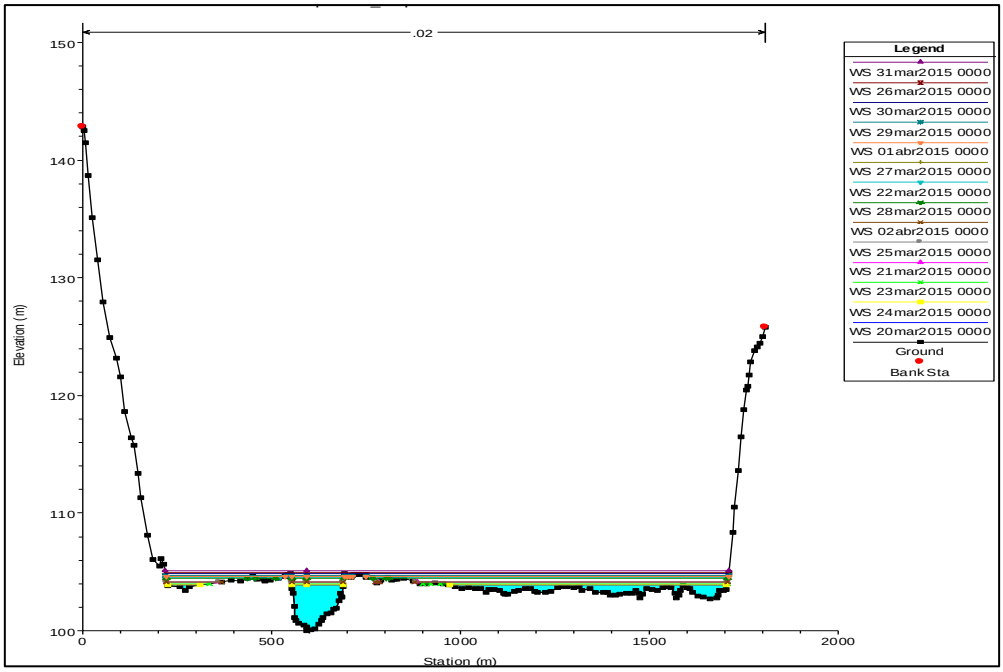


Ilustración C.46. Sección 15
Fuente: HEC-RAS 4.1

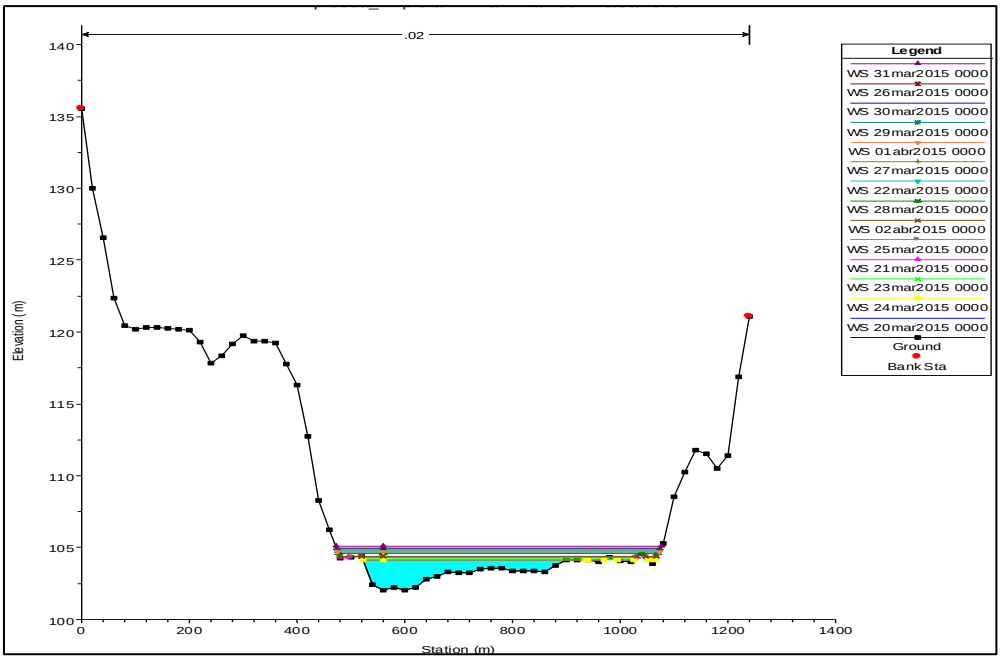


Ilustración C.47. Sección 15.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

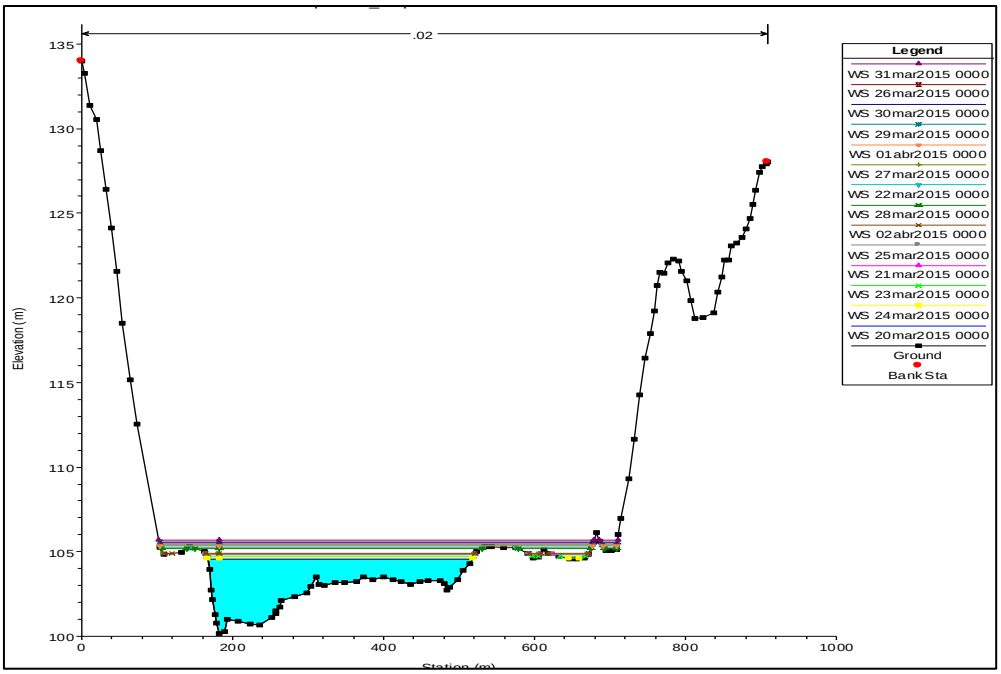


Ilustración C.48. Sección 16
Fuente: HEC-RAS 4.1

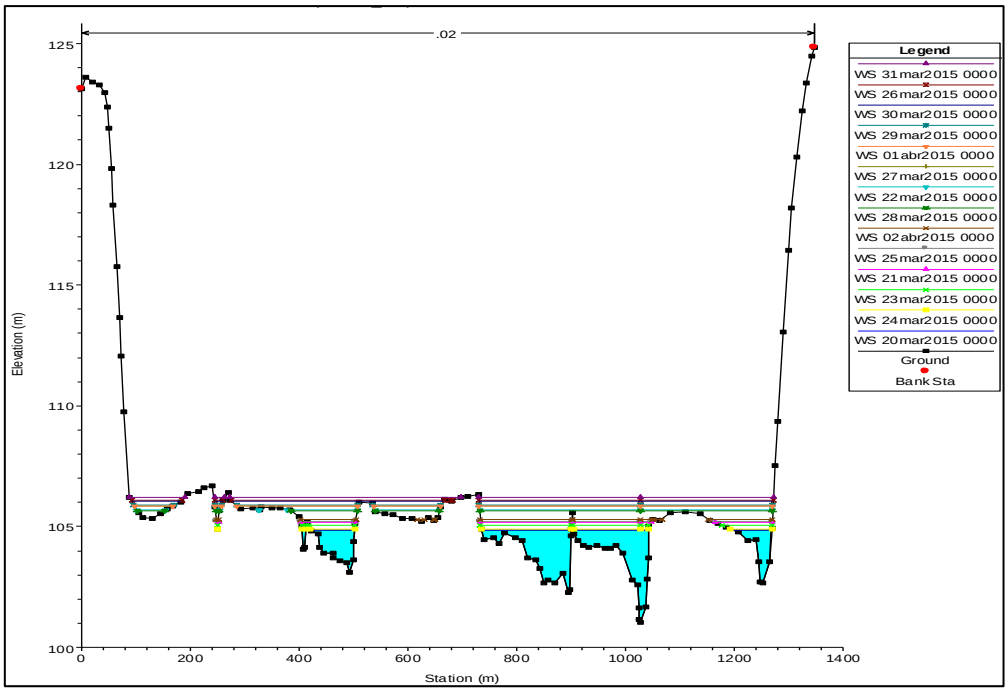


Ilustración C.49. Sección 17
Fuente: HEC-RAS 4.1

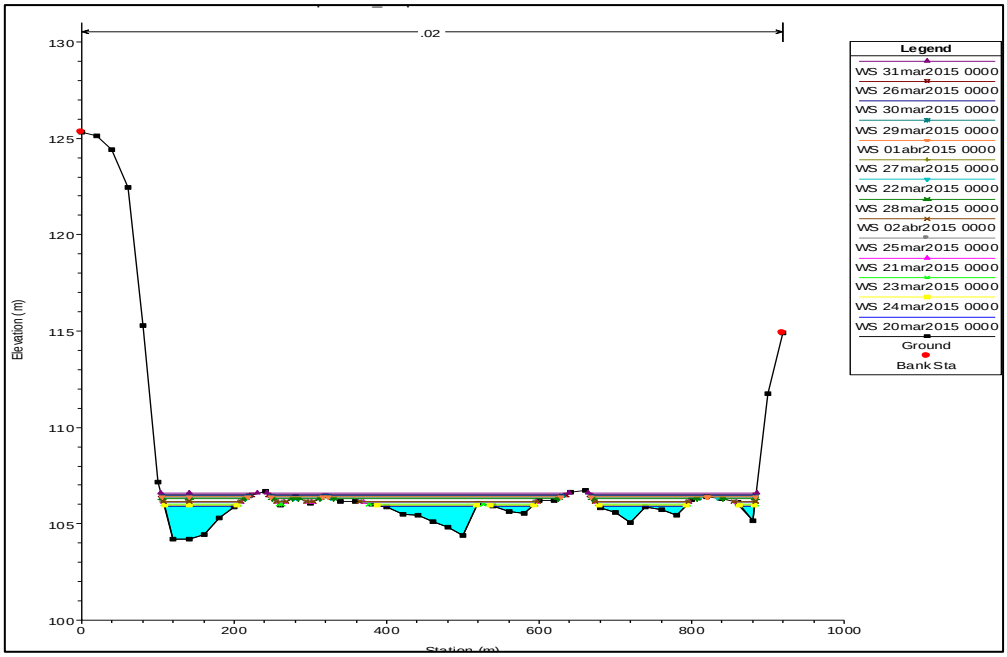


Ilustración C.50. Sección 17.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

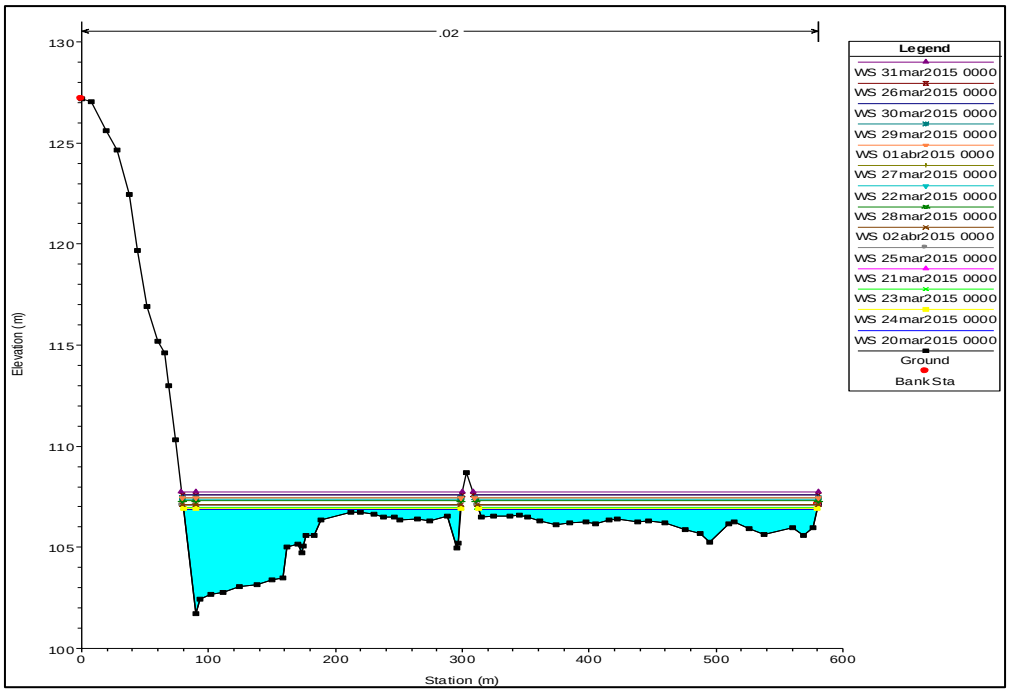


Ilustración C.51. Sección 18
Fuente: HEC-RAS 4.1

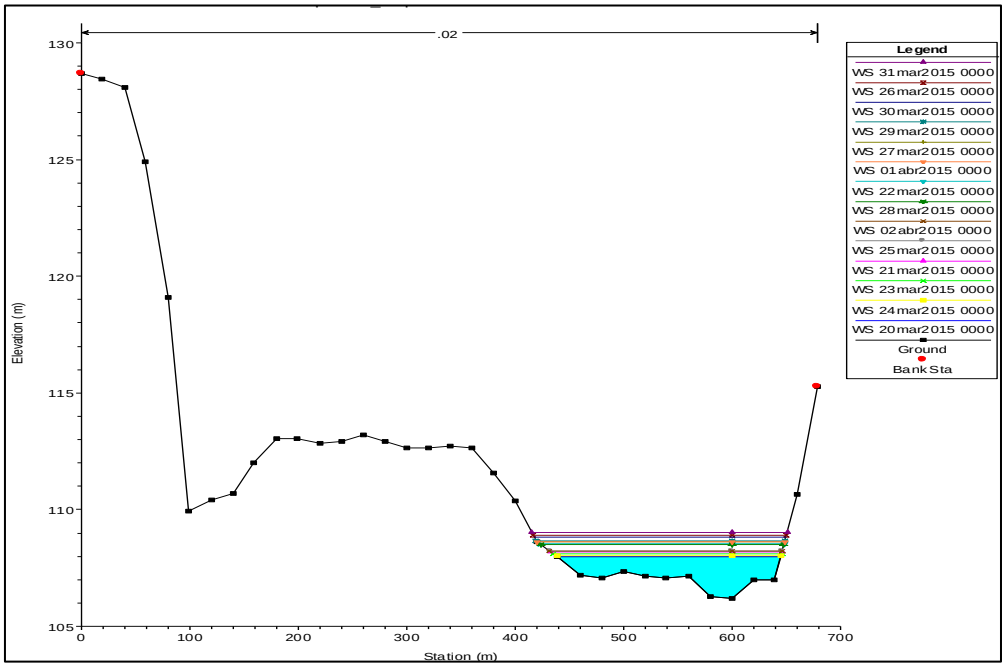


Ilustración C.52. Sección 18.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

