DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE VIAJE CORRIENTE PRINCIPAL RÍO SOGAMOSO

ABRIL

2026

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 6

1. OBJETIVOS 7

1.1 GENERAL 7

1.2 ESPECÍFICOS 7

2. GENERALIDADES 8

2.1 LOCALIZACIÓN. 8

3. MARCO REFERENCIAL 9

3.1 TRANSPORTE DE SUSTANCIAS EN CORRIENTES SUPERFICIALES 9

3.1.1 El tiempo de arribo (τ). 9

3.1.2 Tiempo medio de viaje (t). 9

3.1.3 Tiempo de residencia (Tr). 9

3.1.4 Fracción dispersiva 10

3.1.5 Importancia de los tiempos de viaje en la modelación de calidad del agua. 10

3.1.6 Relación con el plan de monitoreo 10

4. METODOLOGÍA 11

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS 12

5.1 RESULTADOS POR SECCIÓN 13

5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS 15

5.2.1 Análisis de advección y dispersión por secciones 15

5.2.2 Análisis de tiempos para la formulación de un plan de monitoreo 16

6. CONCLUSIONES 22

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Datos de entrada 12
Cuadro 2. Resultados tiempos de viaje tramo No.1 aguas arriba de la represa 14
Cuadro 3. Resultados tiempos de viaje tramo No.2 aguas abajo de la represa 15
Cuadro 4. Ventana de monitoreo acumulada – tramo aguas arriba de la represa....17
Cuadro 5. Ventana de monitoreo acumulada – tramo aguas abajo de la represa 18
Cuadro 6. Determinación tiempos de viaje sección 1 24
Cuadro 7. Determinación tiempos de viaje sección 3 27
Cuadro 8. Determinación tiempos de viaje sección 4 29
Cuadro 9. Determinación tiempos de viaje sección 5 31
Cuadro 10. Determinación tiempos de viaje sección 6 33
Cuadro 11. Determinación tiempos de viaje sección 7 35
Cuadro 12. Determinación tiempos de viaje sección 8 37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Localización puntos de monitoreo y tramo a modelar 8

SECCIONES

Sección No. 1. Aguas Arriba Represa puntos 1 y 2 23
Sección No. 2. Aguas Arriba Represa puntos 2 y 3 25
Sección No. 3. Aguas Abajo de la Represa puntos 4 - 5 26
Sección No. 4. Aguas Abajo de la Represa puntos 5 - 6 28
Sección No. 5. Aguas Abajo de la Represa puntos 6 - 7 30
Sección No. 6. Aguas Abajo de la Represa puntos 7 – 8 32
Sección No. 7. Aguas Abajo de la Represa puntos 8 – 9 34
Sección No. 8. Aguas Abajo de la Represa puntos 9 – 10 36

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Tramo 1. Sección Aguas Arriba de la Represa 12
Gráfica 2. Tramo 2. Sección Aguas Abajo de la Represa 13
Gráfica 3. Tramo 1. Tiempos de viaje 14
Gráfica 4. Tramo 2. Tiempos de viaje 15
Gráfica 5. Tiempo de viaje primer arribo sección 1 antes de la represa 17
Gráfica 6. Tiempo medio de viaje sección 1 antes de la represa 18
Gráfica 7. Tiempo de viaje primer arribo después de la represa de la represa 19
Gráfica 8. Tiempo medio de viaje después de la represa 19
Gráfica 9. Tiempos individuales por tramos tiempo primer arribo - mínimo (horas) (velocidad máxima) 19
Gráfica 10. Tiempos individuales por tramos tiempo medio de viaje - mínimo (horas) (velocidad media) 20
Gráfica 11. Perfil sección 1 localización 23
Gráfica 12. Tiempo de viaje sección 1 23
Gráfica 13. Velocidades - Caudal sección 1 24
Gráfica 14. Perfil sección 2 Localización 25
Gráfica 15. Perfil sección 3 Localización 26
Gráfica 16. Tiempo de viaje sección 3 26
Gráfica 17. Velocidades - Caudal sección 3 27
Gráfica 18. Perfil sección 4 Localización 28
Gráfica 19. Tiempo de viaje sección 4 28
Gráfica 20. Velocidades - Caudal sección 4 29
Gráfica 21. Perfil sección 5 Localización 30
Gráfica 22. Tiempo de viaje sección 5 30
Gráfica 23. Velocidades - Caudal sección 5 31
Gráfica 24. Perfil sección 6 Localización 32
Gráfica 25. Tiempo de viaje sección 6 32
Gráfica 26. Velocidades - Caudal sección 6 33
Gráfica 27. Perfil sección 7 Localización 34
Gráfica 28. Tiempo de viaje sección 7 34
Gráfica 29. Velocidades - Caudal sección 7 35
Gráfica 30. Perfil sección 8 Localización 36
Gráfica 31. Tiempo de viaje sección 8 36
Gráfica 32. Velocidades - Caudal sección 8 37

INTRODUCCIÓN

El análisis de los tiempos de viaje en corrientes superficiales constituye una herramienta fundamental para la comprensión de los procesos de transporte y dispersión de sustancias en sistemas fluviales, especialmente en el contexto de estudios ambientales asociados a vertimientos y calidad del agua. Estos tiempos permiten estimar la dinámica del flujo, así como la capacidad de dilución, mezcla y autodepuración de los cuerpos hídricos.

En este sentido, el presente estudio se enfoca en la estimación de los tiempos de viaje a lo largo de la corriente principal del río Sogamoso, mediante la aplicación de criterios hidráulicos y metodológicos establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en la metodología para la definición de la longitud de influencia de vertimientos sobre corrientes de agua superficial. Esta metodología considera variables clave como el tiempo de arribo, el tiempo medio de viaje y el tiempo de residencia, las cuales describen los procesos de advección y dispersión en el flujo.

Para el desarrollo del análisis, se realizó un monitoreo en diez (10) puntos estratégicamente distribuidos a lo largo de la corriente principal del río Sogamoso, permitiendo caracterizar las condiciones hidráulicas en diferentes sectores de la corriente. Adicionalmente, con el fin de representar adecuadamente las variaciones en el régimen de flujo, el río fue dividido en dos tramos principales: el primero comprendido desde la confluencia de los ríos Chicamocha y Suárez, nacimiento del río Sogamoso hasta el embalse de Topocoro, y el segundo desde aguas abajo de dicho embalse hasta la desembocadura del río Sogamoso en el río Magdalena.

Los tiempos de viaje obtenidos no solo constituyen un insumo esencial para la evaluación de la capacidad de asimilación del río, sino que también son fundamentales para la definición del plan de monitoreo de la calidad del agua, dado que permiten establecer los puntos y frecuencias de muestreo de manera coherente con la dinámica del flujo. En este contexto, el monitoreo debe realizarse sobre la misma masa de agua a lo largo del tiempo, garantizando la representatividad de las mediciones y su adecuada interpretación.

Asimismo, en el marco de los modelos de simulación de calidad del agua, los tiempos de viaje permiten ajustar y calibrar los procesos de transporte (advección–dispersión), asegurando que la evolución espacial y temporal de los contaminantes sea representada de manera realista. De esta forma, los resultados obtenidos contribuyen tanto al entendimiento del comportamiento hidráulico del sistema como al soporte técnico para la gestión ambiental del recurso hídrico en la cuenca.