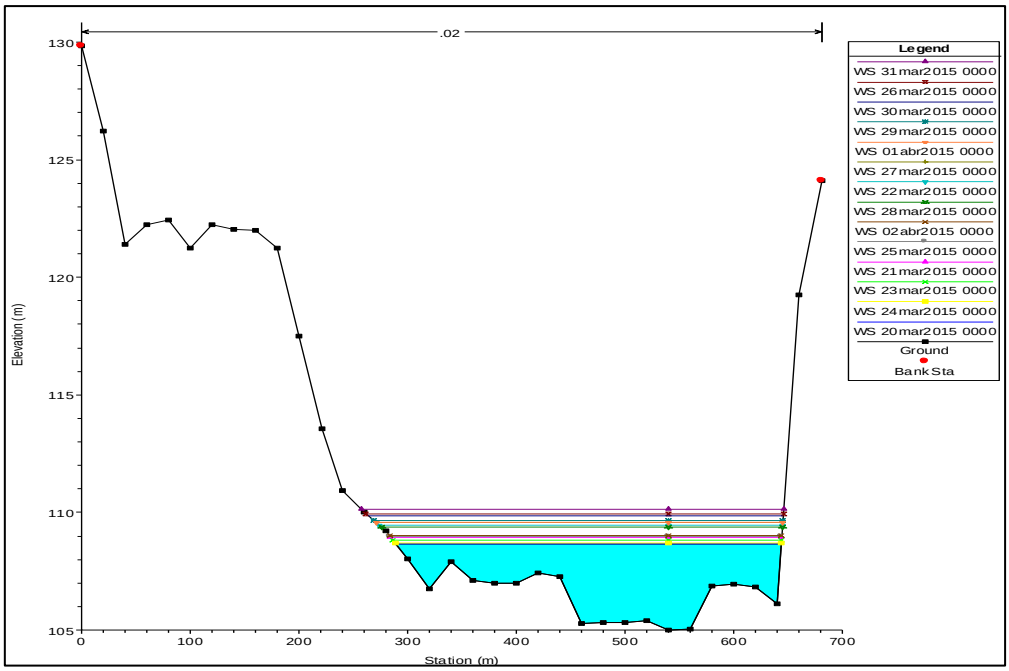


Ilustración C.53. Sección 18.2
Fuente: HEC-RAS 4.1

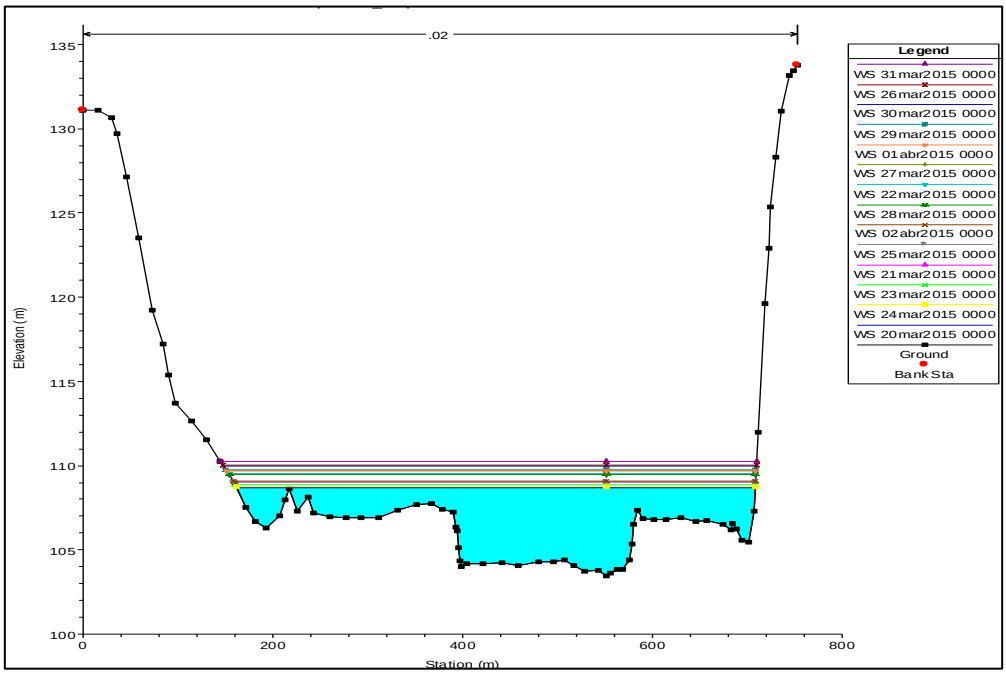


Ilustración C.54. Sección 19
Fuente: HEC-RAS 4.1

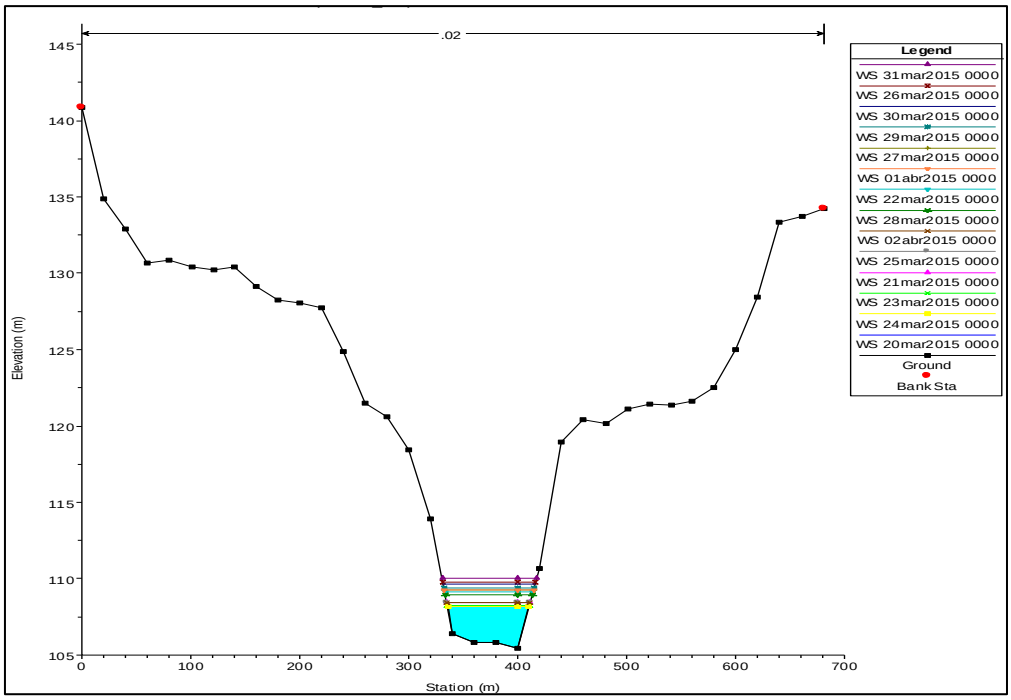


Ilustración C.55. Sección 19.1
Fuente: HEC-RAS 4.1

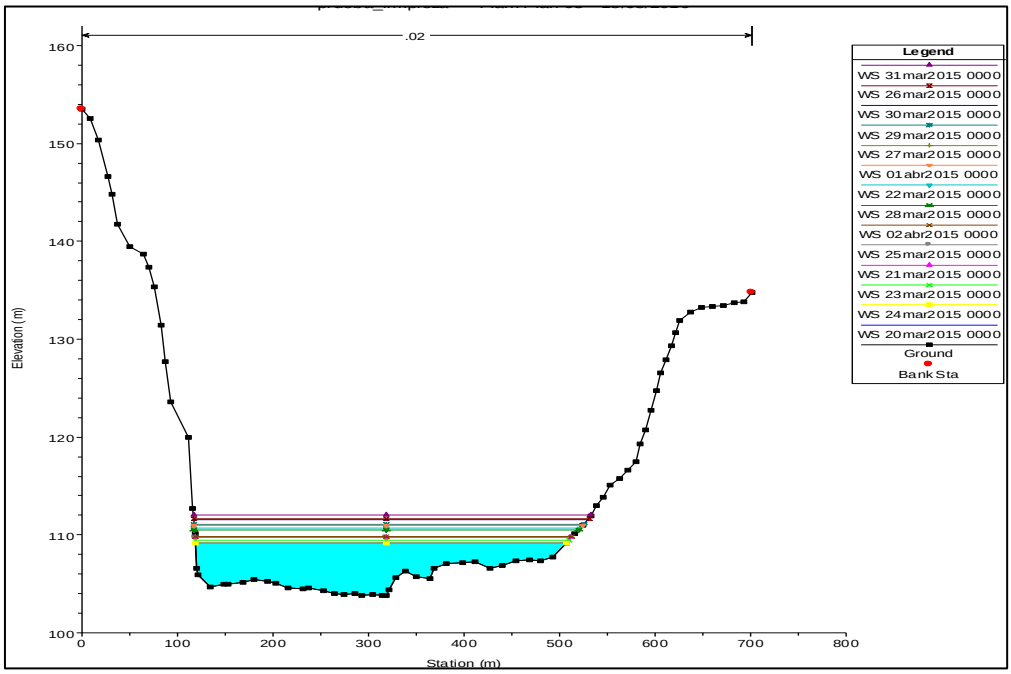


Ilustración C.56. Sección 20
Fuente: HEC-RAS 4.1

ANEXO D

Tabla D.1. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 642 m³/s.

20/03/2015 (Q=642 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0	78.5	83.41	2.45	0.00239	4.45	144	29	0.64
2	0.2	157.53	78.37	84.46	4.27	0.000107	1.36	471	109	0.21
3	0.3	278.81	78.11	84.55	4.08	0.000019	0.56	1144	275	0.09
4	0.4	473.38	79.69	84.56	2.5	0.000045	0.62	1041	415	0.12
5	0.5	677.89	78.16	84.57	2.85	0.00002	0.44	1445	507	0.08
6	0.6	884.86	81.56	84.44	1.61	0.000931	2.09	307	191	0.53
7	0.7	1119.95	79.86	84.69	1.87	0.000026	0.39	1653	882	0.09
8	0.8	1322.91	76.78	84.7	3.67	0.000001	0.1	6157	1676	0.02
9	0.9	1527.03	78.45	84.7	2.6	0.000001	0.11	5850	2246	0.02
10	1	1837.67	80.71	84.7	1.92	0.000015	0.3	2172	1133	0.07
11	1.1	2241.47	83.84	85.03	0.5	0.00498	2.22	289	577	1
12	1.2	2901.27	84.3	85.97	1.09	0.000479	1.16	555	510	0.35
13	2	3740.73	83	86.07	1.74	0.00001	0.22	2855	1638	0.05
14	2.1	4221.95	90.37	92.02	1.03	0.003972	3.21	200	195	1.01
15	2.2	4585.18	94.27	95.77	1.08	0.003829	3.26	197	182	1
16	3	5468.79	96.92	98.85	0.62	0.00244	1.79	359	581	0.73
17	3.1	5887.75	94.39	99.04	2.09	0.000004	0.16	3897	1860	0.04
18	3.2	6458.19	91.73	99.04	3.34	0.000001	0.09	6945	2079	0.02
19	4	6770.35	88.54	99.04	4.31	0	0.06	11441	2640	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.04	2	0.000005	0.18	3530	1764	0.04
21	5	7836.68	95.81	99.03	1.31	0.000077	0.53	1220	929	0.15
22	5.1	8330.93	97.31	98.94	0.71	0.00445	2.64	243	344	1
23	5.2	8768.65	97.4	99.85	1	0.000689	1.31	489	487	0.42
24	6	9026.83	96.59	99.99	1.45	0.000275	1.06	605	417	0.28
25	6.1	9720.88	97.11	100.16	2.03	0.000306	1.4	457	225	0.31
26	6.2	10079.46	98.11	100.31	1.09	0.001051	1.72	375	344	0.52
27	7	10781.57	94.92	100.58	2	0.000075	0.69	937	467	0.15
28	7.1	11105.32	97.77	100.42	0.84	0.004258	2.89	222	265	1.01
29	8	11668.77	94.52	100.91	3.08	0.00001	0.33	1965	635	0.06
30	8.1	12582.86	95.58	100.92	2.13	0.000041	0.53	1214	568	0.12
31	8.2	12870.11	97.26	100.94	1.61	0.000023	0.33	1932	1200	0.08
32	9	13559.94	97.48	100.95	1.95	0.000011	0.25	2527	1296	0.06
33	9.1	13884.37	99.46	101.31	0.76	0.004373	2.75	234	308	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.3	0.74	0.001527	1.6	401	539	0.59
35	10	14690.81	98.71	102.63	0.88	0.000176	0.61	1051	1188	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	102.7	1.33	0.000379	1.17	547	412	0.33
37	11	15767.75	98.91	102.91	1.33	0.000226	0.91	708	532	0.25
38	11.1	16230.53	100.74	103.03	1.24	0.000746	1.58	407	328	0.45
39	11.2	17145.81	100.91	103.51	1.58	0.000316	1.2	534	338	0.31
40	12	17606.05	98.87	103.61	1.96	0.000016	0.31	2043	1037	0.07
41	12.1	18120.08	99.87	103.62	1.79	0.000027	0.38	1675	936	0.09
42	12.2	18574.86	99.13	103.63	1.55	0.000043	0.44	1457	941	0.11
43	12.3	18962.86	98.46	103.65	1.54	0.000055	0.49	1306	849	0.13
44	13	19380.00	97.92	103.67	1.62	0.000057	0.52	1235	758	0.13
45	13.1	19886.45	99.78	103.7	1.24	0.000092	0.55	1163	940	0.16
46	14	20437.60	98.35	103.73	1.7	0.000005	0.16	3923	2309	0.04
47	14.1	20802.93	101.9	103.71	0.76	0.000428	0.86	748	989	0.31
48	15	21163.13	100.01	103.86	0.77	0.000445	0.88	727	947	0.32
49	15.1	21644.18	102.05	104.13	0.88	0.001206	1.6	401	453	0.54
50	16	22700.65	100.17	104.55	1.97	0.00014	0.93	692	350	0.21
51	17	24007.83	101.05	104.86	1.05	0.000651	1.32	488	461	0.41
52	17.1	24651.48	104.19	105.95	0.63	0.004664	2.5	257	410	1.01
53	18	25379.77	101.72	106.88	1.21	0.000365	1.09	592	485	0.31
54	18.1	25740.95	106.18	108	1	0.003953	3.13	205	206	1
55	18.2	26233.81	105.01	108.66	2.15	0.000102	0.84	764	355	0.18
56	19	26766.43	103.46	108.71	2.66	0.000021	0.44	1459	546	0.09
57	19.1	27565.78	105.46	108.17	2.06	0.002589	4.12	156	75	0.91
58	20	28262.79	103.8	109.15	3.42	0.000018	0.48	1337	388	0.08

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.2. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 838 m³/s.

21/03/2015 (Q=838 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	84.37	2.67	0.002548	4.86	173	29	0.64
2	0.2	157.53	78.37	85.62	4.99	0.00009	1.39	604	120	0.2
3	0.3	278.81	78.11	85.72	4.92	0.000015	0.57	1473	292	0.08
4	0.4	473.38	79.69	85.72	3.51	0.000022	0.55	1537	437	0.09
5	0.5	677.89	78.16	85.73	3.79	0.000011	0.41	2051	540	0.07
6	0.6	884.86	81.56	85.67	2.07	0.00031	1.43	586	283	0.32
7	0.7	1119.95	79.86	85.79	2.49	0.000011	0.31	2738	1099	0.06
8	0.8	1322.91	76.78	85.79	3.96	0.000001	0.1	8181	2063	0.02
9	0.9	1527.03	78.45	85.79	3.32	0.000001	0.1	8467	2551	0.02
10	1	1837.67	80.71	85.79	2.65	0.000006	0.24	3535	1331	0.05
11	1.1	2241.47	83.84	85.77	0.82	0.000507	0.98	852	1044	0.35
12	1.2	2901.27	84.3	86.12	1.06	0.000648	1.32	634	599	0.41
13	2	3740.73	83.01	86.24	1.89	0.000012	0.27	3138	1663	0.06
14	2.1	4221.95	90.37	92.41	0.81	0.004267	2.84	295	365	1.01
15	2.2	4585.18	94.27	95.97	1.27	0.003687	3.56	236	186	1.01
16	3	5468.79	96.92	99	0.7	0.002258	1.87	448	640	0.71
17	3.1	5887.75	94.39	99.2	2.19	0.000006	0.2	4208	1921	0.04
18	3.2	6458.19	91.73	99.2	3.45	0.000001	0.11	7292	2113	0.02
19	4	6770.35	88.54	99.2	4.41	0	0.07	11882	2677	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.2	2.08	0.000007	0.22	3827	1842	0.05
21	5	7836.68	95.81	99.2	1.25	0.000109	0.61	1382	1106	0.17
22	5.1	8330.93	97.31	99.08	0.84	0.004102	2.84	295	353	0.99
23	5.2	8768.65	97.4	100.04	1.14	0.000703	1.44	581	510	0.43
24	6	9026.83	96.59	100.2	1.41	0.000364	1.2	700	495	0.32
25	6.1	9720.88	97.11	100.43	2	0.000415	1.62	519	260	0.36
26	6.2	10079.46	98.11	100.62	1.27	0.000865	1.72	486	382	0.49
27	7	10781.57	94.92	100.91	1.94	0.000095	0.76	1105	568	0.17
28	7.1	11105.32	97.77	100.79	0.93	0.002738	2.5	335	358	0.83
29	8	11668.77	94.52	101.16	3.19	0.000013	0.39	2129	664	0.07
30	8.1	12582.86	95.58	101.18	1.85	0.000064	0.61	1385	747	0.14
31	8.2	12870.11	97.26	101.2	1.82	0.000025	0.37	2253	1238	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.21	2.14	0.000012	0.29	2875	1338	0.06
33	9.1	13884.37	99.46	101.47	0.88	0.00414	2.95	284	322	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.46	0.88	0.001421	1.73	486	554	0.59
35	10	14690.81	98.71	102.8	0.99	0.000179	0.66	1267	1284	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	102.88	1.31	0.000506	1.35	623	475	0.38
37	11	15767.75	98.91	103.15	1.33	0.000271	0.99	844	635	0.27
38	11.1	16230.53	100.74	103.27	1.46	0.000714	1.72	487	332	0.45
39	11.2	17145.81	100.91	103.76	1.8	0.000333	1.35	620	343	0.32
40	12	17606.05	98.87	103.88	2.16	0.000018	0.36	2334	1074	0.08
41	12.1	18120.08	99.87	103.89	2.05	0.000029	0.43	1935	943	0.1
42	12.2	18574.86	99.13	103.91	1.82	0.000043	0.49	1718	945	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	103.92	1.65	0.000059	0.54	1563	947	0.13
44	13	19380.00	97.92	103.95	1.62	0.000068	0.57	1470	904	0.14
45	13.1	19886.45	99.78	103.99	1.5	0.00008	0.59	1431	956	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.01	1.91	0.000006	0.18	4590	2399	0.04
47	14.1	20802.93	101.9	104	0.94	0.000274	0.8	1053	1116	0.26
48	15	21163.13	100.01	104.1	0.89	0.00035	0.86	971	1094	0.29
49	15.1	21644.18	102.05	104.32	0.92	0.001282	1.69	496	542	0.56
50	16	22700.65	100.17	104.83	1.91	0.000186	1.05	798	416	0.24
51	17	24007.83	101.05	105.19	1.23	0.000515	1.3	644	519	0.37
52	17.1	24651.48	104.19	106.1	0.67	0.004512	2.57	326	487	1
53	18	25379.77	101.72	107.07	1.39	0.000389	1.23	682	488	0.33
54	18.1	25740.95	106.18	108.2	1.16	0.003744	3.38	248	213	1
55	18.2	26233.81	105.01	108.96	2.41	0.000115	0.96	870	360	0.2
56	19	26766.43	103.46	109.02	2.95	0.000025	0.51	1628	549	0.1
57	19.1	27565.78	105.46	108.43	2.28	0.003017	4.76	176	77	1
58	20	28262.79	103.8	109.73	3.95	0.000018	0.54	1564	394	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.3. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1232 m³/s.

22/03/2015 (Q=1232 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	86	2.96	0.002936	5.59	220	29	0.65
2	0.2	157.53	78.36	87.67	6.14	0.000072	1.42	868	140	0.18
3	0.3	278.81	78.11	87.76	6.33	0.000012	0.59	2103	323	0.07
4	0.4	473.38	79.69	87.77	4.93	0.000012	0.49	2507	508	0.07
5	0.5	677.89	78.16	87.78	5.38	0.000006	0.39	3190	591	0.05
6	0.6	884.86	81.56	87.76	2.44	0.000083	0.83	1493	611	0.17
7	0.7	1119.95	79.86	87.8	3.3	0.000004	0.23	5406	1638	0.04
8	0.8	1322.91	76.78	87.8	4.68	0	0.09	13068	2790	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	87.8	4.55	0	0.09	14158	3110	0.01
10	1	1837.67	80.71	87.8	3.79	0.000002	0.19	6578	1735	0.03
11	1.1	2241.47	83.84	87.8	2.2	0.000015	0.33	3741	1698	0.07
12	1.2	2901.27	84.3	87.81	1.57	0.000087	0.63	1947	1237	0.16
13	2	3740.73	83.01	87.84	3.13	0.000004	0.21	5965	1908	0.04
14	2.1	4221.95	90.37	92.74	0.68	0.004467	2.59	475	696	1
15	2.2	4585.18	94.26	96.36	1.6	0.003363	3.97	310	193	1
16	3	5468.79	96.92	99.27	0.81	0.001961	1.93	639	787	0.68
17	3.1	5887.75	94.39	99.48	2.34	0.000009	0.26	4770	2033	0.05
18	3.2	6458.19	91.73	99.49	3.63	0.000002	0.16	7905	2175	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.49	4.6	0	0.1	12656	2734	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.49	2.13	0.000011	0.28	4388	2057	0.06
21	5	7836.68	95.81	99.48	1.39	0.000132	0.72	1717	1229	0.19
22	5.1	8330.93	97.31	99.33	1.04	0.003891	3.21	384	368	1
23	5.2	8768.65	97.4	100.37	1.34	0.000711	1.62	761	569	0.45
24	6	9026.83	96.59	100.56	1.44	0.000453	1.36	908	629	0.36
25	6.1	9720.88	97.11	100.9	1.61	0.000705	1.82	677	421	0.46
26	6.2	10079.46	98.11	101.2	1.25	0.000815	1.66	742	592	0.47
27	7	10781.57	94.92	101.48	2.09	0.000106	0.84	1467	701	0.19
28	7.1	11105.32	97.77	101.46	1.03	0.001349	1.87	659	641	0.59
29	8	11668.77	94.52	101.68	3.22	0.00002	0.49	2499	772	0.09
30	8.1	12582.86	95.58	101.71	1.68	0.000089	0.67	1845	1099	0.16
31	8.2	12870.11	97.26	101.73	1.97	0.000027	0.41	3012	1526	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.75	2.19	0.000016	0.34	3667	1673	0.07
33	9.1	13884.37	99.46	101.74	1.09	0.003877	3.31	373	341	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.75	1.11	0.001254	1.9	650	587	0.57
35	10	14690.81	98.71	103.1	1.21	0.00017	0.74	1668	1381	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	103.17	1.26	0.000722	1.57	785	620	0.45
37	11	15767.75	98.91	103.5	1.61	0.000277	1.14	1080	670	0.29
38	11.1	16230.53	100.74	103.6	1.76	0.000797	2.06	598	338	0.49
39	11.2	17145.81	100.91	104.17	2.17	0.000373	1.62	762	351	0.35
40	12	17606.05	98.87	104.34	2.55	0.000022	0.44	2832	1107	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.35	2.49	0.000032	0.52	2366	948	0.11
42	12.2	18574.86	99.13	104.36	2.26	0.000044	0.57	2151	949	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	104.38	2.09	0.000057	0.62	1998	956	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.4	2	0.000067	0.65	1899	948	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.44	1.93	0.000072	0.66	1866	965	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.47	2.2	0.000006	0.21	5751	2613	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.46	1.35	0.000163	0.78	1581	1170	0.21
48	15	21163.13	100.01	104.52	1.08	0.000248	0.83	1487	1375	0.25
49	15.1	21644.18	102.05	104.65	1.16	0.001048	1.79	690	594	0.53
50	16	22700.65	100.17	105.25	1.85	0.000269	1.24	998	539	0.29
51	17	24007.83	101.05	105.71	1.17	0.000486	1.23	1005	851	0.36
52	17.1	24651.48	104.19	106.34	0.71	0.004468	2.65	465	659	1.01
53	18	25379.77	101.72	107.36	1.68	0.000446	1.49	828	490	0.37
54	18.1	25740.95	106.18	108.55	1.44	0.003529	3.78	326	226	1.01
55	18.2	26233.81	105.01	109.47	2.83	0.000136	1.17	1056	371	0.22
56	19	26766.43	103.46	109.55	3.43	0.000032	0.64	1922	556	0.11
57	19.1	27565.78	105.44	109.13	2.83	0.002816	5.31	232	81	1
58	20	28262.79	103.8	110.73	4.82	0.000019	0.63	1965	404	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.4. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 756 m³/s.

23/03/2015 (Q=756 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	83.97	2.58	0.002494	4.7	161	29	0.64
2	0.2	157.53	78.36	85.14	4.7	0.000096	1.38	549	115	0.2
3	0.3	278.81	78.11	85.23	4.58	0.000017	0.57	1334	285	0.08
4	0.4	473.38	79.69	85.24	3.1	0.000029	0.57	1327	428	0.1
5	0.5	677.89	78.16	85.25	3.4	0.000014	0.42	1794	527	0.07
6	0.6	884.86	81.56	85.17	2.01	0.000428	1.64	460	229	0.37
7	0.7	1119.95	79.86	85.32	2.23	0.000016	0.34	2248	1007	0.07
8	0.8	1322.91	76.78	85.33	3.87	0.000001	0.1	7267	1878	0.02
9	0.9	1527.03	78.45	85.33	3.02	0.000001	0.1	7314	2421	0.02
10	1	1837.67	80.71	85.33	2.32	0.000009	0.26	2933	1264	0.05
11	1.1	2241.47	83.84	85.21	0.63	0.002667	1.91	396	624	0.76
12	1.2	2901.27	84.3	86.04	1.08	0.000588	1.28	593	549	0.39
13	2	3740.73	83.01	86.16	1.82	0.000011	0.25	3003	1651	0.06
14	2.1	4221.95	90.37	92.15	1.13	0.003841	3.36	225	199	1.01
15	2.2	4585.18	94.26	95.88	1.2	0.003703	3.43	220	184	1
16	3	5468.79	96.92	98.93	0.67	0.002366	1.86	407	608	0.73
17	3.1	5887.75	94.39	99.13	2.15	0.000005	0.19	4073	1892	0.04
18	3.2	6458.19	91.73	99.13	3.4	0.000001	0.11	7142	2097	0.02
19	4	6770.35	88.54	99.13	4.36	0	0.06	11691	2663	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.13	2.06	0.000006	0.2	3697	1798	0.05
21	5	7836.68	95.81	99.13	1.35	0.00009	0.58	1308	970	0.16
22	5.1	8330.93	97.31	99.02	0.78	0.004292	2.77	272	349	1
23	5.2	8768.65	97.4	99.96	1.08	0.000695	1.39	544	501	0.43
24	6	9026.83	96.59	100.11	1.44	0.000323	1.15	659	455	0.3
25	6.1	9720.88	97.11	100.31	2.14	0.000345	1.54	490	229	0.34
26	6.2	10079.46	98.11	100.48	1.19	0.000973	1.75	432	364	0.51
27	7	10781.57	94.92	100.77	1.95	0.000089	0.74	1027	525	0.17
28	7.1	11105.32	97.77	100.59	0.89	0.003634	2.8	270	302	0.94
29	8	11668.77	94.52	101.05	3.13	0.000012	0.37	2055	654	0.07
30	8.1	12582.86	95.58	101.06	1.94	0.000056	0.58	1302	672	0.13
31	8.2	12870.11	97.26	101.08	1.73	0.000025	0.36	2109	1220	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.1	2.07	0.000012	0.28	2719	1313	0.06
33	9.1	13884.37	99.45	101.4	0.83	0.004238	2.88	263	316	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.39	0.82	0.001468	1.68	450	548	0.59
35	10	14690.81	98.71	102.73	0.93	0.000181	0.64	1177	1261	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	102.81	1.35	0.00044	1.28	590	438	0.35
37	11	15767.75	98.91	103.05	1.32	0.000257	0.96	785	595	0.27
38	11.1	16230.53	100.74	103.17	1.37	0.000721	1.66	455	330	0.45
39	11.2	17145.81	100.91	103.66	1.71	0.000326	1.29	585	341	0.31
40	12	17606.05	98.87	103.77	2.08	0.000018	0.34	2215	1059	0.08
41	12.1	18120.08	99.87	103.78	1.94	0.000028	0.41	1830	942	0.09
42	12.2	18574.86	99.13	103.79	1.71	0.000043	0.47	1613	943	0.11
43	12.3	18962.86	98.46	103.81	1.55	0.00006	0.52	1457	941	0.13
44	13	19380.00	97.92	103.84	1.62	0.000064	0.55	1372	846	0.14
45	13.1	19886.45	99.78	103.87	1.39	0.000084	0.57	1323	950	0.15
46	14	20437.60	98.35	103.9	1.83	0.000005	0.17	4319	2354	0.04
47	14.1	20802.93	101.9	103.88	0.88	0.000318	0.82	926	1058	0.28
48	15	21163.13	100.01	104	0.84	0.000386	0.87	864	1026	0.3
49	15.1	21644.18	102.05	104.24	0.89	0.001277	1.66	456	510	0.56
50	16	22700.65	100.17	104.72	1.9	0.00017	1	756	396	0.23
51	17	24007.83	101.05	105.07	1.17	0.000544	1.3	583	493	0.38
52	17.1	24651.48	104.19	106.04	0.65	0.004611	2.55	296	453	1.01
53	18	25379.77	101.72	106.99	1.32	0.000378	1.17	646	487	0.32
54	18.1	25740.95	106.18	108.12	1.09	0.003816	3.28	230	210	1
55	18.2	26233.81	105.01	108.83	2.3	0.000111	0.92	825	358	0.19
56	19	26766.43	103.46	108.89	2.82	0.000024	0.49	1556	548	0.09
57	19.1	27565.78	105.44	108.25	2.14	0.003097	4.63	163	75	1
58	20	28262.79	103.8	109.48	3.73	0.000018	0.52	1467	391	0.08

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.5. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 665 m³/s.

24/03/2015 (Q=665 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	83.53	2.48	0.002413	4.5	148	29	0.64
2	0.2	157.53	78.35	84.6	4.37	0.000104	1.36	488	111	0.21
3	0.3	278.81	78.11	84.69	4.18	0.000019	0.56	1182	277	0.09
4	0.4	473.38	79.69	84.7	2.63	0.000041	0.61	1098	418	0.12
5	0.5	677.89	78.16	84.71	2.96	0.000018	0.44	1515	511	0.08
6	0.6	884.86	81.56	84.59	1.7	0.000773	1.98	336	198	0.48
7	0.7	1119.95	79.86	84.82	1.94	0.000023	0.38	1764	907	0.09
8	0.8	1322.91	76.78	84.82	3.72	0.000001	0.1	6366	1709	0.02
9	0.9	1527.03	78.45	84.82	2.69	0.000001	0.11	6129	2280	0.02
10	1	1837.67	80.71	84.82	1.98	0.000013	0.29	2313	1167	0.07
11	1.1	2241.47	83.84	85.04	0.51	0.005055	2.26	294	579	1.01
12	1.2	2901.27	84.3	86	1.08	0.000488	1.17	570	526	0.36
13	2	3740.73	83.01	86.1	1.77	0.00001	0.23	2903	1643	0.06
14	2.1	4221.95	90.36	92.05	1.06	0.00387	3.22	206	195	1
15	2.2	4585.18	94.25	95.78	1.11	0.003802	3.3	202	182	1
16	3	5468.79	96.92	98.86	0.63	0.00245	1.81	367	585	0.73
17	3.1	5887.75	94.39	99.05	2.1	0.000004	0.17	3929	1865	0.04
18	3.2	6458.19	91.73	99.05	3.35	0.000001	0.1	6981	2082	0.02
19	4	6770.35	88.54	99.05	4.31	0	0.06	11486	2645	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.05	2.01	0.000005	0.19	3560	1768	0.04
21	5	7836.68	95.81	99.05	1.32	0.00008	0.54	1235	934	0.15
22	5.1	8330.93	97.31	98.95	0.72	0.004412	2.67	249	345	1
23	5.2	8768.65	97.4	99.87	1.02	0.000691	1.33	500	490	0.42
24	6	9026.83	96.59	100.02	1.44	0.000287	1.08	615	426	0.29
25	6.1	9720.88	97.11	100.19	2.06	0.000315	1.43	464	226	0.32
26	6.2	10079.46	98.11	100.35	1.11	0.001036	1.72	386	348	0.52
27	7	10781.57	94.92	100.62	2	0.000077	0.7	955	476	0.16
28	7.1	11105.32	97.77	100.45	0.83	0.004298	2.9	229	275	1.01
29	8	11668.77	94.52	100.94	3.09	0.00001	0.34	1984	639	0.06
30	8.1	12582.86	95.58	100.95	2.13	0.000043	0.54	1232	577	0.12
31	8.2	12870.11	97.26	100.97	1.63	0.000024	0.34	1969	1204	0.08
32	9	13559.94	97.48	100.98	1.97	0.000011	0.26	2566	1298	0.06
33	9.1	13884.37	99.45	101.32	0.78	0.004321	2.77	240	309	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.32	0.76	0.00154	1.63	409	541	0.6
35	10	14690.81	98.71	102.65	0.89	0.00018	0.62	1075	1213	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	102.73	1.33	0.000393	1.2	556	418	0.33
37	11	15767.75	98.91	102.94	1.33	0.000231	0.92	723	540	0.25
38	11.1	16230.53	100.74	103.06	1.27	0.000743	1.6	417	328	0.45
39	11.2	17145.81	100.91	103.54	1.6	0.000318	1.22	544	339	0.31
40	12	17606.05	98.87	103.64	1.99	0.000016	0.32	2078	1042	0.07
41	12.1	18120.08	99.87	103.65	1.82	0.000027	0.39	1707	937	0.09
42	12.2	18574.86	99.13	103.66	1.58	0.000043	0.45	1489	942	0.11
43	12.3	18962.86	98.46	103.68	1.51	0.000058	0.5	1336	887	0.13
44	13	19380.00	97.92	103.7	1.59	0.00006	0.53	1263	791	0.13
45	13.1	19886.45	99.78	103.74	1.27	0.00009	0.56	1198	942	0.16
46	14	20437.60	98.35	103.76	1.73	0.000005	0.17	4007	2318	0.04
47	14.1	20802.93	101.9	103.74	0.79	0.000395	0.85	785	997	0.3
48	15	21163.13	100.01	103.89	0.79	0.000429	0.88	754	957	0.32
49	15.1	21644.18	102.05	104.16	0.85	0.001281	1.61	414	486	0.56
50	16	22700.65	100.17	104.6	1.93	0.000147	0.94	707	365	0.22
51	17	24007.83	101.05	104.92	1.08	0.00061	1.3	511	468	0.4
52	17.1	24651.48	104.19	105.97	0.63	0.004652	2.51	265	418	1.01
53	18	25379.77	101.72	106.9	1.23	0.000367	1.1	603	486	0.32
54	18.1	25740.95	106.18	108.01	1.01	0.004017	3.19	209	207	1.01
55	18.2	26233.81	105.01	108.69	2.18	0.000104	0.86	775	355	0.19
56	19	26766.43	103.46	108.75	2.69	0.000022	0.45	1477	547	0.09
57	19.1	27565.78	105.44	108.18	2.1	0.002624	4.19	159	75	0.92
58	20	28262.79	103.8	109.2	3.47	0.000018	0.49	1357	389	0.08

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.6. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 858 m³/s.