1. OBJETIVOS

1.1 GENERAL

Determinar los tiempos de viaje en la corriente principal del río Sogamoso, con el fin de caracterizar la dinámica de transporte de sustancias y generar información base para la modelación y la definición del plan de monitoreo de la calidad del agua.

1.2 ESPECÍFICOS

Calcular el tiempo de arribo a lo largo de la corriente principal del río, considerando la velocidad máxima del flujo.

Determinar el tiempo medio de viaje en los diferentes tramos del río, a partir de la velocidad media del flujo.

Estimar el tiempo de residencia, como indicador de los procesos de dispersión en la corriente.

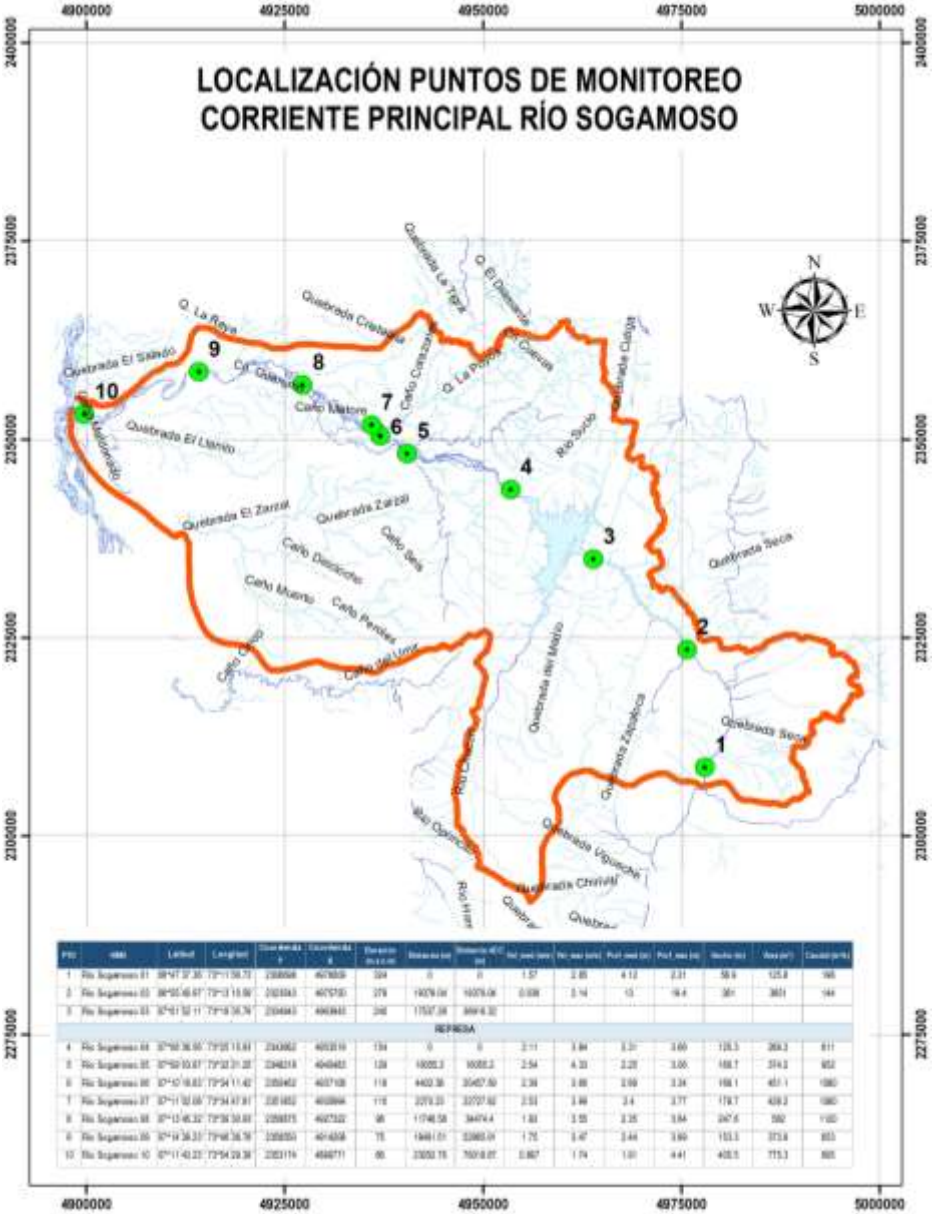
2. GENERALIDADES

La evaluación de los tiempos de viaje se realizó a lo largo de la corriente principal del río Sogamoso, a partir del análisis de información hidráulica obtenida en diez (10) puntos de monitoreo distribuidos estratégicamente.

2.1 LOCALIZACIÓN.

En la **Figura 1** se observa la localización de la subzona hidrográfica del río Sogamoso y los puntos de monitoreo establecidos a lo largo de dicha corriente.

Figura 1 Localización puntos de monitoreo y tramo a modelar



3. MARCO REFERENCIAL

Se presenta un marco de referencia, basado en la metodología de la ANLA y en la literatura clásica de calidad del agua, que aborda los fundamentos del transporte de sustancias y la estimación de los tiempos de viaje en corrientes superficiales.

3.1 TRANSPORTE DE SUSTANCIAS EN CORRIENTES SUPERFICIALES

El transporte de sustancias en ríos está determinado principalmente por los procesos de advección y dispersión, los cuales determinan la forma en que un contaminante se desplaza y se mezcla dentro de la corriente. La advección corresponde al movimiento de las sustancias con la velocidad del flujo, mientras que la dispersión incluye los efectos de mezcla longitudinal y transversal debido a variaciones de velocidad y turbulencia.

Estos procesos son fundamentales en la modelación de calidad del agua, ya que permiten describir la evolución espacial y temporal de los contaminantes en el sistema fluvial (Chapra, 1997). En el contexto de estos procesos de transporte, es posible definir parámetros hidráulicos que permiten cuantificar la dinámica de desplazamiento y mezcla de las sustancias en la corriente; entre estos, los tiempos de viaje adquieren especial relevancia, al constituir la base para la caracterización del transporte en el río y su aplicación en la modelación y el monitoreo de la calidad del agua.

3.1.1 El tiempo de arribo (τ).

Se define como el tiempo que tarda una sustancia disuelta en desplazarse a lo largo de un tramo de río únicamente por efecto de la advección. Este parámetro representa el primer momento en el que una sustancia alcanza un punto aguas abajo.

De acuerdo con la metodología de la ANLA, el tiempo de arribo puede estimarse como la relación entre la longitud del tramo y la velocidad máxima del flujo:

$$\tau = \frac{L}{V_{máx}}$$

Este enfoque permite aproximar el transporte advectivo cuando no se dispone de ensayos con trazadores. El tiempo de arribo es relevante para la definición de alertas tempranas, análisis de transporte rápido de contaminantes y planificación de monitoreos en condiciones transitorias.

3.1.2 Tiempo medio de viaje ($\bar{t}$).

Corresponde al tiempo promedio que tarda una sustancia en desplazarse a lo largo de un tramo considerando tanto la advección como los procesos de mezcla. Se calcula con la siguiente expresión:

$$\bar{t} = \frac{L}{\bar{V}}$$

donde $\bar{v}$ es la velocidad media del flujo. Este parámetro es ampliamente utilizado en estudios de calidad del agua, ya que representa el comportamiento promedio de una nube contaminante en la corriente y es esencial para la calibración de modelos de simulación.