25/03/2015 (858 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	84.46	2.69	0.002564	4.9	175	29	0.64
2	0.2	157.53	78.35	85.74	5.07	0.000088	1.38	620	121	0.2
3	0.3	278.81	78.11	85.83	5.01	0.000015	0.57	1507	294	0.08
4	0.4	473.38	79.69	85.84	3.61	0.000021	0.54	1587	439	0.09
5	0.5	677.89	78.16	85.85	3.89	0.000011	0.41	2113	542	0.07
6	0.6	884.86	81.56	85.79	2.07	0.00029	1.38	621	299	0.31
7	0.7	1119.95	79.86	85.9	2.55	0.00001	0.3	2862	1121	0.06
8	0.8	1322.91	76.78	85.9	3.99	0.000001	0.1	8413	2108	0.02
9	0.9	1527.03	78.45	85.9	3.39	0.000001	0.1	8752	2577	0.02
10	1	1837.67	80.71	85.9	2.73	0.000006	0.23	3683	1350	0.05
11	1.1	2241.47	83.84	85.88	0.9	0.000354	0.88	977	1083	0.3
12	1.2	2901.27	84.3	86.15	1.08	0.000616	1.31	656	606	0.4
13	2	3740.73	83.01	86.28	1.91	0.000012	0.27	3192	1668	0.06
14	2.1	4221.95	90.36	92.41	0.81	0.004376	2.87	299	369	1.02
15	2.2	4585.18	94.25	95.98	1.29	0.003664	3.58	240	186	1.01
16	3	5468.79	96.92	99.01	0.71	0.002267	1.89	455	645	0.72
17	3.1	5887.75	94.39	99.21	2.2	0.000006	0.2	4233	1926	0.04
18	3.2	6458.19	91.73	99.22	3.46	0.000001	0.12	7320	2116	0.02
19	4	6770.35	88.54	99.22	4.42	0	0.07	11917	2679	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.22	2.08	0.000007	0.22	3851	1850	0.05
21	5	7836.68	95.81	99.21	1.24	0.000114	0.62	1396	1126	0.18
22	5.1	8330.93	97.31	99.1	0.85	0.003974	2.84	303	354	0.98
23	5.2	8768.65	97.4	100.05	1.15	0.000709	1.46	588	512	0.43
24	6	9026.83	96.59	100.21	1.42	0.000371	1.21	707	498	0.33
25	6.1	9720.88	97.11	100.45	1.99	0.000427	1.64	524	263	0.37
26	6.2	10079.46	98.11	100.65	1.28	0.00086	1.73	496	386	0.49
27	7	10781.57	94.92	100.93	1.95	0.000097	0.77	1120	573	0.17
28	7.1	11105.32	97.77	100.83	0.93	0.00266	2.46	349	375	0.81
29	8	11668.77	94.52	101.19	3.2	0.000014	0.4	2146	668	0.07
30	8.1	12582.86	95.58	101.2	1.85	0.000066	0.61	1405	759	0.14
31	8.2	12870.11	97.26	101.23	1.84	0.000025	0.38	2285	1244	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.24	2.15	0.000013	0.3	2909	1351	0.06
33	9.1	13884.37	99.45	101.48	0.89	0.004139	2.98	288	323	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.47	0.89	0.001418	1.74	493	555	0.59
35	10	14690.81	98.71	102.81	1	0.000179	0.67	1285	1287	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	102.89	1.29	0.000528	1.36	630	488	0.38
37	11	15767.75	98.91	103.17	1.33	0.000274	1	859	645	0.28
38	11.1	16230.53	100.74	103.29	1.48	0.000712	1.74	495	332	0.45
39	11.2	17145.81	100.91	103.79	1.83	0.000335	1.37	629	344	0.32
40	12	17606.05	98.87	103.91	2.18	0.000019	0.36	2363	1078	0.08
41	12.1	18120.08	99.87	103.92	2.08	0.000029	0.44	1960	944	0.1
42	12.2	18574.86	99.13	103.93	1.84	0.000043	0.49	1744	945	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	103.95	1.67	0.000059	0.54	1588	948	0.13
44	13	19380.00	97.92	103.98	1.63	0.000069	0.57	1495	916	0.14
45	13.1	19886.45	99.78	104.01	1.52	0.000079	0.59	1456	956	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.04	1.91	0.000006	0.18	4655	2433	0.04
47	14.1	20802.93	101.9	104.02	0.97	0.000262	0.79	1083	1119	0.26
48	15	21163.13	100.01	104.13	0.9	0.000341	0.86	997	1103	0.29
49	15.1	21644.18	102.05	104.34	0.92	0.001293	1.7	506	552	0.57
50	16	22700.65	100.17	104.85	1.92	0.00019	1.06	808	420	0.24
51	17	24007.83	101.05	105.21	1.24	0.000509	1.3	659	525	0.37
52	17.1	24651.48	104.19	106.12	0.67	0.004494	2.57	333	495	1
53	18	25379.77	101.72	107.08	1.41	0.000392	1.24	691	488	0.33
54	18.1	25740.95	106.17	108.22	1.18	0.003728	3.4	252	214	1
55	18.2	26233.81	105.01	108.98	2.43	0.000117	0.98	878	360	0.2
56	19	26766.43	103.46	109.04	2.97	0.000026	0.52	1640	549	0.1
57	19.1	27565.78	105.43	108.45	2.31	0.003	4.79	179	77	1
58	20	28262.79	103.8	109.77	3.98	0.000019	0.54	1579	394	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.7. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1660 m³/s.

26/03/2015 (Q=1660 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	87.61	3.19	0.003278	6.2	268	29	0.66
2	0.2	157.53	78.34	89.73	3.53	0.000113	1.23	1349	380	0.21
3	0.3	278.81	78.11	89.8	3.01	0.000019	0.46	3646	1202	0.08
4	0.4	473.38	79.69	89.81	3	0.000016	0.42	3958	1320	0.08
5	0.5	677.89	78.16	89.81	3.57	0.000009	0.35	4808	1346	0.06
6	0.6	884.86	81.56	89.81	2.04	0.000035	0.48	3493	1710	0.11
7	0.7	1119.95	79.86	89.83	4.11	0.000002	0.18	9322	2267	0.03
8	0.8	1322.91	76.78	89.83	5.97	0	0.09	19173	3207	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	89.83	6.01	0	0.08	20794	3452	0.01
10	1	1837.67	80.71	89.83	5.26	0.000001	0.16	10321	1960	0.02
11	1.1	2241.47	83.84	89.83	3.55	0.000004	0.22	7396	2085	0.04
12	1.2	2901.27	84.3	89.83	2.47	0.000009	0.28	5929	2405	0.06
13	2	3740.73	83.01	89.83	4.57	0.000001	0.16	10104	2209	0.02
14	2.1	4221.95	90.36	92.9	0.77	0.004496	2.81	590	767	1.02
15	2.2	4585.18	94.24	96.71	1.9	0.003178	4.33	384	202	1
16	3	5468.79	96.92	99.53	0.92	0.001659	1.92	864	942	0.64
17	3.1	5887.75	94.39	99.75	2.53	0.000011	0.31	5317	2099	0.06
18	3.2	6458.19	91.73	99.76	3.82	0.000003	0.2	8491	2222	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.76	4.78	0.000001	0.12	13393	2784	0.02
20	4.1	7401.42	92.62	99.75	2.27	0.000015	0.34	4952	2180	0.07
21	5	7836.68	95.81	99.75	1.43	0.000158	0.8	2074	1444	0.21
22	5.1	8330.93	97.31	99.57	1.24	0.003686	3.5	474	382	1
23	5.2	8768.65	97.4	100.68	1.51	0.00071	1.76	946	625	0.46
24	6	9026.83	96.59	100.89	1.42	0.000534	1.46	1135	794	0.39
25	6.1	9720.88	97.11	101.31	1.41	0.000875	1.86	891	629	0.5
26	6.2	10079.46	98.11	101.62	1.49	0.00062	1.62	1024	689	0.42
27	7	10781.57	94.92	101.88	2.29	0.000116	0.94	1774	773	0.2
28	7.1	11105.32	97.77	101.89	1.22	0.000905	1.72	965	789	0.5
29	8	11668.77	94.52	102.08	3.24	0.000029	0.59	2830	871	0.1
30	8.1	12582.86	95.58	102.12	1.81	0.00009	0.71	2350	1295	0.17
31	8.2	12870.11	97.26	102.15	2.23	0.000028	0.45	3662	1640	0.1
32	9	13559.94	97.48	102.17	2.47	0.000017	0.38	4382	1772	0.08
33	9.1	13884.37	99.45	102.01	1.22	0.003736	3.5	475	388	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	103.05	1.23	0.001177	1.97	842	682	0.57
35	10	14690.81	98.71	103.41	1.35	0.000164	0.78	2126	1576	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	103.46	1.45	0.00071	1.7	975	674	0.45
37	11	15767.75	98.91	103.8	1.89	0.000289	1.3	1278	674	0.3
38	11.1	16230.53	100.74	103.87	2.01	0.000915	2.41	690	343	0.54
39	11.2	17145.81	100.91	104.54	2.48	0.000411	1.86	893	358	0.38
40	12	17606.05	98.87	104.75	2.89	0.000025	0.5	3297	1135	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.76	2.9	0.000035	0.6	2760	952	0.11
42	12.2	18574.86	99.13	104.78	2.67	0.000046	0.65	2546	953	0.13
43	12.3	18962.86	98.46	104.8	2.49	0.000057	0.69	2397	961	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.82	2.39	0.000065	0.72	2294	955	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.85	2.33	0.000069	0.73	2268	973	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.89	2.58	0.000007	0.24	6859	2654	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.87	1.72	0.000124	0.8	2081	1211	0.19
48	15	21163.13	100.01	104.93	1.38	0.000167	0.8	2069	1493	0.22
49	15.1	21644.18	102.05	104.98	1.47	0.000844	1.88	885	602	0.49
50	16	22700.65	100.17	105.57	1.99	0.000311	1.39	1191	598	0.32
51	17	24007.83	101.05	106.07	1.29	0.000427	1.22	1356	1044	0.34
52	17.1	24651.48	104.19	106.51	0.8	0.004362	2.85	583	729	1.02
53	18	25379.77	101.72	107.62	1.92	0.000508	1.74	953	493	0.4
54	18.1	25740.95	106.17	108.88	1.72	0.003295	4.12	402	233	1
55	18.2	26233.81	105.01	109.94	3.2	0.000153	1.34	1234	384	0.24
56	19	26766.43	103.46	110.05	3.88	0.000037	0.76	2197	562	0.12
57	19.1	27565.78	105.42	109.78	3.33	0.002685	5.77	287	85	1
58	20	28262.79	103.8	111.67	5.62	0.00002	0.71	2346	414	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.8. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1338 m³/s.

27/03/2015 (Q=1338 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	86.43	3.03	0.003004	5.74	233	29	0.65
2	0.2	157.53	78.34	88.19	6.37	0.000068	1.41	947	147	0.18
3	0.3	278.81	78.11	88.29	6.44	0.000012	0.59	2275	344	0.07
4	0.4	473.38	79.69	88.3	5.35	0.00001	0.48	2777	518	0.07
5	0.5	677.89	78.16	88.3	5.47	0.000006	0.38	3514	641	0.05
6	0.6	884.86	81.56	88.29	2.55	0.00006	0.72	1847	722	0.14
7	0.7	1119.95	79.86	88.32	3.49	0.000003	0.21	6310	1805	0.04
8	0.8	1322.91	76.78	88.33	4.94	0	0.09	14577	2946	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	88.33	4.93	0	0.08	15803	3198	0.01
10	1	1837.67	80.71	88.32	4.17	0.000002	0.18	7500	1799	0.03
11	1.1	2241.47	83.84	88.32	2.68	0.000009	0.29	4635	1728	0.06
12	1.2	2901.27	84.3	88.33	1.6	0.00005	0.49	2758	1724	0.12
13	2	3740.73	83.01	88.35	3.47	0.000003	0.19	6949	2002	0.03
14	2.1	4221.95	90.36	92.79	0.69	0.004553	2.64	507	732	1.01
15	2.2	4585.18	94.24	96.43	1.69	0.003305	4.07	328	195	1
16	3	5468.79	96.92	99.32	0.86	0.001895	1.96	681	794	0.68
17	3.1	5887.75	94.39	99.54	2.39	0.000009	0.27	4889	2049	0.06
18	3.2	6458.19	91.73	99.55	3.67	0.000002	0.17	8033	2189	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.55	4.64	0.000001	0.1	12818	2746	0.02
20	4.1	7401.42	92.62	99.55	2.17	0.000013	0.3	4509	2079	0.06
21	5	7836.68	95.81	99.54	1.39	0.000145	0.75	1788	1289	0.2
22	5.1	8330.93	97.31	99.39	1.09	0.003853	3.29	406	371	1.01
23	5.2	8768.65	97.4	100.45	1.39	0.000709	1.66	807	579	0.45
24	6	9026.83	96.59	100.64	1.48	0.000461	1.4	958	643	0.37
25	6.1	9720.88	97.11	100.99	1.55	0.000773	1.86	719	464	0.48
26	6.2	10079.46	98.11	101.32	1.26	0.000792	1.64	816	649	0.47
27	7	10781.57	94.92	101.59	2.07	0.000113	0.86	1553	750	0.19
28	7.1	11105.32	97.77	101.59	1.09	0.001151	1.79	745	684	0.55
29	8	11668.77	94.52	101.79	3.2	0.000023	0.52	2590	805	0.09
30	8.1	12582.86	95.58	101.82	1.64	0.000094	0.67	1985	1207	0.17
31	8.2	12870.11	97.26	101.85	2.07	0.000027	0.42	3193	1539	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.87	2.26	0.000016	0.35	3866	1704	0.07
33	9.1	13884.37	99.45	101.79	1.14	0.003854	3.38	395	347	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.82	1.15	0.001233	1.93	695	605	0.57
35	10	14690.81	98.71	103.18	1.25	0.000169	0.75	1775	1423	0.22
36	10.1	15142.55	100.14	103.25	1.27	0.000754	1.61	832	656	0.46
37	11	15767.75	98.91	103.58	1.68	0.000278	1.18	1134	671	0.29
38	11.1	16230.53	100.74	103.68	1.83	0.000824	2.15	623	339	0.51
39	11.2	17145.81	100.91	104.27	2.25	0.000383	1.68	797	353	0.36
40	12	17606.05	98.87	104.45	2.64	0.000023	0.45	2953	1114	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.46	2.6	0.000033	0.54	2469	949	0.11
42	12.2	18574.86	99.13	104.47	2.37	0.000045	0.59	2254	950	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	104.49	2.19	0.000057	0.64	2102	957	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.51	2.1	0.000066	0.67	2002	950	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.55	2.04	0.000071	0.68	1971	967	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.58	2.28	0.000007	0.22	6039	2641	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.57	1.44	0.00015	0.78	1710	1186	0.21
48	15	21163.13	100.01	104.63	1.15	0.000223	0.82	1633	1421	0.24
49	15.1	21644.18	102.05	104.73	1.24	0.000988	1.81	738	596	0.52
50	16	22700.65	100.17	105.35	1.78	0.000296	1.27	1057	591	0.3
51	17	24007.83	101.05	105.84	1.16	0.000466	1.19	1123	963	0.35
52	17.1	24651.48	104.19	106.4	0.72	0.004389	2.66	503	699	1
53	18	25379.77	101.72	107.43	1.74	0.000463	1.56	860	491	0.38
54	18.1	25740.95	106.17	108.63	1.5	0.003501	3.88	345	229	1.01
55	18.2	26233.81	105.01	109.59	2.93	0.000142	1.22	1099	374	0.23
56	19	26766.43	103.46	109.67	3.54	0.000033	0.67	1989	558	0.11
57	19.1	27565.78	105.41	109.27	2.96	0.002803	5.45	245	82	1.01
58	20	28262.79	103.8	110.96	5.01	0.00002	0.65	2054	407	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.9. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1164 m³/s.

28/03/2015 (Q=1164 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	85.72	2.92	0.002886	5.49	212	29	0.65
2	0.2	157.53	78.33	87.32	6.02	0.000073	1.41	825	135	0.18
3	0.3	278.81	78.11	87.42	6.1	0.000012	0.58	1993	318	0.07
4	0.4	473.38	79.69	87.43	4.65	0.000013	0.5	2333	501	0.07
5	0.5	677.89	78.16	87.43	5.29	0.000007	0.39	2992	564	0.05
6	0.6	884.86	81.56	87.41	2.38	0.000102	0.9	1292	543	0.19
7	0.7	1119.95	79.86	87.46	3.24	0.000005	0.24	4871	1500	0.04
8	0.8	1322.91	76.78	87.46	4.57	0	0.1	12145	2655	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	87.46	4.29	0	0.09	13108	3053	0.01
10	1	1837.67	80.71	87.46	3.64	0.000003	0.19	6000	1650	0.03
11	1.1	2241.47	83.84	87.46	1.88	0.000023	0.37	3165	1679	0.09
12	1.2	2901.27	84.3	87.47	1.99	0.000083	0.72	1610	808	0.16
13	2	3740.73	83.01	87.51	2.95	0.000004	0.22	5340	1809	0.04
14	2.1	4221.95	90.36	92.71	0.68	0.00452	2.59	450	666	1.01
15	2.2	4585.18	94.23	96.27	1.55	0.003413	3.91	297	192	1
16	3	5468.79	96.92	99.22	0.78	0.002053	1.92	607	779	0.69
17	3.1	5887.75	94.39	99.44	2.31	0.000008	0.25	4672	2019	0.05
18	3.2	6458.19	91.73	99.44	3.6	0.000002	0.15	7799	2164	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.44	4.57	0	0.09	12524	2723	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.44	2.1	0.000011	0.27	4288	2038	0.06
21	5	7836.68	95.81	99.44	1.37	0.00013	0.7	1655	1205	0.19
22	5.1	8330.93	97.3	99.28	1.01	0.003942	3.16	369	365	1
23	5.2	8768.65	97.4	100.31	1.31	0.000711	1.6	728	555	0.45
24	6	9026.83	96.59	100.5	1.41	0.000454	1.34	869	614	0.36
25	6.1	9720.88	97.11	100.83	1.58	0.000696	1.79	651	412	0.45
26	6.2	10079.46	98.11	101.11	1.38	0.000732	1.68	694	502	0.46
27	7	10781.57	94.92	101.39	2.04	0.000106	0.83	1406	685	0.18
28	7.1	11105.32	97.77	101.36	1.01	0.001492	1.94	600	595	0.62
29	8	11668.77	94.52	101.6	3.21	0.000019	0.48	2436	756	0.08
30	8.1	12582.86	95.58	101.62	1.86	0.000077	0.66	1759	946	0.15
31	8.2	12870.11	97.26	101.65	1.9	0.000028	0.4	2879	1517	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.66	2.21	0.000015	0.33	3521	1587	0.07
33	9.1	13884.37	99.44	101.68	1.06	0.003925	3.26	358	337	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.69	1.07	0.001294	1.88	619	578	0.58
35	10	14690.81	98.71	103.05	1.18	0.000172	0.73	1591	1352	0.22
36	10.1	15142.55	100.14	103.12	1.27	0.000696	1.55	751	589	0.44
37	11	15767.75	98.91	103.45	1.55	0.000279	1.12	1041	669	0.29
38	11.1	16230.53	100.74	103.55	1.72	0.000783	2.01	580	337	0.49
39	11.2	17145.81	100.91	104.11	2.11	0.000366	1.57	740	350	0.35
40	12	17606.05	98.87	104.26	2.48	0.000021	0.42	2751	1104	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.27	2.42	0.000032	0.51	2296	947	0.1
42	12.2	18574.86	99.13	104.29	2.19	0.000044	0.56	2081	949	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	104.31	2.01	0.000057	0.6	1927	955	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.33	1.93	0.000068	0.64	1829	947	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.37	1.86	0.000073	0.65	1796	964	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.39	2.14	0.000006	0.21	5558	2599	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.38	1.28	0.000174	0.78	1494	1162	0.22
48	15	21163.13	100.01	104.45	1.04	0.000267	0.84	1392	1342	0.26
49	15.1	21644.18	102.05	104.6	1.11	0.001089	1.77	658	593	0.54
50	16	22700.65	100.17	105.19	1.84	0.000259	1.21	966	525	0.28
51	17	24007.83	101.05	105.64	1.13	0.000508	1.23	950	832	0.37
52	17.1	24651.48	104.19	106.31	0.7	0.004414	2.61	445	638	1
53	18	25379.77	101.72	107.32	1.63	0.000436	1.45	804	490	0.36
54	18.1	25740.95	106.17	108.48	1.39	0.003582	3.73	312	224	1.01
55	18.2	26233.81	105.01	109.38	2.76	0.000134	1.14	1022	369	0.22
56	19	26766.43	103.46	109.46	3.35	0.000031	0.62	1868	555	0.11
57	19.1	27565.78	105.41	108.98	2.74	0.002851	5.23	222	80	1
58	20	28262.79	103.8	110.54	4.65	0.00002	0.62	1885	402	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.10. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1408 m³/s.