3.1.3 Tiempo de residencia (Tr).

El tiempo de residencia (Tr) representa el tiempo adicional asociado a los procesos de almacenamiento temporal y dispersión dentro del sistema, tales como zonas muertas, remansos y variaciones geomorfológicas del cauce.

Se define como la diferencia entre el tiempo medio de viaje y el tiempo de arribo.

$$T_r = \bar{t} - \tau$$

Este parámetro permite cuantificar el efecto de la dispersión longitudinal en el transporte de contaminantes. El tiempo de residencia es especialmente importante en la modelación de procesos de degradación, ya que determina el tiempo disponible para que ocurran reacciones físicas, químicas y biológicas.

3.1.4 Fracción dispersiva

La fracción dispersiva (DF) es un parámetro adimensional que representa el grado de dispersión de una sustancia dentro de la corriente. Un valor cercano a 0 indica predominio de la advección, mientras que valores cercanos a 1 indican dispersión dominante. Se puede expresar como.

$$DF = 1 - \frac{\tau}{\bar{t}}$$

o en función de velocidades:

$$DF = 1 - \frac{\bar{V}}{v_{Máx}}$$

Este parámetro es clave en modelos de transporte, ya que permite incorporar los efectos de mezcla sin necesidad de modelaciones complejas.

3.1.5 Importancia de los tiempos de viaje en la modelación de calidad del agua.

Los tiempos de viaje constituyen un insumo fundamental en los modelos de calidad del agua, particularmente en aquellos basados en ecuaciones de advección–dispersión y cinética de primer orden, como el modelo ADZ-QUASAR.

Estos parámetros permiten.

- Definir la evolución espacial de las concentraciones
- Estimar tiempos de respuesta del sistema
- Calibrar procesos de transporte y reacción
- Determinar la longitud de influencia de vertimientos

Según la ANLA, la modelación de la capacidad de asimilación de una corriente depende directamente de la correcta estimación de estos tiempos.

3.1.6 Relación con el plan de monitoreo

Los tiempos de viaje también son fundamentales para la definición del plan de monitoreo de calidad del agua, ya que permiten asegurar que las mediciones se realicen sobre la misma masa de agua a lo largo del tiempo. Esto implica que.

- Los puntos de muestreo deben definirse considerando los tiempos de desplazamiento (monitoreo de la misma masa de agua).
- Las campañas deben sincronizarse con la dinámica del flujo
- Se debe garantizar la representatividad espacial y temporal de los datos

De esta manera, se evita la comparación de muestras que no corresponden al mismo paquete de agua, lo cual es esencial para la interpretación de resultados y la calibración de modelos.

4. METODOLOGÍA

El cálculo de los tiempos de viaje se realizó a partir de la información hidrodinámica levantada en los puntos de monitoreo ubicados sobre la corriente principal del río Sogamoso. Para el análisis, se definieron dos tramos: el primero comprendido entre los puntos 1, 2 y 3, aguas arriba de la represa TOPOCORO, y el segundo entre los puntos 4 al 10, aguas abajo de la misma hasta la desembocadura en el río Magdalena.

Como datos de entrada se emplearon la longitud entre estaciones, elevación, velocidad media, velocidad máxima, profundidad, ancho, área hidráulica y caudal. Con base en esta información, se organizan los datos por punto, los valida por segmento y desarrolla los cálculos por secciones entre estaciones consecutivas.

Para cada tramo se estimó el tiempo de arribo como la relación entre la longitud y la velocidad máxima representativa, y el tiempo medio de viaje como la relación entre la longitud y la velocidad media representativa, de acuerdo con los lineamientos de la metodología de la ANLA. A partir de estos resultados se calcularon el tiempo de residencia y la fracción dispersiva, y posteriormente se consolidaron los tiempos acumulados a lo largo de la corriente. Con el fin de representar de mejor manera la variación hidráulica dentro de cada sección, el cálculo se desarrolla por subtramos, permitiendo distribuir la longitud total del segmento y estimar progresivamente los tiempos asociados al desplazamiento del flujo.

Los resultados parciales se integran en una estructura de consolidación, en la que se incluyen el tiempo de arribo, el tiempo medio de viaje, el tiempo de residencia, la fracción dispersiva y el tiempo medio acumulado, este último como indicador de la secuencia temporal del desplazamiento del agua entre estaciones consecutivas.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados evidencian una marcada variabilidad espacial en las condiciones hidráulicas del río. En el tramo previo a la represa, el punto 2 presenta una velocidad media particularmente baja (0.039 m/s), lo que genera un incremento significativo en los tiempos medios de la Sección 1 y condiciona la imposibilidad de estimar los tiempos de viaje en la Sección 2, debido a la influencia del efecto de remanso asociado a la represa sobre el punto 3.

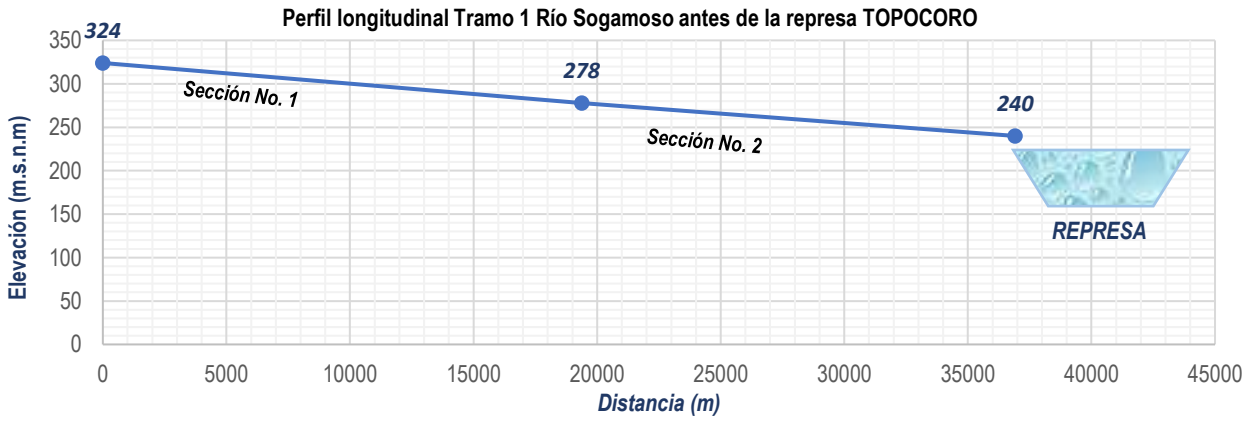
Por su parte, aguas abajo de la represa, las velocidades medias se encuentran en un rango entre 0.897 y 2.540 m/s, mientras que los caudales oscilan entre 611 y 1120 m³/s.

En el ***Cuadro 1***, se relacionan los datos asociados al levantamiento de información.

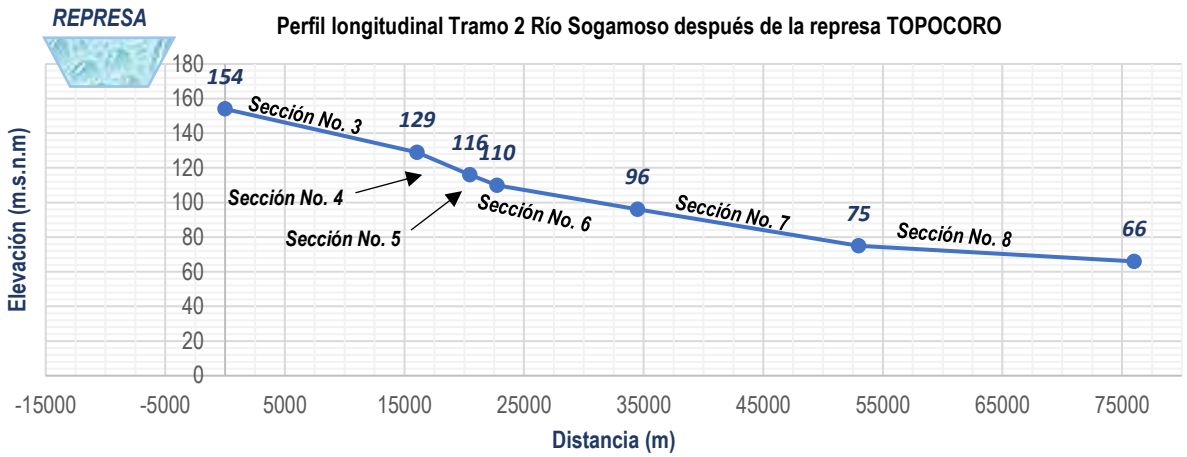
Cuadro 1. Datos de entrada

PTO	NMG	Coord (Y)	Coord (X)	Elevación (m.s.n.m)	Distancia (m)	Distancia ACC .(m)	Vel. Med. (m/s)	Vel. Máx. (m/s)	Prof. Med. (m)	Prof. Máx. (m)	Ancho (m)	Área (m²)	Caudal (m³/s)
1	Río Sogamoso 01	2308698	4978009	324	0	0	1.57	2.85	4.12	2.21	56.9	125.8	198
2	Río Sogamoso 02	2323543	4975750	278	19379.04	19379.04	0.039	2.14	13	19.4	281	3651	144
3	Río Sogamoso 03	2334943	4963943	240	17537.28	36916.32							
REPRESA													
4	Río Sogamoso 04	2343682	4953519	154	0	0	2.11	3.84	2.31	3.66	125.3	289.2	611
5	Río Sogamoso 05	2348218	4940483	129	16055.2	16055.2	2.54	4.33	2.25	3.06	166.7	374.2	952
6	Río Sogamoso 06	2350462	4937108	116	4402.38	20457.59	2.39	3.66	2.69	3.34	168.1	451.1	1080
7	Río Sogamoso 07	2351852	4935994	110	2270.23	22727.82	2.53	3.99	2.4	3.77	178.7	428.2	1080
8	Río Sogamoso 08	2356875	4927322	96	11746.58	34474.4	1.92	3.55	2.35	3.64	247.6	582	1120
9	Río Sogamoso 09	2358550	4914208	75	18491.51	52965.91	1.75	3.47	2.44	3.89	153.3	373.9	653
10	Río Sogamoso 10	2353174	4899771	66	23052.76	76018.67	0.897	1.74	1.91	4.41	405.5	775.3	695

Gráfica 1. Tramo 1. Sección Aguas Arriba de la Represa



Gráfica 2. Tramo 2. Sección Aguas Abajo de la Represa



Como se pudo observar en la **Gráfica 1** y en la **Gráfica 2** la elevación presenta una disminución progresiva a lo largo de la corriente, pasando de 324 a 240 m.s.n.m. en el tramo aguas arriba de la represa y de 154 a 66 m.s.n.m. en el tramo aguas abajo de la estructura. Este comportamiento evidencia la existencia de dos dominios hidráulicos claramente diferenciados: un tramo superior influenciado por condiciones de remanso asociadas a la represa, donde la pendiente hidráulica efectiva se reduce y el flujo tiende a presentar menores velocidades, y un tramo inferior caracterizado por una mayor pendiente y condiciones de flujo más dinámicas. Esta diferenciación tiene implicaciones directas sobre los tiempos de viaje, ya que en el tramo aguas arriba se favorece el incremento de los tiempos de tránsito y la dispersión, mientras que aguas abajo se presentan menores tiempos de viaje debido al aumento en la energía del flujo.

Por otra parte, de acuerdo con los datos relacionados en el **Cuadro 1**, la mayor anomalía hidráulica se presenta en el punto 2, el cual registra una velocidad media significativamente baja en comparación con los demás puntos evaluados, lo que sugiere condiciones de flujo lentas asociadas posiblemente a efectos de remanso o a características geomorfológicas locales del cauce. Esta condición incide directamente en el incremento de los tiempos de viaje en el tramo correspondiente, generando una respuesta no homogénea en la dinámica de transporte aguas arriba de la represa. En contraste, aguas abajo de la estructura, las velocidades medias presentan un comportamiento más uniforme, reflejando condiciones de flujo más estables y controladas por la descarga del embalse. No obstante, se observa una tendencia decreciente hacia el punto 10, lo cual podría estar asociado a una reducción progresiva de la pendiente hidráulica, a procesos de disipación de energía o a cambios en la geometría del cauce, influyendo en un aumento gradual de los tiempos de viaje hacia la desembocadura.

5.1 RESULTADOS POR SECCIÓN

En el tramo aguas arriba de la represa (puntos 1–3), se evidencia una alta variabilidad en las condiciones hidráulicas, siendo la Sección 1 (puntos 1–2) la más representativa de este comportamiento. Esta sección presenta el mayor tiempo medio de viaje (766.6 min), resultado de la combinación entre una longitud considerable (19.38 km) y una disminución súbita de la velocidad media (de 1.57 a 0.039 m/s). Esta condición

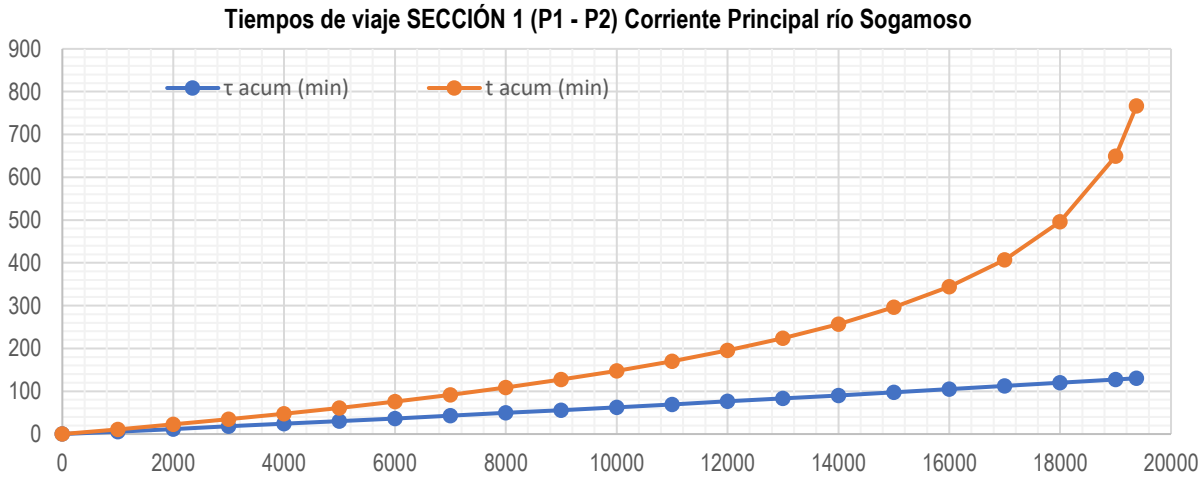
sugiere la presencia de efectos de remanso o una reducción significativa de la pendiente hidráulica, lo que genera una desaceleración del flujo y un incremento considerable en los tiempos de tránsito. Como consecuencia, este tramo concentra una proporción dominante del tiempo total de desplazamiento en el sistema. Adicionalmente, la Sección 2 no presenta resultados, debido a la ausencia de información de velocidad en el punto 3, lo cual impide la estimación de los tiempos de viaje y refuerza la influencia de condiciones hidráulicas complejas en este sector.