29/03/2015 (Q=1408 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	86.72	3.07	0.003043	5.83	242	29	0.65
2	0.2	157.53	78.33	88.55	4.87	0.000094	1.39	1011	205	0.2
3	0.3	278.81	78.11	88.65	4.18	0.00002	0.58	2436	572	0.09
4	0.4	473.38	79.69	88.66	5.64	0.000009	0.47	2964	524	0.06
5	0.5	677.89	78.16	88.66	5.44	0.000006	0.38	3752	688	0.05
6	0.6	884.86	81.56	88.66	2.58	0.00005	0.66	2126	824	0.13
7	0.7	1119.95	79.86	88.68	3.68	0.000003	0.2	6968	1891	0.03
8	0.8	1322.91	76.78	88.68	5.21	0	0.09	15634	2998	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	88.68	5.19	0	0.08	16951	3257	0.01
10	1	1837.67	80.71	88.68	4.43	0.000002	0.17	8147	1837	0.03
11	1.1	2241.47	83.84	88.68	2.98	0.000007	0.27	5254	1760	0.05
12	1.2	2901.27	84.3	88.69	1.67	0.000034	0.41	3433	2058	0.1
13	2	3740.73	83.01	88.7	3.7	0.000002	0.18	7660	2069	0.03
14	2.1	4221.95	90.36	92.81	0.71	0.004491	2.67	527	739	1.01
15	2.2	4585.18	94.23	96.48	1.74	0.003282	4.14	340	196	1
16	3	5468.79	96.92	99.35	0.89	0.001844	1.98	710	798	0.67
17	3.1	5887.75	94.39	99.58	2.41	0.00001	0.28	4970	2059	0.06
18	3.2	6458.19	91.73	99.59	3.69	0.000002	0.17	8120	2197	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.59	4.66	0.000001	0.11	12927	2753	0.02
20	4.1	7401.42	92.62	99.59	2.19	0.000013	0.31	4591	2094	0.07
21	5	7836.68	95.81	99.58	1.39	0.000151	0.77	1839	1320	0.21
22	5.1	8330.93	97.3	99.43	1.13	0.003778	3.33	422	374	1
23	5.2	8768.65	97.39	100.5	1.42	0.000709	1.69	835	586	0.45
24	6	9026.83	96.59	100.69	1.5	0.000469	1.42	990	657	0.37
25	6.1	9720.88	97.11	101.05	1.54	0.000797	1.88	747	484	0.48
26	6.2	10079.46	98.11	101.38	1.27	0.000775	1.64	860	675	0.46
27	7	10781.57	94.92	101.66	2.08	0.000116	0.88	1604	771	0.19
28	7.1	11105.32	97.77	101.66	1.12	0.001077	1.77	796	711	0.53
29	8	11668.77	94.52	101.86	3.22	0.000024	0.53	2645	817	0.09
30	8.1	12582.86	95.58	101.89	1.7	0.000092	0.68	2069	1218	0.17
31	8.2	12870.11	97.26	101.92	2.13	0.000027	0.43	3299	1547	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.94	2.31	0.000016	0.35	3983	1719	0.07
33	9.1	13884.37	99.44	101.84	1.16	0.003771	3.4	414	356	1.01
34	9.2	14178.63	100.12	102.87	1.15	0.001245	1.94	726	629	0.58
35	10	14690.81	98.71	103.24	1.22	0.000176	0.76	1861	1529	0.22
36	10.1	15142.55	100.14	103.31	1.3	0.000734	1.61	872	669	0.45
37	11	15767.75	98.91	103.64	1.74	0.000277	1.2	1171	672	0.29
38	11.1	16230.53	100.74	103.73	1.88	0.000837	2.2	640	340	0.51
39	11.2	17145.81	100.91	104.33	2.31	0.000388	1.72	819	354	0.36
40	12	17606.05	98.87	104.51	2.7	0.000023	0.46	3031	1119	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.53	2.67	0.000033	0.56	2535	949	0.11
42	12.2	18574.86	99.13	104.54	2.44	0.000045	0.61	2321	951	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	104.56	2.26	0.000057	0.65	2169	958	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.58	2.17	0.000066	0.68	2069	951	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.62	2.1	0.000071	0.69	2039	969	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.65	2.35	0.000007	0.23	6225	2645	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.64	1.5	0.000143	0.78	1794	1194	0.2
48	15	21163.13	100.01	104.7	1.2	0.000208	0.81	1729	1439	0.24
49	15.1	21644.18	102.05	104.79	1.29	0.000954	1.83	770	598	0.51
50	16	22700.65	100.17	105.4	1.83	0.0003	1.3	1087	592	0.31
51	17	24007.83	101.05	105.89	1.19	0.000455	1.2	1173	976	0.35
52	17.1	24651.48	104.19	106.43	0.74	0.004355	2.69	523	710	1
53	18	25379.77	101.72	107.47	1.78	0.000473	1.6	881	491	0.38
54	18.1	25740.95	106.17	108.68	1.55	0.003467	3.94	357	230	1.01
55	18.2	26233.81	105.01	109.66	2.98	0.000145	1.25	1128	376	0.23
56	19	26766.43	103.46	109.76	3.62	0.000035	0.69	2034	559	0.12
57	19.1	27565.78	105.4	109.37	3.05	0.002756	5.52	255	83	1
58	20	28262.79	103.8	111.1	5.13	0.00002	0.67	2114	409	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.11. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1600 m³/s.

30/03/2015 (Q=1600 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	87.5	3.17	0.00313	6.04	265	29	0.64
2	0.2	157.53	78.32	89.51	3.65	0.000112	1.25	1275	347	0.21
3	0.3	278.81	78.11	89.59	2.85	0.000022	0.47	3394	1180	0.09
4	0.4	473.38	79.69	89.6	3.22	0.000016	0.43	3698	1146	0.08
5	0.5	677.89	78.16	89.6	3.86	0.000008	0.35	4541	1176	0.06
6	0.6	884.86	81.56	89.6	2.08	0.000039	0.51	3155	1518	0.11
7	0.7	1119.95	79.86	89.62	4.08	0.000002	0.18	8858	2169	0.03
8	0.8	1322.91	76.78	89.62	5.83	0	0.09	18504	3169	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	89.62	5.86	0	0.08	20074	3416	0.01
10	1	1837.67	80.71	89.62	5.11	0.000001	0.16	9913	1938	0.02
11	1.1	2241.47	83.84	89.62	3.55	0.000004	0.23	6973	1962	0.04
12	1.2	2901.27	84.3	89.62	2.37	0.000011	0.29	5438	2292	0.06
13	2	3740.73	83.01	89.63	4.4	0.000002	0.17	9640	2187	0.03
14	2.1	4221.95	90.36	92.88	0.75	0.00455	2.78	575	766	1.03
15	2.2	4585.18	94.22	96.65	1.87	0.003206	4.29	373	200	1
16	3	5468.79	96.92	99.48	0.92	0.001709	1.95	819	891	0.65
17	3.1	5887.75	94.39	99.71	2.5	0.000011	0.31	5225	2089	0.06
18	3.2	6458.19	91.73	99.71	3.78	0.000002	0.19	8393	2217	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.71	4.75	0.000001	0.12	13270	2775	0.02
20	4.1	7401.42	92.62	99.71	2.23	0.000015	0.33	4855	2172	0.07
21	5	7836.68	95.81	99.71	1.42	0.000159	0.8	2008	1416	0.21
22	5.1	8330.93	97.3	99.53	1.21	0.003711	3.47	461	380	1
23	5.2	8768.65	97.39	100.64	1.5	0.000708	1.74	918	612	0.45
24	6	9026.83	96.59	100.84	1.45	0.000519	1.46	1094	751	0.39
25	6.1	9720.88	97.11	101.25	1.43	0.000873	1.88	852	594	0.5
26	6.2	10079.46	98.11	101.57	1.44	0.000647	1.62	987	686	0.43
27	7	10781.57	94.92	101.83	2.24	0.000116	0.92	1735	772	0.2
28	7.1	11105.32	97.77	101.84	1.2	0.000939	1.73	925	771	0.5
29	8	11668.77	94.52	102.03	3.22	0.000028	0.57	2786	862	0.1
30	8.1	12582.86	95.58	102.07	1.79	0.00009	0.7	2284	1277	0.17
31	8.2	12870.11	97.26	102.1	2.19	0.000028	0.45	3577	1629	0.1
32	9	13559.94	97.48	102.11	2.43	0.000017	0.37	4288	1760	0.08
33	9.1	13884.37	99.44	101.96	1.21	0.003773	3.5	458	377	1.01
34	9.2	14178.63	100.11	103	1.21	0.001197	1.96	815	674	0.57
35	10	14690.81	98.71	103.37	1.31	0.000168	0.78	2061	1570	0.22
36	10.1	15142.55	100.14	103.43	1.41	0.000717	1.68	950	673	0.45
37	11	15767.75	98.91	103.76	1.85	0.000286	1.28	1253	674	0.3
38	11.1	16230.53	100.74	103.84	1.98	0.000897	2.36	678	342	0.53
39	11.2	17145.81	100.91	104.49	2.44	0.000405	1.83	876	357	0.37
40	12	17606.05	98.87	104.7	2.85	0.000024	0.49	3234	1131	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.71	2.84	0.000035	0.59	2707	951	0.11
42	12.2	18574.86	99.13	104.72	2.61	0.000046	0.64	2493	953	0.13
43	12.3	18962.86	98.46	104.74	2.44	0.000057	0.68	2343	960	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.76	2.34	0.000066	0.71	2241	954	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.8	2.28	0.00007	0.72	2214	972	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.83	2.53	0.000007	0.24	6711	2652	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.82	1.67	0.000128	0.79	2013	1208	0.2
48	15	21163.13	100.01	104.87	1.33	0.000177	0.8	1988	1492	0.22
49	15.1	21644.18	102.05	104.93	1.43	0.000866	1.86	858	601	0.5
50	16	22700.65	100.17	105.53	1.95	0.000308	1.37	1166	596	0.31
51	17	24007.83	101.05	106.03	1.26	0.000434	1.22	1313	1034	0.34
52	17.1	24651.48	104.19	106.5	0.79	0.004222	2.78	575	727	1
53	18	25379.77	101.72	107.58	1.88	0.000503	1.71	935	492	0.4
54	18.1	25740.95	106.16	108.83	1.68	0.003329	4.08	392	232	1
55	18.2	26233.81	105.01	109.87	3.14	0.000153	1.33	1206	382	0.24
56	19	26766.43	103.46	109.97	3.81	0.000037	0.74	2155	561	0.12
57	19.1	27565.78	105.39	109.65	3.26	0.002717	5.73	279	84	1.01
58	20	28262.79	103.8	111.51	5.49	0.00002	0.7	2283	412	0.1

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.12. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1846 m³/s.

31/03/2015 (Q=1846 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	88.39	3.28	0.003307	6.34	291	29	0.64
2	0.2	157.53	78.32	90.63	3.31	0.000088	1.04	1767	532	0.18
3	0.3	278.81	78.11	90.69	3.39	0.000012	0.38	4799	1407	0.07
4	0.4	473.38	79.69	90.69	3.29	0.00001	0.35	5294	1609	0.06
5	0.5	677.89	78.16	90.69	3.55	0.000007	0.3	6174	1735	0.05
6	0.6	884.86	81.56	90.69	2.21	0.000016	0.34	5407	2441	0.07
7	0.7	1119.95	79.86	90.7	4.25	0.000001	0.16	11517	2703	0.02
8	0.8	1322.91	76.78	90.7	6.62	0	0.08	22030	3326	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	90.7	6.61	0	0.08	23870	3605	0.01
10	1	1837.67	80.71	90.7	5.58	0.000001	0.15	12100	2166	0.02
11	1.1	2241.47	83.84	90.7	3.68	0.000003	0.2	9447	2566	0.03
12	1.2	2901.27	84.3	90.7	3.06	0.000005	0.23	8185	2674	0.04
13	2	3740.73	83.01	90.71	5.31	0.000001	0.15	12053	2270	0.02
14	2.1	4221.95	90.37	92.97	0.83	0.004197	2.87	643	770	1
15	2.2	4585.18	94.22	97.36	0.86	0.004026	2.86	645	752	0.99
16	3	5468.79	96.92	99.65	0.96	0.001478	1.87	989	1033	0.61
17	3.1	5887.75	94.39	99.86	2.62	0.000012	0.33	5554	2122	0.07
18	3.2	6458.19	91.73	99.87	3.91	0.000003	0.21	8742	2232	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.87	4.83	0.000001	0.13	13710	2817	0.02
20	4.1	7401.42	92.62	99.87	2.37	0.000016	0.36	5197	2188	0.07
21	5	7836.68	95.81	99.86	1.5	0.000159	0.83	2236	1489	0.22
22	5.1	8330.93	97.3	99.65	1.31	0.003672	3.63	508	387	1.01
23	5.2	8768.65	97.39	100.82	1.51	0.000724	1.77	1040	687	0.46
24	6	9026.83	96.59	101.04	1.43	0.000537	1.47	1255	875	0.39
25	6.1	9720.88	97.11	101.44	1.52	0.000822	1.9	973	639	0.49
26	6.2	10079.46	98.11	101.74	1.59	0.000604	1.67	1104	696	0.42
27	7	10781.57	94.92	102	2.41	0.000121	0.99	1869	774	0.2
28	7.1	11105.32	97.77	102.01	1.29	0.000855	1.73	1068	830	0.49
29	8	11668.77	94.52	102.21	3.06	0.000035	0.63	2953	959	0.11
30	8.1	12582.86	95.58	102.26	1.86	0.000092	0.73	2537	1361	0.17
31	8.2	12870.11	97.26	102.29	2.32	0.000029	0.47	3895	1676	0.1
32	9	13559.94	97.48	102.31	2.56	0.000018	0.4	4633	1805	0.08
33	9.1	13884.37	99.44	102.11	1.27	0.003676	3.56	518	406	1.01
34	9.2	14178.63	100.11	103.14	1.32	0.001138	2.03	911	692	0.56
35	10	14690.81	98.71	103.51	1.43	0.000161	0.81	2290	1598	0.21
36	10.1	15142.55	100.14	103.56	1.53	0.000716	1.78	1038	676	0.46
37	11	15767.75	98.91	103.9	1.99	0.000299	1.37	1349	676	0.31
38	11.1	16230.53	100.74	103.97	2.09	0.000975	2.55	723	345	0.56
39	11.2	17145.81	100.91	104.68	2.61	0.000426	1.95	945	361	0.39
40	12	17606.05	98.87	104.91	3.03	0.000026	0.53	3482	1145	0.1
41	12.1	18120.08	99.87	104.92	3.06	0.000036	0.63	2915	953	0.12
42	12.2	18574.86	99.13	104.94	2.83	0.000047	0.68	2702	954	0.13
43	12.3	18962.86	98.46	104.96	2.65	0.000057	0.72	2554	962	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.98	2.55	0.000065	0.75	2450	958	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	105.02	2.48	0.000069	0.76	2427	976	0.15
46	14	20437.60	98.35	105.05	2.74	0.000007	0.25	7298	2661	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	105.04	1.86	0.000114	0.81	2281	1223	0.19
48	15	21163.13	100.01	105.09	1.54	0.000144	0.8	2307	1494	0.21
49	15.1	21644.18	102.05	105.11	1.6	0.00078	1.91	967	606	0.48
50	16	22700.65	100.17	105.7	2.1	0.000317	1.46	1265	601	0.32
51	17	24007.83	101.05	106.2	1.36	0.000406	1.24	1490	1088	0.34
52	17.1	24651.48	104.19	106.58	0.85	0.004215	2.92	633	743	1.01
53	18	25379.77	101.72	107.72	2.01	0.000536	1.84	1001	494	0.41
54	18.1	25740.95	106.16	109	1.84	0.003234	4.26	433	235	1
55	18.2	26233.81	105.01	110.12	3.34	0.000161	1.42	1303	388	0.25
56	19	26766.43	103.47	110.23	4.05	0.00004	0.8	2303	565	0.13
57	19.1	27565.78	105.38	110.01	3.53	0.002629	5.94	311	87	1
58	20	28262.79	103.8	112.01	5.92	0.000021	0.74	2489	417	0.1

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.13. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 1347 m³/s.

01/04/2015 (Q=1347 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	86.47	3.03	0.00301	5.75	234	29	0.65
2	0.2	157.53	78.32	88.24	6.22	0.000069	1.41	956	152	0.18
3	0.3	278.81	78.11	88.34	6.02	0.000013	0.59	2292	371	0.08
4	0.4	473.38	79.69	88.34	5.39	0.00001	0.48	2801	519	0.07
5	0.5	677.89	78.16	88.35	5.47	0.000006	0.38	3543	646	0.05
6	0.6	884.86	81.56	88.34	2.56	0.000059	0.72	1881	733	0.14
7	0.7	1119.95	79.86	88.37	3.52	0.000003	0.21	6392	1815	0.04
8	0.8	1322.91	76.78	88.37	4.98	0	0.09	14710	2953	0.01
9	0.9	1527.03	78.45	88.37	4.97	0	0.08	15948	3205	0.01
10	1	1837.67	80.71	88.37	4.2	0.000002	0.18	7581	1804	0.03
11	1.1	2241.47	83.84	88.37	2.72	0.000009	0.29	4713	1730	0.06
12	1.2	2901.27	84.3	88.38	1.6	0.000048	0.47	2836	1766	0.12
13	2	3740.73	83.01	88.39	3.5	0.000003	0.19	7033	2011	0.03
14	2.1	4221.95	90.37	92.79	0.69	0.00454	2.64	510	733	1.01
15	2.2	4585.18	94.21	96.42	1.7	0.0033	4.08	330	194	1
16	3	5468.79	96.92	99.31	0.86	0.001919	1.98	681	793	0.68
17	3.1	5887.75	94.39	99.54	2.38	0.00001	0.28	4889	2049	0.06
18	3.2	6458.19	91.73	99.55	3.67	0.000002	0.17	8033	2189	0.03
19	4	6770.35	88.54	99.55	4.64	0.000001	0.11	12818	2746	0.02
20	4.1	7401.42	92.62	99.55	2.17	0.000013	0.3	4507	2079	0.06
21	5	7836.68	95.81	99.54	1.38	0.000147	0.75	1785	1287	0.2
22	5.1	8330.93	97.3	99.39	1.1	0.003847	3.3	408	371	1.01
23	5.2	8768.65	97.39	100.45	1.39	0.000711	1.66	809	580	0.45
24	6	9026.83	96.59	100.64	1.48	0.000466	1.4	959	644	0.37
25	6.1	9720.88	97.11	101	1.55	0.000778	1.87	722	466	0.48
26	6.2	10079.46	98.11	101.32	1.26	0.000791	1.64	821	651	0.47
27	7	10781.57	94.92	101.6	2.07	0.000113	0.86	1559	751	0.19
28	7.1	11105.32	97.77	101.6	1.09	0.001144	1.79	751	688	0.55
29	8	11668.77	94.52	101.8	3.2	0.000023	0.52	2596	806	0.09
30	8.1	12582.86	95.58	101.83	1.65	0.000094	0.68	1995	1208	0.17
31	8.2	12870.11	97.26	101.86	2.08	0.000027	0.42	3204	1540	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.88	2.27	0.000016	0.35	3877	1706	0.07
33	9.1	13884.37	99.43	101.79	1.14	0.003827	3.38	398	348	1.01
34	9.2	14178.63	100.11	102.82	1.15	0.00125	1.94	695	605	0.58
35	10	14690.81	98.71	103.18	1.25	0.000171	0.76	1776	1424	0.22
36	10.1	15142.55	100.14	103.25	1.27	0.000763	1.62	832	656	0.46
37	11	15767.75	98.91	103.59	1.69	0.000279	1.18	1137	672	0.29
38	11.1	16230.53	100.74	103.68	1.83	0.000828	2.16	625	339	0.51
39	11.2	17145.81	100.91	104.28	2.26	0.000383	1.68	800	353	0.36
40	12	17606.05	98.87	104.45	2.65	0.000023	0.45	2962	1114	0.09
41	12.1	18120.08	99.87	104.46	2.61	0.000033	0.54	2477	949	0.11
42	12.2	18574.86	99.13	104.48	2.38	0.000045	0.6	2262	950	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	104.5	2.2	0.000057	0.64	2110	957	0.14
44	13	19380.00	97.92	104.52	2.11	0.000066	0.67	2010	950	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.56	2.04	0.000071	0.68	1979	968	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.59	2.29	0.000007	0.22	6061	2642	0.05
47	14.1	20802.93	101.9	104.57	1.45	0.00015	0.78	1720	1187	0.21
48	15	21163.13	100.01	104.64	1.15	0.000222	0.82	1644	1423	0.24
49	15.1	21644.18	102.05	104.74	1.24	0.000985	1.81	742	596	0.52
50	16	22700.65	100.17	105.36	1.79	0.000297	1.27	1061	591	0.3
51	17	24007.83	101.05	105.85	1.16	0.000465	1.19	1129	964	0.35
52	17.1	24651.48	104.19	106.41	0.72	0.004393	2.66	506	701	1
53	18	25379.77	101.72	107.44	1.75	0.000463	1.56	863	491	0.38
54	18.1	25740.95	106.16	108.63	1.51	0.003496	3.89	346	229	1.01
55	18.2	26233.81	105.01	109.59	2.92	0.000144	1.23	1099	374	0.23
56	19	26766.43	103.47	109.68	3.55	0.000034	0.68	1990	558	0.11
57	19.1	27565.78	105.38	109.25	2.97	0.002798	5.46	246	82	1.01
58	20	28262.79	103.8	110.95	5	0.00002	0.66	2051	407	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.14. Resultados hidráulicos de la simulación en el Hec-ras con un caudal de 894 m³/s.

02/04/2015 (Q=894 m³/s)										
Item	Sección	Distancia acumulada (m)	Cota mínima (m)	Cota superficie de agua (m)	Radio Hidráulico (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Area del flujo (m2)	Ancho máximo (m)	F_r
1	0.09	0.00	78.5	84.61	2.72	0.002612	4.98	180	29	0.64
2	0.2	157.53	78.31	85.93	5.21	0.000084	1.38	647	123	0.19
3	0.3	278.81	78.11	86.02	5.14	0.000015	0.57	1563	297	0.08
4	0.4	473.38	79.69	86.03	3.76	0.00002	0.54	1671	444	0.09
5	0.5	677.89	78.16	86.04	4.06	0.00001	0.4	2216	544	0.06
6	0.6	884.86	81.56	85.99	2.09	0.000258	1.31	682	326	0.29
7	0.7	1119.95	79.86	86.08	2.65	0.000009	0.29	3072	1158	0.06
8	0.8	1322.91	76.78	86.09	4.04	0.000001	0.1	8807	2178	0.02
9	0.9	1527.03	78.45	86.09	3.52	0.000001	0.1	9230	2619	0.02
10	1	1837.67	80.71	86.09	2.85	0.000005	0.23	3934	1381	0.04
11	1.1	2241.47	83.84	86.07	1.04	0.000215	0.75	1190	1147	0.24
12	1.2	2901.27	84.3	86.25	1.15	0.000521	1.25	715	623	0.37
13	2	3740.73	83.01	86.36	1.98	0.000012	0.27	3328	1679	0.06
14	2.1	4221.95	90.37	92.49	0.79	0.004116	2.75	325	411	0.98
15	2.2	4585.18	94.21	95.98	1.32	0.00363	3.63	246	186	1.01
16	3	5468.79	96.92	99.02	0.72	0.002287	1.91	467	653	0.72
17	3.1	5887.75	94.39	99.23	2.21	0.000006	0.21	4272	1933	0.04
18	3.2	6458.19	91.73	99.24	3.47	0.000001	0.12	7362	2120	0.02
19	4	6770.35	88.54	99.24	4.43	0	0.07	11971	2683	0.01
20	4.1	7401.42	92.62	99.24	2.08	0.000008	0.23	3886	1866	0.05
21	5	7836.68	95.82	99.23	1.25	0.000119	0.63	1414	1132	0.18
22	5.1	8330.93	97.3	99.13	0.88	0.003813	2.84	315	356	0.97
23	5.2	8768.65	97.39	100.07	1.17	0.000715	1.48	603	516	0.44
24	6	9026.83	96.59	100.24	1.42	0.000388	1.24	720	507	0.33
25	6.1	9720.88	97.11	100.48	1.99	0.000448	1.67	534	268	0.38
26	6.2	10079.46	98.11	100.69	1.31	0.00085	1.74	513	392	0.49
27	7	10781.57	94.92	100.98	1.96	0.000099	0.78	1148	583	0.18
28	7.1	11105.32	97.77	100.89	0.96	0.002461	2.41	371	387	0.79
29	8	11668.77	94.52	101.23	3.21	0.000014	0.41	2176	675	0.07
30	8.1	12582.86	95.58	101.25	1.85	0.000068	0.62	1440	778	0.15
31	8.2	12870.11	97.26	101.27	1.85	0.000026	0.38	2340	1265	0.09
32	9	13559.94	97.48	101.29	2.16	0.000013	0.3	2968	1372	0.07
33	9.1	13884.37	99.43	101.48	0.91	0.004145	3.02	296	325	1.01
34	9.2	14178.63	100.11	102.49	0.91	0.001428	1.77	505	557	0.59
35	10	14690.81	98.71	102.84	1.02	0.000181	0.68	1314	1291	0.22
36	10.1	15142.55	100.14	102.92	1.28	0.000558	1.4	641	499	0.39
37	11	15767.75	98.91	103.21	1.34	0.000279	1.01	881	657	0.28
38	11.1	16230.53	100.74	103.33	1.52	0.000716	1.77	506	333	0.46
39	11.2	17145.81	100.91	103.83	1.86	0.000337	1.39	643	344	0.32
40	12	17606.05	98.87	103.95	2.2	0.000019	0.37	2410	1089	0.08
41	12.1	18120.08	99.87	103.96	2.12	0.000029	0.45	2002	944	0.1
42	12.2	18574.86	99.13	103.98	1.89	0.000043	0.5	1785	946	0.12
43	12.3	18962.86	98.46	103.99	1.71	0.000059	0.55	1630	950	0.13
44	13	19380.00	97.92	104.02	1.63	0.000071	0.58	1536	938	0.15
45	13.1	19886.45	99.78	104.06	1.56	0.000078	0.6	1499	957	0.15
46	14	20437.60	98.35	104.08	1.92	0.000006	0.19	4766	2479	0.04
47	14.1	20802.93	101.9	104.07	1.01	0.000246	0.79	1134	1124	0.25
48	15	21163.13	100.01	104.17	0.93	0.000326	0.86	1040	1119	0.28
49	15.1	21644.18	102.05	104.37	0.92	0.001309	1.71	524	571	0.57
50	16	22700.65	100.17	104.9	1.88	0.0002	1.08	829	439	0.25
51	17	24007.83	101.05	105.28	1.22	0.000512	1.29	694	565	0.37
52	17.1	24651.48	104.19	106.14	0.68	0.004515	2.6	344	506	1.01
53	18	25379.77	101.72	107.11	1.44	0.000394	1.27	707	488	0.34
54	18.1	25740.95	106.16	108.23	1.2	0.003705	3.45	259	215	1
55	18.2	26233.81	105.02	109.02	2.46	0.000122	1.01	889	361	0.2
56	19	26766.43	103.47	109.08	3	0.000027	0.54	1660	550	0.1
57	19.1	27565.78	105.38	108.46	2.37	0.002984	4.85	184	77	1
58	20	28262.79	103.8	109.81	4.02	0.00002	0.56	1596	394	0.09

Fuente: HEC-RAS 4.1

Tabla D.15. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 642 m³/s.

20/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	4.914	1.418	0.090	0.023	0.00575
2	0.2	4.314	1.418	0.007	-	-
3	0.3	4.158	1.418	0.001	-	-
4	0.4	2.506	1.418	0.002	-	-
5	0.5	2.852	1.418	0.001	-	-
6	0.6	1.609	1.418	0.023	-	-
7	0.7	1.873	1.418	0.001	-	-
8	0.8	3.673	1.418	5.6E-05	-	-
9	0.9	2.605	1.418	4E-05	-	-
10	1	1.918	1.418	0.0004	-	-
11	1.1	0.501	1.418	0.038	0.001	0.00015
12	1.2	1.089	1.418	0.008	-	-
13	2	1.743	1.418	0.00027	-	-
14	2.1	1.029	1.418	0.063	0.009	0.00217
15	2.2	1.083	1.418	0.063	0.009	0.00224
16	3	0.617	1.418	0.023	-	-
17	3.1	2.096	1.418	0.00013	-	-
18	3.2	3.341	1.418	5.1E-05	-	-
19	4	4.334	-	0	-	-
20	4.1	2.001	1.418	0.00015	-	-
21	5	1.314	1.418	0.002	-	-
22	5.1	0.706	1.418	0.048	0.003	0.00080
23	5.2	1.003	1.418	0.011	-	-
24	6	1.453	1.418	0.006	-	-
25	6.1	2.034	1.418	0.010	-	-
26	6.2	1.089	1.418	0.018	-	-
27	7	2.006	1.418	0.002	-	-
28	7.1	0.836	1.418	0.055	0.005	0.00136
29	8	3.094	1.418	0.00047	-	-
30	8.1	2.136	1.418	0.001	-	-
31	8.2	1.610	1.418	0.001	-	-
32	9	1.950	1.418	0.00033	-	-
33	9.1	0.759	1.418	0.051	0.004	0.00101
34	9.2	0.743	1.418	0.017	-	-
35	10	0.884	1.418	0.002	-	-
36	10.1	1.327	1.418	0.008	-	-
37	11	1.330	1.420	0.005	-	-
38	11.1	1.243	1.420	0.014	-	-
39	11.2	1.579	1.409	0.008	-	-
40	12	1.970	1.389	0.00048	-	-
41	12.1	1.789	1.402	0.001	-	-
42	12.2	1.548	1.424	0.001	-	-
43	12.3	1.538	1.401	0.001	-	-
44	13	1.630	1.406	0.001	-	-
45	13.1	1.237	1.408	0.002	-	-
46	14	1.699	1.429	0.00013	-	-
47	14.1	0.757	1.421	0.005	-	-
48	15	0.768	1.408	0.005	-	-
49	15.1	0.885	1.417	0.016	-	-
50	16	1.976	1.415	0.004	-	-
51	17	1.059	1.410	0.010	-	-
52	17.1	0.627	1.418	0.045	0.002	0.00055
53	18	1.219	1.418	0.007	-	-
54	18.1	0.996	1.415	0.060	0.008	0.00192
55	18.2	2.153	1.413	0.003	-	-
56	19	2.670	1.413	0.001	-	-
57	19.1	2.082	1.404	0.082	0.018	0.00445
58	20	3.444	1.402	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.16. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 838 m³/s.

21/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	5.869	1.418	0.104	0.032	0.00810
2	0.2	5.049	1.418	0.007	-	-
3	0.3	5.039	1.418	0.001	-	-
4	0.4	3.516	1.418	0.001	-	-
5	0.5	3.800	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.072	1.418	0.010	-	-
7	0.7	2.491	1.418	0.00042	-	-
8	0.8	3.966	1.418	6.1E-05	-	-
9	0.9	3.319	1.418	5.1E-05	-	-
10	1	2.655	1.418	0.00024	-	-
11	1.1	0.817	1.418	0.006	-	-
12	1.2	1.058	1.418	0.011	-	-
13	2	1.887	1.418	0.00035	-	-
14	2.1	0.810	1.418	0.053	0.005	0.00119
15	2.2	1.269	1.418	0.072	0.013	0.00324
16	3	0.700	1.418	0.024	-	-
17	3.1	2.191	1.418	0.0002	-	-
18	3.2	3.451	1.418	5.3E-05	-	-
19	4	4.439	0.000	0	-	-
20	4.1	2.078	1.418	0.00022	-	-
21	5	1.250	1.418	0.002	-	-
22	5.1	0.836	1.418	0.053	0.005	0.00118
23	5.2	1.137	1.418	0.012	-	-
24	6	1.413	1.418	0.008	-	-
25	6.1	1.996	1.418	0.013	-	-
26	6.2	1.271	1.418	0.017	-	-
27	7	1.945	1.418	0.003	-	-
28	7.1	0.936	1.418	0.039	0.001	0.00019
29	8	3.205	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.855	1.418	0.002	-	-
31	8.2	1.820	1.418	0.001	-	-
32	9	2.148	1.418	0.00039	-	-
33	9.1	0.880	1.418	0.056	0.006	0.00146
34	9.2	0.877	1.418	0.019	-	-
35	10	0.986	1.418	0.003	-	-
36	10.1	1.311	1.423	0.010	-	-
37	11	1.330	1.406	0.006	-	-
38	11.1	1.466	1.413	0.016	-	-
39	11.2	1.808	1.412	0.009	-	-
40	12	2.173	1.443	0.001	-	-
41	12.1	2.051	1.395	0.001	-	-
42	12.2	1.819	1.424	0.001	-	-
43	12.3	1.651	1.432	0.001	-	-
44	13	1.626	1.418	0.002	-	-
45	13.1	1.497	1.436	0.002	-	-
46	14	1.913	1.321	0.00018	-	-
47	14.1	0.944	1.428	0.004	-	-
48	15	0.887	1.409	0.005	-	-
49	15.1	0.916	1.420	0.018	-	-
50	16	1.919	1.412	0.005	-	-
51	17	1.241	1.402	0.010	-	-
52	17.1	0.670	1.418	0.046	0.003	0.00064
53	18	1.399	1.412	0.008	-	-
54	18.1	1.162	1.417	0.066	0.010	0.00260
55	18.2	2.417	1.406	0.004	-	-
56	19	2.964	1.394	0.001	-	-
57	19.1	2.303	1.405	0.105	0.032	0.00814
58	20	3.974	1.450	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.17. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1232 m³/s.