Cuadro 2. Resultados tiempos de viaje tramo No.1 aguas arriba de la represa

Sección	Punto arriba	Punto abajo	Longitud (m)	N subtramos	τ arribo (min)	t medio (min)	Tr (min)	DF	Estado
Sección 1	1	2	19379.04	20	130.33	766.65	636.31	0.83	Calculado
Sección 2	2	3	17537.28	18	—	—	—	—	Sin datos suficientes

Nota. Cada subtramo tiene una distancia de 1000 (m)

Gráfica 3. Tramo 1. Tiempos de viaje



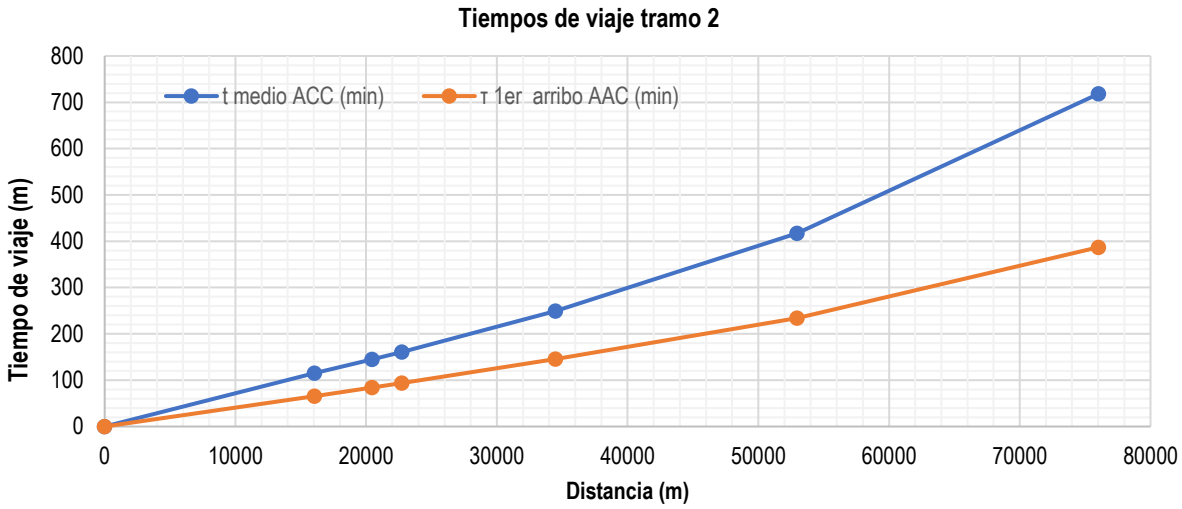
Por otra parte, en el tramo aguas abajo de la represa (puntos 4–10), se observa un comportamiento hidráulico más homogéneo y estable, caracterizado por velocidades medias relativamente altas y con menor variabilidad espacial. En este tramo, los tiempos de viaje son significativamente menores en comparación con el sector aguas arriba, evidenciando un régimen de flujo más dinámico y con mayor capacidad de transporte. La Sección 5 (puntos 6–7) presenta el menor tiempo medio de viaje (15.4 min), coherente con su corta longitud (2.27 km) y con velocidades altas y uniformes. En general, las secciones de este tramo muestran una relación más directa entre longitud y tiempo de viaje, sin anomalías significativas, aunque se observa una leve tendencia al incremento de los tiempos hacia los puntos más bajos, asociada a la disminución progresiva de la pendiente hidráulica y a procesos de disipación de energía del flujo.

Cuadro 3. Resultados tiempos de viaje tramo No.2 aguas abajo de la represa

Sección	Punto arriba	Punto abajo	Longitud (m)	τ 1er arribo (min)	t medio (min)	t medio ACC (min)	Tr (min)	DF	Estado
Sección 3	4	5	16055.20	65.58	115.41950	115.42	49.84	0.43	Calculado
Sección 4	5	6	4402.38	18.41	29.77468	145.19	11.37	0.38	Calculado
Sección 5	6	7	2270.23	9.90	15.38439	160.58	5.49	0.36	Calculado
Sección 6	7	8	11746.58	51.99	88.54281	249.12	36.55	0.41	Calculado
Sección 7	8	9	18491.51	87.81	168.07189	417.19	80.26	0.48	Calculado
Sección 8	9	10	23052.76	153.29	301.00259	718.20	147.71	0.49	Calculado

Nota. Cada subtramo tiene una distancia de 1000 (m)

Gráfica 4. Tramo 2. Tiempos de viaje



5.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

El análisis de resultados se fundamenta en la evaluación de los tiempos de viaje y las condiciones hidráulicas de la corriente, lo que permite interpretar la dinámica de transporte de sustancias en el río. En este contexto, se analizan los procesos de advección y dispersión a lo largo de los tramos evaluados, así como el tiempo de tránsito de la masa de agua entre los puntos de monitoreo.

5.2.1 Análisis de advección y dispersión por secciones

En la Sección 1 (puntos 1–2), el transporte de sustancias está fuertemente condicionado por la baja velocidad media registrada en el punto 2, lo que genera un incremento significativo en el tiempo medio de viaje. Esta condición indica una disminución del dominio advectivo y un mayor efecto relativo de los procesos de dispersión, favorecidos por posibles zonas de almacenamiento temporal y condiciones de flujo lento. En este tramo, la dispersión longitudinal adquiere mayor relevancia, lo que implica un mayor tiempo de permanencia de las sustancias y una mayor probabilidad de mezcla y transformación. En la Sección 2 (puntos 2–3) no es posible realizar un análisis cuantitativo de los procesos de advección y dispersión, debido a la ausencia de información de velocidad en el punto 3. Sin embargo, considerando la ubicación de este tramo en la zona de influencia de la represa, es probable que existan condiciones de flujo no uniforme y efectos de remanso que favorecen la disminución de la advección y el aumento de los procesos de dispersión y almacenamiento.

A partir de la Sección 3 (puntos 4–5), ya en el tramo aguas abajo de la represa, se observa un cambio significativo en el comportamiento hidráulico, con velocidades más altas y un régimen de flujo más uniforme. En este sector, el transporte está dominado principalmente por la advección, lo que se traduce en menores tiempos de viaje y una menor influencia relativa de la dispersión.

En la Sección 4 (puntos 5–6), las condiciones de flujo continúan siendo relativamente homogéneas, manteniendo un predominio del transporte advectivo. No obstante, la dispersión sigue presente como mecanismo de mezcla, aunque con menor impacto en los tiempos de tránsito en comparación con el tramo aguas arriba.

En la Sección 5 (puntos 6–7), donde se registra uno de los menores tiempos de viaje, se evidencia un régimen claramente dominado por la advección, asociado a velocidades altas y relativamente constantes. En este tramo, el transporte de sustancias es más rápido y eficiente, y los efectos de dispersión son menos significativos en términos de tiempo de residencia.