22/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	7.497	1.418	0.133	0.053	0.01352
2	0.2	6.223	1.418	0.007	-	-
3	0.3	6.514	1.418	0.001	-	-
4	0.4	4.940	1.418	0.001	-	-
5	0.5	5.394	1.418	0.00049	-	-
6	0.6	2.442	1.418	0.003	-	-
7	0.7	3.301	1.418	0.0002	-	-
8	0.8	4.683	0.000	0	-	-
9	0.9	4.552	0.000	0	-	-
10	1	3.791	1.418	0.00012	-	-
11	1.1	2.203	1.418	0.001	-	-
12	1.2	1.575	1.418	0.002	-	-
13	2	3.127	1.418	0.00019	-	-
14	2.1	0.683	1.418	0.046	0.003	0.00066
15	2.2	1.606	1.418	0.082	0.018	0.00468
16	3	0.813	1.418	0.024	-	-
17	3.1	2.346	1.418	0.00032	-	-
18	3.2	3.634	1.418	0.00011	-	-
19	4	4.629	0.000	0	-	-
20	4.1	2.133	1.418	0.00036	-	-
21	5	1.397	1.418	0.003	-	-
22	5.1	1.044	1.418	0.062	0.008	0.00209
23	5.2	1.338	1.418	0.015	-	-
24	6	1.444	1.418	0.010	-	-
25	6.1	1.608	1.418	0.017	-	-
26	6.2	1.255	1.418	0.016	-	-
27	7	2.092	1.418	0.003	-	-
28	7.1	1.028	1.418	0.021	-	-
29	8	3.236	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.679	1.418	0.002	-	-
31	8.2	1.974	1.418	0.001	-	-
32	9	2.192	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.095	1.418	0.065	0.009	0.00240
34	9.2	1.108	1.418	0.021	-	-
35	10	1.208	1.418	0.003	-	-
36	10.1	1.264	1.417	0.014	-	-
37	11	1.611	1.412	0.007	-	-
38	11.1	1.768	1.414	0.021	-	-
39	11.2	2.172	1.419	0.012	-	-
40	12	2.558	1.425	0.001	-	-
41	12.1	2.496	1.416	0.001	-	-
42	12.2	2.266	1.410	0.002	-	-
43	12.3	2.089	1.429	0.002	-	-
44	13	2.003	1.417	0.002	-	-
45	13.1	1.933	1.423	0.002	-	-
46	14	2.201	1.447	0.0002	-	-
47	14.1	1.351	1.418	0.003	-	-
48	15	1.081	1.419	0.004	-	-
49	15.1	1.160	1.422	0.019	-	-
50	16	1.851	1.425	0.008	-	-
51	17	1.181	1.415	0.009	-	-
52	17.1	0.706	1.419	0.049	0.003	0.00082
53	18	1.688	1.408	0.011	-	-
54	18.1	1.439	1.415	0.078	0.016	0.00402
55	18.2	2.845	1.417	0.006	-	-
56	19	3.457	1.397	0.002	-	-
57	19.1	2.865	1.402	0.122	0.044	0.01107
58	20	4.858	1.435	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.18. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 756 m³/s.

23/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	5.467	1.418	0.098	0.028	0.00716
2	0.2	4.756	1.418	0.007	-	-
3	0.3	4.677	1.418	0.001	-	-
4	0.4	3.101	1.418	0.001	-	-
5	0.5	3.406	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.008	1.418	0.013	-	-
7	0.7	2.232	1.418	0.001	-	-
8	0.8	3.869	1.418	5.9E-05	-	-
9	0.9	3.022	1.418	4.6E-05	-	-
10	1	2.320	1.418	0.00032	-	-
11	1.1	0.635	1.418	0.026	-	-
12	1.2	1.079	1.418	0.010	-	-
13	2	1.818	1.418	0.000	-	-
14	2.1	1.128	1.418	0.066	0.010	0.00260
15	2.2	1.197	1.418	0.068	0.011	0.00279
16	3	0.668	1.418	0.024	-	-
17	3.1	2.152	1.418	0.00016	-	-
18	3.2	3.405	1.418	5.2E-05	-	-
19	4	4.391	0.000	0	-	-
20	4.1	2.057	1.418	0.00019	-	-
21	5	1.348	1.418	0.002	-	-
22	5.1	0.780	1.418	0.051	0.004	0.00104
23	5.2	1.084	1.418	0.011	-	-
24	6	1.446	1.418	0.007	-	-
25	6.1	2.144	1.418	0.011	-	-
26	6.2	1.188	1.418	0.018	-	-
27	7	1.957	1.418	0.003	-	-
28	7.1	0.895	1.418	0.049	0.004	0.00090
29	8	3.143	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.938	1.418	0.002	-	-
31	8.2	1.728	1.418	0.001	-	-
32	9	2.071	1.418	0.00038	-	-
33	9.1	0.831	1.418	0.054	0.005	0.00128
34	9.2	0.821	1.418	0.018	-	-
35	10	0.933	1.411	0.003	-	-
36	10.1	1.348	1.419	0.009	-	-
37	11	1.320	1.408	0.005	-	-
38	11.1	1.378	1.415	0.015	-	-
39	11.2	1.716	1.412	0.009	-	-
40	12	2.091	1.376	0.001	-	-
41	12.1	1.943	1.408	0.001	-	-
42	12.2	1.710	1.424	0.001	-	-
43	12.3	1.548	1.425	0.001	-	-
44	13	1.621	1.411	0.002	-	-
45	13.1	1.393	1.412	0.002	-	-
46	14	1.835	1.449	0.00014	-	-
47	14.1	0.875	1.429	0.004	-	-
48	15	0.842	1.404	0.005	-	-
49	15.1	0.893	1.421	0.017	-	-
50	16	1.906	1.413	0.005	-	-
51	17	1.183	1.412	0.010	-	-
52	17.1	0.653	1.413	0.046	0.002	0.00060
53	18	1.328	1.410	0.008	-	-
54	18.1	1.095	1.417	0.064	0.009	0.00228
55	18.2	2.306	1.419	0.004	-	-
56	19	2.841	1.413	0.001	-	-
57	19.1	2.165	1.406	0.101	0.030	0.00750
58	20	3.748	1.453	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.19. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 665 m³/s.

24/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	5.027	1.418	0.092	0.024	0.00605
2	0.2	4.417	1.418	0.007	-	-
3	0.3	4.264	1.418	0.001	-	-
4	0.4	2.628	1.418	0.002	-	-
5	0.5	2.965	1.418	0.001	-	-
6	0.6	1.698	1.418	0.020	-	-
7	0.7	1.945	1.418	0.001	-	-
8	0.8	3.724	1.418	5.7E-05	-	-
9	0.9	2.688	1.418	4.1E-05	-	-
10	1	1.982	1.418	0.00039	-	-
11	1.1	0.508	1.418	0.039	0.001	0.00022
12	1.2	1.085	1.418	0.008	-	-
13	2	1.767	1.418	0.00027	-	-
14	2.1	1.056	1.418	0.063	0.009	0.00219
15	2.2	1.107	1.418	0.065	0.009	0.00239
16	3	0.627	1.418	0.024	-	-
17	3.1	2.106	1.418	0.00013	-	-
18	3.2	3.353	1.418	0.00005	-	-
19	4	4.343	0.000	0	-	-
20	4.1	2.014	1.418	0.00015	-	-
21	5	1.323	1.418	0.002	-	-
22	5.1	0.721	1.418	0.049	0.003	0.00083
23	5.2	1.019	1.418	0.011	-	-
24	6	1.446	1.418	0.006	-	-
25	6.1	2.057	1.418	0.010	-	-
26	6.2	1.109	1.418	0.018	-	-
27	7	2.006	1.418	0.002	-	-
28	7.1	0.833	1.418	0.055	0.005	0.00135
29	8	3.104	1.418	0.00047	-	-
30	8.1	2.133	1.418	0.001	-	-
31	8.2	1.635	1.418	0.001	-	-
32	9	1.976	1.418	0.00033	-	-
33	9.1	0.775	1.418	0.052	0.004	0.00107
34	9.2	0.756	1.418	0.018	-	-
35	10	0.887	1.421	0.002	-	-
36	10.1	1.330	1.421	0.008	-	-
37	11	1.338	1.411	0.005	-	-
38	11.1	1.270	1.421	0.014	-	-
39	11.2	1.607	1.412	0.008	-	-
40	12	1.995	1.439	0.0005	-	-
41	12.1	1.821	1.432	0.001	-	-
42	12.2	1.582	1.442	0.001	-	-
43	12.3	1.507	1.416	0.001	-	-
44	13	1.596	1.423	0.001	-	-
45	13.1	1.271	1.431	0.002	-	-
46	14	1.729	1.538	0.00013	-	-
47	14.1	0.787	1.425	0.005	-	-
48	15	0.788	1.410	0.005	-	-
49	15.1	0.851	1.422	0.017	-	-
50	16	1.937	1.414	0.004	-	-
51	17	1.093	1.402	0.010	-	-
52	17.1	0.633	1.415	0.045	0.002	0.00054
53	18	1.242	1.405	0.007	-	-
54	18.1	1.010	1.418	0.062	0.008	0.00211
55	18.2	2.183	1.423	0.003	-	-
56	19	2.702	1.395	0.001	-	-
57	19.1	2.115	1.403	0.084	0.019	0.00483
58	20	3.489	1.427	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.20. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 858 m³/s.

25/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	5.963	1.418	0.106	0.033	0.0083
2	0.2	5.135	1.418	0.007	-	-
3	0.3	5.124	1.418	0.001	-	-
4	0.4	3.613	1.418	0.001	-	-
5	0.5	3.901	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.074	1.418	0.009	-	-
7	0.7	2.552	1.418	0.00039	-	-
8	0.8	3.991	1.418	6.1E-05	-	-
9	0.9	3.396	1.418	5.2E-05	-	-
10	1	2.728	1.418	0.00025	-	-
11	1.1	0.902	1.418	0.005	-	-
12	1.2	1.083	1.418	0.010	-	-
13	2	1.914	1.418	0.00035	-	-
14	2.1	0.810	1.418	0.054	0.005	0.0013
15	2.2	1.289	1.418	0.072	0.013	0.0033
16	3	0.705	1.418	0.025	-	-
17	3.1	2.198	1.418	0.0002	-	-
18	3.2	3.460	1.418	5.3E-05	-	-
19	4	4.448	0.000	0	-	-
20	4.1	2.082	1.418	0.0002	-	-
21	5	1.240	1.418	0.002	-	-
22	5.1	0.854	1.418	0.052	0.004	0.0011
23	5.2	1.148	1.418	0.012	-	-
24	6	1.421	1.418	0.008	-	-
25	6.1	1.994	1.418	0.013	-	-
26	6.2	1.285	1.418	0.017	-	-
27	7	1.954	1.418	0.003	-	-
28	7.1	0.931	1.418	0.038	0.001	0.0001
29	8	3.211	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.850	1.418	0.002	-	-
31	8.2	1.838	1.418	0.001	-	-
32	9	2.153	1.418	0.00043	-	-
33	9.1	0.891	1.418	0.056	0.006	0.0015
34	9.2	0.889	1.418	0.019	-	-
35	10	0.999	1.423	0.003	-	-
36	10.1	1.292	1.414	0.010	-	-
37	11	1.331	1.415	0.006	-	-
38	11.1	1.488	1.420	0.016	-	-
39	11.2	1.830	1.420	0.009	-	-
40	12	2.193	1.373	0.001	-	-
41	12.1	2.077	1.426	0.001	-	-
42	12.2	1.845	1.404	0.001	-	-
43	12.3	1.675	1.411	0.002	-	-
44	13	1.631	1.398	0.002	-	-
45	13.1	1.523	1.424	0.002	-	-
46	14	1.914	1.321	0.00018	-	-
47	14.1	0.968	1.413	0.004	-	-
48	15	0.903	1.412	0.005	-	-
49	15.1	0.916	1.423	0.018	-	-
50	16	1.923	1.407	0.006	-	-
51	17	1.254	1.399	0.010	-	-
52	17.1	0.674	1.413	0.046	0.002	0.0006
53	18	1.416	1.404	0.008	-	-
54	18.1	1.178	1.415	0.067	0.011	0.0027
55	18.2	2.436	1.420	0.004	-	-
56	19	2.985	1.384	0.001	-	-
57	19.1	2.336	1.404	0.106	0.033	0.0083
58	20	4.007	1.380	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.21. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1660 m³/s.

26/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	9.108	1.418	0.160	0.076	0.01937
2	0.2	3.549	0.306	3.608	-	-
3	0.3	3.034	0.312	0.517	-	-
4	0.4	2.998	0.314	0.434	-	-
5	0.5	3.572	0.308	0.291	-	-
6	0.6	2.043	0.313	0.646	-	-
7	0.7	4.111	0.305	0.074	-	-
8	0.8	5.978	0	0	-	-
9	0.9	6.025	0	0	-	-
10	1	5.265	0.336	0.048	-	-
11	1.1	3.548	0.284	0.128	-	-
12	1.2	2.466	0.319	0.201	-	-
13	2	4.574	0.387	0.041	-	-
14	2.1	0.769	0.308	31.315	0.005	0.00120
15	2.2	1.903	0.309	54.620	0.024	0.00618
16	3	0.917	0.308	13.806	-	-
17	3.1	2.533	0.312	0.252	-	-
18	3.2	3.821	0.284	0.104	-	-
19	4	4.811	0.239	0.043	-	-
20	4.1	2.271	0.316	0.308	-	-
21	5	1.436	0.309	2.044	-	-
22	5.1	1.241	0.308	41.345	0.012	0.00303
23	5.2	1.514	0.310	9.698	-	-
24	6	1.428	0.307	6.859	-	-
25	6.1	1.415	0.308	11.160	-	-
26	6.2	1.487	0.308	8.356	-	-
27	7	2.296	0.310	2.403	-	-
28	7.1	1.223	0.309	9.987	-	-
29	8	3.250	0.308	0.850	-	-
30	8.1	1.814	0.312	1.474	-	-
31	8.2	2.233	0.307	0.565	-	-
32	9	2.472	0.313	0.380	-	-
33	9.1	1.225	0.309	41.229	0.012	0.00300
34	9.2	1.233	0.308	13.096	-	-
35	10	1.349	1.414	0.003	-	-
36	10.1	1.447	1.413	0.016	-	-
37	11	1.895	1.416	0.008	-	-
38	11.1	2.012	1.418	0.028	-	-
39	11.2	2.491	1.415	0.016	-	-
40	12	2.905	1.381	0.001	-	-
41	12.1	2.900	1.413	0.002	-	-
42	12.2	2.672	1.409	0.002	-	-
43	12.3	2.495	1.405	0.002	-	-
44	13	2.403	1.409	0.002	-	-
45	13.1	2.331	1.418	0.002	-	-
46	14	2.584	1.341	0.00028	-	-
47	14.1	1.718	1.422	0.003	-	-
48	15	1.386	1.410	0.004	-	-
49	15.1	1.469	1.422	0.019	-	-
50	16	1.993	1.409	0.009	-	-
51	17	1.298	1.402	0.008	-	-
52	17.1	0.800	1.421	0.053	0.005	0.00124
53	18	1.935	1.406	0.015	-	-
54	18.1	1.725	1.414	0.087	0.021	0.00528
55	18.2	3.214	1.407	0.007	-	-
56	19	3.907	1.434	0.002	-	-
57	19.1	3.375	1.397	0.137	0.055	0.01388
58	20	5.671	1.415	0.002	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.22. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1338 m³/s.

27/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	7.931	1.418	0.139	0.058	0.01482
2	0.2	6.455	1.418	0.007	-	-
3	0.3	6.623	1.418	0.001	-	-
4	0.4	5.359	1.418	0.001	-	-
5	0.5	5.480	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.558	1.418	0.002	-	-
7	0.7	3.497	1.418	0.00016	-	-
8	0.8	4.947	0.000	0	-	-
9	0.9	4.942	0.000	0	-	-
10	1	4.169	1.418	0.00013	-	-
11	1.1	2.682	1.418	0.00037	-	-
12	1.2	1.600	1.418	0.001	-	-
13	2	3.472	1.418	0.00016	-	-
14	2.1	0.692	1.418	0.048	0.003	0.00078
15	2.2	1.688	1.418	0.085	0.020	0.00513
16	3	0.858	1.418	0.025	-	-
17	3.1	2.386	1.418	0.00033	-	-
18	3.2	3.670	1.418	0.00011	-	-
19	4	4.667	1.418	7.1E-05	-	-
20	4.1	2.169	1.418	0.00043	-	-
21	5	1.387	1.418	0.003	-	-
22	5.1	1.094	1.418	0.064	0.009	0.00235
23	5.2	1.392	1.418	0.015	-	-
24	6	1.488	1.418	0.010	-	-
25	6.1	1.550	1.418	0.018	-	-
26	6.2	1.258	1.418	0.015	-	-
27	7	2.072	1.418	0.004	-	-
28	7.1	1.089	1.418	0.019	-	-
29	8	3.217	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.644	1.418	0.002	-	-
31	8.2	2.074	1.418	0.001	-	-
32	9	2.269	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.139	1.418	0.067	0.011	0.00270
34	9.2	1.148	1.418	0.022	-	-
35	10	1.247	1.418	0.003	-	-
36	10.1	1.269	1.420	0.015	-	-
37	11	1.689	1.414	0.007	-	-
38	11.1	1.835	1.417	0.023	-	-
39	11.2	2.256	1.414	0.013	-	-
40	12	2.651	1.375	0.001	-	-
41	12.1	2.602	1.405	0.001	-	-
42	12.2	2.372	1.395	0.002	-	-
43	12.3	2.196	1.426	0.002	-	-
44	13	2.108	1.425	0.002	-	-
45	13.1	2.037	1.427	0.002	-	-
46	14	2.286	1.330	0.00024	-	-
47	14.1	1.442	1.414	0.003	-	-
48	15	1.149	1.421	0.004	-	-
49	15.1	1.238	1.416	0.019	-	-
50	16	1.789	1.422	0.008	-	-
51	17	1.167	1.407	0.008	-	-
52	17.1	0.720	1.418	0.048	0.003	0.00080
53	18	1.752	1.413	0.012	-	-
54	18.1	1.505	1.416	0.080	0.017	0.00438
55	18.2	2.937	1.415	0.006	-	-
56	19	3.568	1.416	0.002	-	-
57	19.1	2.994	1.399	0.127	0.047	0.01198
58	20	5.046	1.393	0.002	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.23. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1164 m³/s.

28/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	7.217	1.418	0.129	0.050	0.01271
2	0.2	6.102	1.418	0.007	-	-
3	0.3	6.272	1.418	0.001	-	-
4	0.4	4.661	1.418	0.001	-	-
5	0.5	5.304	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.381	1.418	0.004	-	-
7	0.7	3.248	1.418	0.00025	-	-
8	0.8	4.575	0.000	0	-	-
9	0.9	4.294	0.000	0	-	-
10	1	3.638	1.418	0.00017	-	-
11	1.1	1.885	1.418	0.001	-	-
12	1.2	1.993	1.418	0.003	-	-
13	2	2.953	1.418	0.00018	-	-
14	2.1	0.676	1.418	0.047	0.003	0.00070
15	2.2	1.553	1.418	0.081	0.018	0.00448
16	3	0.779	1.418	0.025	-	-
17	3.1	2.314	1.418	0.00028	-	-
18	3.2	3.604	1.418	0.00011	-	-
19	4	4.599	0.000	0	-	-
20	4.1	2.104	1.418	0.00035	-	-
21	5	1.374	1.418	0.003	-	-
22	5.1	1.009	1.418	0.061	0.008	0.00199
23	5.2	1.313	1.418	0.014	-	-
24	6	1.414	1.418	0.010	-	-
25	6.1	1.580	1.418	0.017	-	-
26	6.2	1.382	1.418	0.015	-	-
27	7	2.051	1.418	0.003	-	-
28	7.1	1.008	1.418	0.023	-	-
29	8	3.223	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.859	1.418	0.002	-	-
31	8.2	1.897	1.418	0.001	-	-
32	9	2.218	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.060	1.418	0.064	0.009	0.00229
34	9.2	1.070	1.418	0.021	-	-
35	10	1.177	1.415	0.003	-	-
36	10.1	1.274	1.418	0.014	-	-
37	11	1.554	1.417	0.007	-	-
38	11.1	1.721	1.419	0.021	-	-
39	11.2	2.115	1.410	0.012	-	-
40	12	2.492	1.413	0.001	-	-
41	12.1	2.424	1.416	0.001	-	-
42	12.2	2.193	1.419	0.001	-	-
43	12.3	2.017	1.409	0.002	-	-
44	13	1.932	1.420	0.002	-	-
45	13.1	1.863	1.429	0.002	-	-
46	14	2.138	1.489	0.0002	-	-
47	14.1	1.286	1.419	0.003	-	-
48	15	1.037	1.426	0.004	-	-
49	15.1	1.110	1.420	0.019	-	-
50	16	1.840	1.421	0.007	-	-
51	17	1.142	1.416	0.009	-	-
52	17.1	0.698	1.415	0.047	0.003	0.00071
53	18	1.642	1.414	0.011	-	-
54	18.1	1.393	1.417	0.076	0.015	0.00382
55	18.2	2.771	1.415	0.006	-	-
56	19	3.368	1.400	0.002	-	-
57	19.1	2.776	1.401	0.120	0.042	0.01061
58	20	4.689	1.397	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.24. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1408 m³/s.

29/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	8.219	1.418	0.143	0.061	0.01559
2	0.2	4.922	1.418	0.007	-	-
3	0.3	4.256	1.418	0.001	-	-
4	0.4	5.652	1.418	0.001	-	-
5	0.5	5.455	1.418	0.0005	-	-
6	0.6	2.581	1.418	0.002	-	-
7	0.7	3.685	1.418	0.00017	-	-
8	0.8	5.215	0.000	0	-	-
9	0.9	5.204	0.000	0	-	-
10	1	4.436	1.418	0.00014	-	-
11	1.1	2.985	1.418	0.00032	-	-
12	1.2	1.669	1.418	0.001	-	-
13	2	3.703	1.418	0.00011	-	-
14	2.1	0.712	1.418	0.049	0.003	0.00084
15	2.2	1.739	1.418	0.087	0.021	0.00541
16	3	0.889	1.418	0.025	-	-
17	3.1	2.414	1.418	0.00037	-	-
18	3.2	3.696	1.418	0.00011	-	-
19	4	4.696	1.418	7.1E-05	-	-
20	4.1	2.192	1.418	0.00044	-	-
21	5	1.393	1.418	0.003	-	-
22	5.1	1.130	1.418	0.065	0.010	0.00248
23	5.2	1.426	1.418	0.015	-	-
24	6	1.508	1.418	0.011	-	-
25	6.1	1.543	1.418	0.019	-	-
26	6.2	1.275	1.418	0.015	-	-
27	7	2.082	1.418	0.004	-	-
28	7.1	1.120	1.418	0.018	-	-
29	8	3.236	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.698	1.418	0.002	-	-
31	8.2	2.132	1.418	0.001	-	-
32	9	2.317	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.165	1.418	0.067	0.011	0.00266
34	9.2	1.154	1.418	0.022	-	-
35	10	1.217	1.429	0.003	-	-
36	10.1	1.302	1.411	0.015	-	-
37	11	1.742	1.410	0.007	-	-
38	11.1	1.880	1.415	0.024	-	-
39	11.2	2.312	1.416	0.014	-	-
40	12	2.709	1.391	0.001	-	-
41	12.1	2.671	1.446	0.001	-	-
42	12.2	2.441	1.425	0.002	-	-
43	12.3	2.264	1.415	0.002	-	-
44	13	2.176	1.412	0.002	-	-
45	13.1	2.105	1.412	0.002	-	-
46	14	2.354	1.381	0.00025	-	-
47	14.1	1.502	1.407	0.003	-	-
48	15	1.202	1.405	0.004	-	-
49	15.1	1.289	1.420	0.019	-	-
50	16	1.834	1.422	0.008	-	-
51	17	1.202	1.408	0.008	-	-
52	17.1	0.737	1.416	0.049	0.003	0.00088
53	18	1.794	1.411	0.013	-	-
54	18.1	1.553	1.414	0.082	0.018	0.00463
55	18.2	2.996	1.416	0.007	-	-
56	19	3.641	1.388	0.002	-	-
57	19.1	3.087	1.401	0.129	0.049	0.01234
58	20	5.175	1.421	0.002	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.25. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1600 m³/s.

30/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	9.005	1.418	0.152	0.069	0.01752
2	0.2	3.674	1.418	0.006	-	-
3	0.3	2.876	1.418	0.001	-	-
4	0.4	3.226	1.418	0.001	-	-
5	0.5	3.861	1.418	0.00047	-	-
6	0.6	2.079	1.418	0.001	-	-
7	0.7	4.083	1.418	0.00012	-	-
8	0.8	5.839	0.000	0	-	-
9	0.9	5.876	0.000	0	-	-
10	1	5.116	1.418	7.8E-05	-	-
11	1.1	3.553	1.418	0.00022	-	-
12	1.2	2.372	1.418	0.00040	-	-
13	2	4.407	1.418	0.00013	-	-
14	2.1	0.750	1.418	0.052	0.004	0.00113
15	2.2	1.868	1.418	0.092	0.024	0.00608
16	3	0.919	1.418	0.024	-	-
17	3.1	2.501	1.418	0.00042	-	-
18	3.2	3.787	1.418	0.00012	-	-
19	4	4.782	1.418	7.3E-05	-	-
20	4.1	2.235	1.418	0.001	-	-
21	5	1.419	1.418	0.003	-	-
22	5.1	1.215	1.418	0.069	0.011	0.00288
23	5.2	1.499	1.418	0.016	-	-
24	6	1.458	1.418	0.012	-	-
25	6.1	1.434	1.418	0.019	-	-
26	6.2	1.440	1.418	0.014	-	-
27	7	2.247	1.418	0.004	-	-
28	7.1	1.200	1.418	0.017	-	-
29	8	3.231	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.789	1.418	0.002	-	-
31	8.2	2.196	1.418	0.001	-	-
32	9	2.437	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.215	1.418	0.070	0.012	0.00302
34	9.2	1.209	1.418	0.022	-	-
35	10	1.313	1.426	0.003	-	-
36	10.1	1.412	1.412	0.015	-	-
37	11	1.859	1.421	0.008	-	-
38	11.1	1.981	1.416	0.027	-	-
39	11.2	2.451	1.419	0.015	-	-
40	12	2.859	1.404	0.001	-	-
41	12.1	2.847	1.404	0.002	-	-
42	12.2	2.618	1.405	0.002	-	-
43	12.3	2.441	1.405	0.002	-	-
44	13	2.350	1.395	0.002	-	-
45	13.1	2.278	1.406	0.002	-	-
46	14	2.530	1.370	0.00027	-	-
47	14.1	1.667	1.404	0.003	-	-
48	15	1.333	1.404	0.004	-	-
49	15.1	1.427	1.413	0.019	-	-
50	16	1.956	1.415	0.009	-	-
51	17	1.270	1.415	0.008	-	-
52	17.1	0.792	1.418	0.051	0.004	0.00102
53	18	1.899	1.407	0.014	-	-
54	18.1	1.685	1.416	0.086	0.020	0.00512
55	18.2	3.157	1.417	0.007	-	-
56	19	3.838	1.403	0.002	-	-
57	19.1	3.306	1.399	0.136	0.054	0.01366
58	20	5.538	1.419	0.002	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.26. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1846 m³/s.

31/03/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	9.896	1.418	0.166	0.082	0.02075
2	0.2	3.325	1.418	0.004	-	-
3	0.3	3.412	1.418	0.001	-	-
4	0.4	3.291	1.418	0.001	-	-
5	0.5	3.559	1.418	0.000	-	-
6	0.6	2.215	1.418	0.001	-	-
7	0.7	4.261	1.418	6.5E-05	-	-
8	0.8	6.624	0.000	0	-	-
9	0.9	6.622	0.000	0	-	-
10	1	5.585	1.418	8.5E-05	-	-
11	1.1	3.681	1.418	0.00017	-	-
12	1.2	3.061	1.418	0.00023	-	-
13	2	5.310	1.418	8.1E-05	-	-
14	2.1	0.835	1.418	0.053	0.005	0.00123
15	2.2	0.857	1.418	0.053	0.005	0.00120
16	3	0.958	1.418	0.022	-	-
17	3.1	2.617	1.418	0.00048	-	-
18	3.2	3.917	1.418	0.00018	-	-
19	4	4.867	1.418	7.4E-05	-	-
20	4.1	2.376	1.418	0.001	-	-
21	5	1.501	1.418	0.004	-	-
22	5.1	1.313	1.418	0.074	0.014	0.00349
23	5.2	1.515	1.418	0.017	-	-
24	6	1.434	1.418	0.012	-	-
25	6.1	1.523	1.418	0.019	-	-
26	6.2	1.588	1.418	0.015	-	-
27	7	2.415	1.418	0.004	-	-
28	7.1	1.286	1.418	0.017	-	-
29	8	3.078	1.418	0.002	-	-
30	8.1	1.864	1.418	0.003	-	-
31	8.2	2.325	1.418	0.001	-	-
32	9	2.567	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.275	1.418	0.071	0.013	0.00321
34	9.2	1.317	1.418	0.023	-	-
35	10	1.433	1.428	0.004	-	-
36	10.1	1.535	1.418	0.017	-	-
37	11	1.996	1.417	0.009	-	-
38	11.1	2.098	1.411	0.031	-	-
39	11.2	2.615	1.409	0.017	-	-
40	12	3.040	1.398	0.001	-	-
41	12.1	3.058	1.411	0.002	-	-
42	12.2	2.830	1.400	0.002	-	-
43	12.3	2.653	1.408	0.002	-	-
44	13	2.558	1.407	0.003	-	-
45	13.1	2.486	1.412	0.003	-	-
46	14	2.743	1.343	0.00029	-	-
47	14.1	1.866	1.421	0.003	-	-
48	15	1.544	1.414	0.003	-	-
49	15.1	1.598	1.420	0.019	-	-
50	16	2.105	1.415	0.010	-	-
51	17	1.369	1.414	0.008	-	-
52	17.1	0.852	1.420	0.055	0.005	0.00138
53	18	2.028	1.402	0.016	-	-
54	18.1	1.838	1.415	0.091	0.023	0.00594
55	18.2	3.354	1.416	0.008	-	-
56	19	4.077	1.400	0.002	-	-
57	19.1	3.581	1.397	0.142	0.059	0.01494
58	20	5.975	1.378	0.002	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.27. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 1347 m³/s.

01/04/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	7.968	1.418	0.140	0.059	0.01488
2	0.2	6.299	1.418	0.007	-	-
3	0.3	6.183	1.418	0.001	-	-
4	0.4	5.395	1.418	0.001	-	-
5	0.5	5.485	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.565	1.418	0.002	-	-
7	0.7	3.522	1.418	0.00016	-	-
8	0.8	4.981	0.000	0	-	-
9	0.9	4.976	0.000	0	-	-
10	1	4.203	1.418	0.00013	-	-
11	1.1	2.724	1.418	0.00037	-	-
12	1.2	1.605	1.418	0.001	-	-
13	2	3.498	1.418	0.00016	-	-
14	2.1	0.695	1.418	0.048	0.003	0.00077
15	2.2	1.697	1.418	0.086	0.020	0.00519
16	3	0.858	1.418	0.025	-	-
17	3.1	2.386	1.418	0.00036	-	-
18	3.2	3.670	1.418	0.00011	-	-
19	4	4.667	1.418	7.1E-05	-	-
20	4.1	2.168	1.418	0.00043	-	-
21	5	1.387	1.418	0.003	-	-
22	5.1	1.099	1.418	0.065	0.009	0.00241
23	5.2	1.396	1.418	0.015	-	-
24	6	1.489	1.418	0.011	-	-
25	6.1	1.549	1.418	0.018	-	-
26	6.2	1.260	1.418	0.015	-	-
27	7	2.076	1.418	0.004	-	-
28	7.1	1.093	1.418	0.019	-	-
29	8	3.219	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.651	1.418	0.002	-	-
31	8.2	2.080	1.418	0.001	-	-
32	9	2.273	1.418	0.001	-	-
33	9.1	1.145	1.418	0.067	0.010	0.00264
34	9.2	1.149	1.418	0.022	-	-
35	10	1.248	1.425	0.003	-	-
36	10.1	1.269	1.420	0.015	-	-
37	11	1.693	1.407	0.007	-	-
38	11.1	1.840	1.418	0.023	-	-
39	11.2	2.264	1.409	0.013	-	-
40	12	2.658	1.372	0.001	-	-
41	12.1	2.610	1.401	0.001	-	-
42	12.2	2.380	1.426	0.002	-	-
43	12.3	2.204	1.421	0.002	-	-
44	13	2.116	1.420	0.002	-	-
45	13.1	2.045	1.422	0.002	-	-
46	14	2.294	1.326	0.00025	-	-
47	14.1	1.449	1.407	0.003	-	-
48	15	1.155	1.418	0.004	-	-
49	15.1	1.244	1.412	0.019	-	-
50	16	1.795	1.414	0.008	-	-
51	17	1.171	1.405	0.008	-	-
52	17.1	0.721	1.415	0.048	0.003	0.00080
53	18	1.758	1.408	0.012	-	-
54	18.1	1.511	1.417	0.081	0.018	0.00444
55	18.2	2.935	1.418	0.006	-	-
56	19	3.568	1.416	0.002	-	-
57	19.1	3.008	1.398	0.127	0.047	0.01201
58	20	5.039	1.427	0.002	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla D.28. Tasa de transporte de sedimentos con un caudal de 894 m³/s.

02/04/2015						
Item	Sección	Y_m (m)	A	B	C	g_B (m³/s.m)
1	0.09	6.109	1.418	0.109	0.035	0.00890
2	0.2	5.276	1.418	0.007	-	-
3	0.3	5.264	1.418	0.001	-	-
4	0.4	3.765	1.418	0.001	-	-
5	0.5	4.070	1.418	0.001	-	-
6	0.6	2.091	1.418	0.008	-	-
7	0.7	2.652	1.418	0.00037	-	-
8	0.8	4.044	1.418	6.2E-05	-	-
9	0.9	3.525	1.418	5.4E-05	-	-
10	1	2.849	1.418	0.00022	-	-
11	1.1	1.037	1.418	0.003	-	-
12	1.2	1.148	1.418	0.009	-	-
13	2	1.982	1.418	0.00036	-	-
14	2.1	0.793	1.418	0.050	0.004	0.00092
15	2.2	1.323	1.418	0.073	0.014	0.00345
16	3	0.716	1.418	0.025	-	-
17	3.1	2.210	1.418	0.00020	-	-
18	3.2	3.473	1.418	5.3E-05	-	-
19	4	4.461	0.000	0	-	-
20	4.1	2.083	1.418	0.00025	-	-
21	5	1.249	1.418	0.002	-	-
22	5.1	0.883	1.418	0.051	0.004	0.00105
23	5.2	1.169	1.418	0.013	-	-
24	6	1.420	1.418	0.008	-	-
25	6.1	1.991	1.418	0.014	-	-
26	6.2	1.309	1.418	0.017	-	-
27	7	1.970	1.418	0.003	-	-
28	7.1	0.959	1.418	0.036	0.0003	0.00007
29	8	3.222	1.418	0.001	-	-
30	8.1	1.850	1.418	0.002	-	-
31	8.2	1.850	1.418	0.001	-	-
32	9	2.163	1.418	0.00043	-	-
33	9.1	0.910	1.418	0.058	0.007	0.00165
34	9.2	0.907	1.418	0.020	-	-
35	10	1.018	1.416	0.003	-	-
36	10.1	1.285	1.424	0.011	-	-
37	11	1.341	1.406	0.006	-	-
38	11.1	1.520	1.420	0.017	-	-
39	11.2	1.868	1.415	0.010	-	-
40	12	2.213	1.418	0.001	-	-
41	12.1	2.120	1.445	0.001	-	-
42	12.2	1.888	1.414	0.001	-	-
43	12.3	1.716	1.416	0.002	-	-
44	13	1.637	1.400	0.002	-	-
45	13.1	1.566	1.434	0.002	-	-
46	14	1.923	1.425	0.00018	-	-
47	14.1	1.009	1.421	0.004	-	-
48	15	0.930	1.418	0.005	-	-
49	15.1	0.917	1.422	0.018	-	-
50	16	1.890	1.417	0.006	-	-
51	17	1.228	1.406	0.010	-	-
52	17.1	0.680	1.420	0.047	0.003	0.00070
53	18	1.447	1.418	0.009	-	-
54	18.1	1.206	1.420	0.068	0.011	0.00280
55	18.2	2.464	1.423	0.005	-	-
56	19	3.019	1.408	0.001	-	-
57	19.1	2.393	1.402	0.108	0.034	0.00860
58	20	4.047	1.389	0.001	-	-

Fuente: Elaboración propia.