En las Secciones 6 y 7 (puntos 7–8 y 8–9), se mantiene un comportamiento similar, con predominio advectivo; sin embargo, se observa una ligera tendencia al aumento de los tiempos de viaje, lo que sugiere una mayor influencia de la dispersión, posiblemente asociada a cambios en la pendiente hidráulica o en la geometría del cauce.

Finalmente, en la Sección 8 (puntos 9–10), se evidencia un incremento más marcado en el tiempo de viaje, lo cual indica una reducción relativa de la advección y un aumento en la influencia de los procesos de dispersión. Este comportamiento puede estar relacionado con una disminución de la pendiente, zonas de menor velocidad o condiciones geomorfológicas que favorecen la disipación de energía y el almacenamiento temporal del flujo.

5.2.2 Análisis de tiempos para la formulación de un plan de monitoreo

El análisis del tiempo de viaje acumulado permite establecer los desfases temporales requeridos entre los puntos de monitoreo para garantizar el seguimiento de la misma masa de agua a lo largo de la corriente. En el tramo aguas arriba de la represa (puntos 1–3), el comportamiento está dominado por la Sección 1 (puntos 1–2), la cual presenta un tiempo medio de viaje de 766.6 minutos (≈12.8 horas) en una longitud de 19.38 km, lo que indica que el muestreo en el punto 2 debe realizarse aproximadamente 12.8 horas después del punto 1 para asegurar la trazabilidad de la masa de agua. La ausencia de información en la Sección 2 impide establecer tiempos de tránsito hacia el punto 3, limitando la continuidad del monitoreo en este tramo.

En el tramo aguas abajo de la represa (puntos 4–10), el análisis del tiempo de viaje acumulado permite establecer un esquema de monitoreo secuencial para garantizar el seguimiento de la misma masa de agua. Tomando como referencia el punto 4 como tiempo inicial (t = 0), el monitoreo en los puntos posteriores debe programarse en función de los tiempos de tránsito entre secciones. En este sentido, el punto 5 debe ser muestreado a los 115.4 minutos, el punto 6 a los 145.2 minutos, el punto 7 a los 160.6 minutos, el punto 8 a los 249.1 minutos, el punto 9 a los 417.2 minutos y el punto 10 a los 718.2 minutos (11.97 ≈12.0 horas) después del punto 4. Estos valores corresponden a la acumulación progresiva de los tiempos medios de viaje entre secciones consecutivas y evidencian un incremento gradual del tiempo de tránsito a lo largo del tramo, asociado a variaciones en la longitud, la pendiente hidráulica y las condiciones de flujo. De esta manera, el tiempo total de monitoreo del tramo aguas abajo es del orden de 718.2 minutos, lo que define la ventana temporal en la cual debe ejecutarse el muestreo para asegurar que todas las mediciones correspondan a la misma masa de agua y garantizar la coherencia hidrodinámica del análisis

5.2.3 Análisis de tiempos para la formulación de un plan de monitoreo

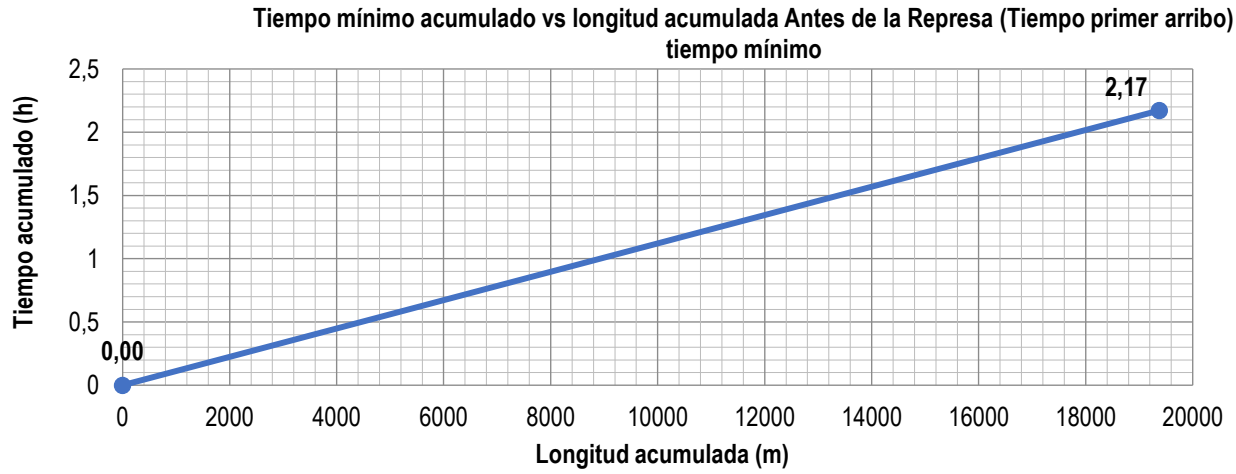
De acuerdo con la Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales, el monitoreo en corrientes lóticas debe programarse siguiendo la misma masa de agua y, para ello, se deben estimar previamente los tiempos de viaje entre estaciones. En este contexto, no resulta técnicamente adecuado emplear un único tiempo de referencia, sino una ventana temporal de seguimiento definida entre el tiempo de primer arribo (τ) y el tiempo medio de viaje (t̄). El primero establece el instante más temprano en que la masa de agua puede alcanzar un punto aguas abajo, mientras que el segundo representa el desplazamiento promedio de la masa de agua al incorporar además los efectos de dispersión.

Para el río Sogamoso, la programación del monitoreo debe analizarse de manera independiente en los dos tramos separados por la represa, dado que la estructura interrumpe la continuidad hidrodinámica del sistema. En el tramo aguas arriba (puntos 1–3), tomando como referencia el punto 1 en t0, la ventana de seguimiento para el punto 2 se ubica entre 2.17 y 12.78 horas después del muestreo inicial, con una ventana acumulada de 10.61 horas. Sin embargo, para el punto 3 no es posible definir una ventana de tránsito confiable con la información disponible, debido a la ausencia de datos de velocidad y a la influencia del remanso asociado a la represa. En consecuencia, el seguimiento de la misma masa de agua en este tramo solo puede garantizarse entre los puntos 1 y 2.

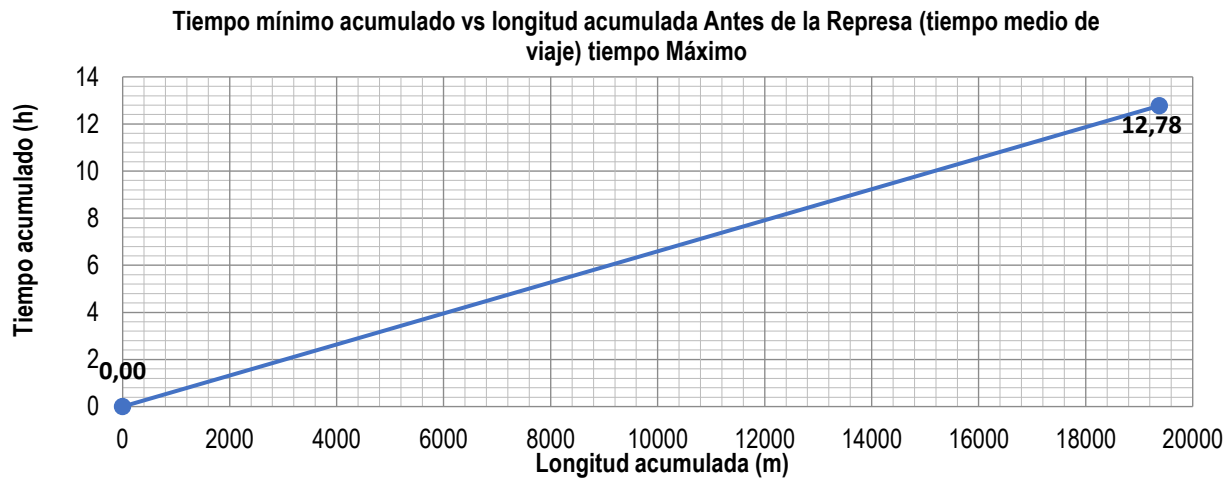
Cuadro 4. Ventana de monitoreo acumulada – tramo aguas arriba de la represa

Sección	Punto arriba	Punto abajo	Longitud (m)	τ arribo (min)	t medio (min)	t medio ACC (min)	Tr (min)	DF	Estado
Sección 1	1	2	19379.04	130.33	766.65	766.65	636.31	0.83	Calculado
Sección 2	2	3	17537.28	—	—	—	—	—	Sin datos
REPRESA									

Gráfica 5. Tiempo de viaje primer arribo sección 1 antes de la represa



Gráfica 6. Tiempo medio de viaje sección 1 antes de la represa



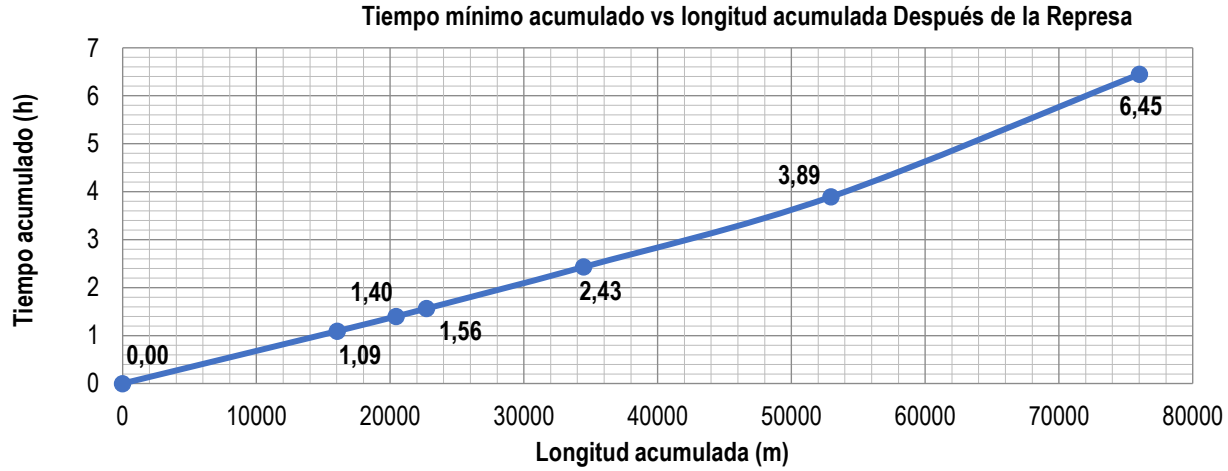
En el tramo aguas abajo de la represa (puntos 4–10), el seguimiento sí puede estructurarse como una secuencia de monitoreo sobre la misma masa de agua, tomando el punto 4 como tiempo inicial (t = 0). Bajo este criterio, el punto 5 debe muestrearse entre 1.09 y 1.92 horas después del punto 4; el punto 6 entre 1.40 y 2.42 horas; el punto 7 entre 1.56 y 2.68 horas; el punto 8 entre 2.43 y 4.15 horas; el punto 9 entre 3.89 y 6.95 horas; y el punto 10 entre 6.45 y 11.97 horas. Estos valores evidencian que, a medida que el flujo avanza hacia la desembocadura, la ventana temporal se amplía por la acumulación de los efectos de dispersión, pasando de 0.83 horas en el punto 5 a 5.52 horas en el punto 10.

En términos operativos, el diseño del monitoreo para el río Sogamoso debe considerar que los dos tramos no son continuos desde el punto de vista del transporte de la misma masa de agua. Por tanto, el tramo aguas arriba y el tramo aguas abajo deben programarse como campañas independientes. En el sector inferior, la ventana total de seguimiento alcanza aproximadamente 11.97 horas desde el punto 4 hasta el punto 10, lo que define el horizonte temporal máximo requerido para mantener la coherencia hidrodinámica del plan de monitoreo.

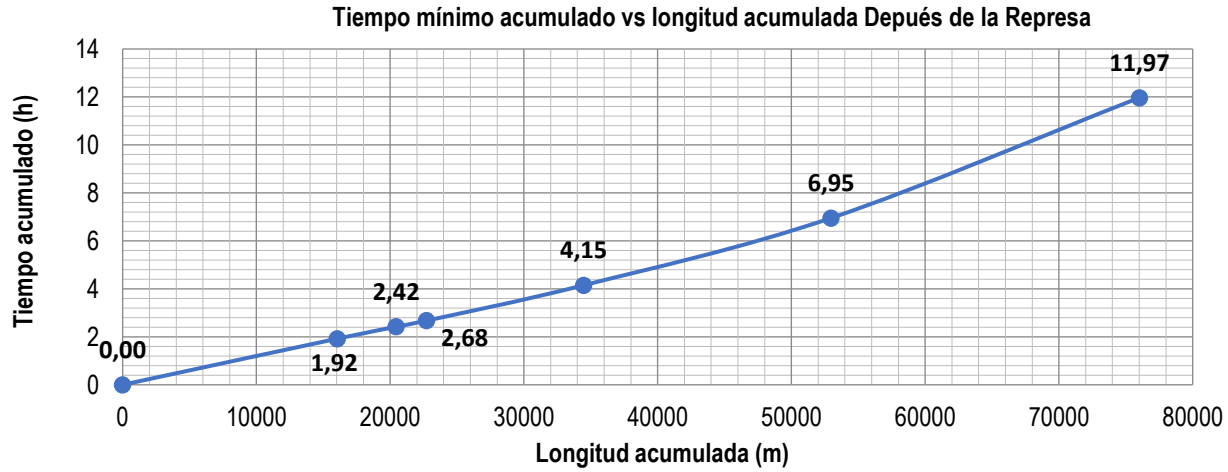
Cuadro 5. Ventana de monitoreo acumulada – tramo aguas abajo de la represa

Sección	Punto arriba	Punto abajo	Longitud (m)	τ arribo (min)	t medio (min)	t medio ACC (min)	Tr (min)	DF	Estado
REPRESA									
Sección 3	4	5	16055.2	65.58	115.42	115.42	49.84	0.43	Calculado
Sección 4	5	6	4402.38	18.41	29.77	145.19	11.37	0.38	Calculado
Sección 5	6	7	2270.23	9.9	15.38	160.58	5.49	0.36	Calculado
Sección 6	7	8	11746.58	51.99	88.54	249.12	36.55	0.41	Calculado
Sección 7	8	9	18491.51	87.81	168.07	417.19	80.26	0.48	Calculado
Sección 8	9	10	23052.76	153.29	301	718.2	147.71	0.49	Calculado

Gráfica 7. Tiempo de viaje primer arribo después de la represa de la represa

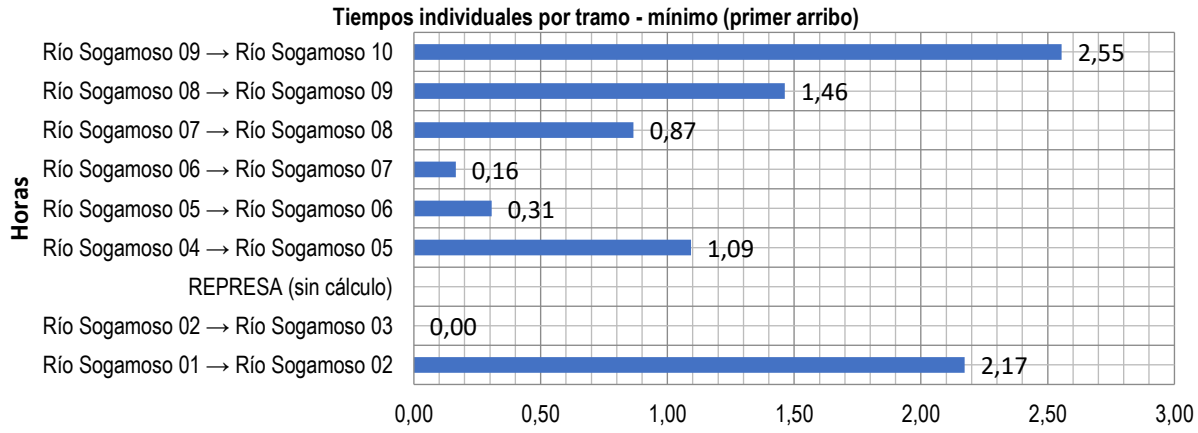


Gráfica 8. Tiempo medio de viaje después de la represa

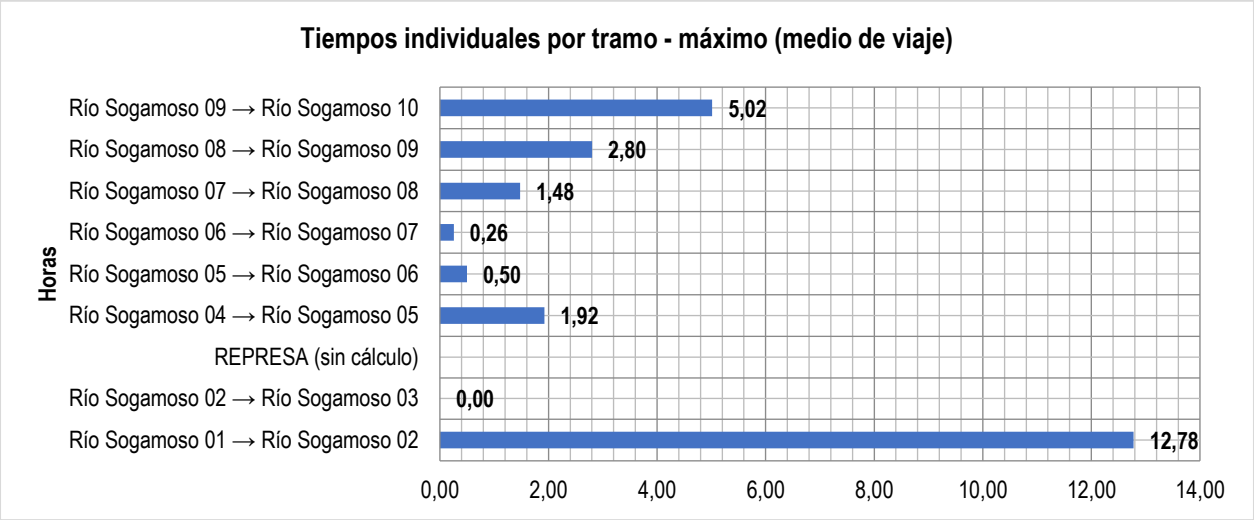


La siguiente gráfica presenta los tiempos de viaje individuales (por secciones) calculados con base en la velocidad máxima y la velocidad media del flujo.

Gráfica 9. Tiempos individuales por tramos tiempo primer arribo - mínimo (horas) (velocidad máxima)



Gráfica 10. Tiempos individuales por tramos tiempo medio de viaje - mínimo (horas) (velocidad media)



NOTA ACLARATORIA DETERMINACIÓN TIEMPO DE VIAJE EN EL TRAMO DE LOS PUNTOS 2 AL 3.

Justificación técnica para no calcular tiempos de viaje en el punto 3

Desde el punto de vista técnico, en el punto 3 no es procedente calcular tiempos de viaje, debido a que los datos hidráulicos registrados no presentan coherencia interna ni representatividad física para este tipo de estimación. El cálculo de tiempos de viaje requiere consistencia entre caudal, velocidad media, área hidráulica y geometría de la sección. Sin embargo, para el punto 3 se reportan un área de 9.040,2 m², una velocidad media de 0,007 m/s y un caudal de 29,5 m³/s, variables que no guardan correspondencia entre sí. A ello se suma que el tramo 2–3 arroja un tiempo medio de viaje de 940.105,9 s (261,1 horas) para una longitud de 17,54 km, resultado desproporcionado frente a los demás tramos y no compatible con un comportamiento fluvial normal. Esta condición sugiere que el punto se encuentra en una zona de remanso y transición hidráulica asociada a la influencia del embalse de Topocoro, donde predominan procesos de retención y almacenamiento y no un transporte longitudinal claramente definido. En consecuencia, los tiempos de viaje obtenidos en este punto no tienen validez técnica ni representatividad física para su uso en el modelo.

Justificación técnica para no incluirlo como punto de control ni como punto de frontera del modelo de calidad de agua

Por las mismas razones, el punto 3 tampoco debe incluirse como punto de control ni como punto de frontera del modelo de calidad de agua. La definición de puntos de control y de frontera exige condiciones hidráulicas y de caudal consistentes, representativas y verificables, de manera que permitan calibrar adecuadamente el componente hidráulico y soportar la simulación del transporte y transformación de los constituyentes de calidad. En este caso, el punto 3 presenta un comportamiento atípico, afectado por la zona de influencia del inicio del embalse de Topocoro, con velocidades extremadamente bajas, profundidades y áreas hidráulicas elevadas y una relación inconsistente entre caudal, velocidad y sección. Estas características impiden que el punto represente de manera confiable la dinámica longitudinal del río y, por tanto, su inclusión introduciría sesgos en la calibración del componente hidráulico y de caudales, afectando la confiabilidad de los resultados del modelo de calidad de agua.

En consecuencia, el punto 3 debe descartarse para el cálculo de tiempos de viaje y para su uso como punto de control o de frontera del modelo de calidad de agua. Considerando que su localización actual se encuentra bajo la influencia hidráulica del embalse de Topocoro y que los datos registrados no presentan coherencia técnica suficiente, se recomienda su reubicación aguas abajo de la represa, de manera que se garantice el cumplimiento de los fines contractuales y la adecuada representación hidráulica y de calidad en el modelo

Finalmente es importante precisar que la imposibilidad de emplear el punto 3 para el cálculo de tiempos de viaje y para su inclusión como punto de control o de frontera del modelo de calidad de agua no obedece al método de medición utilizado ni a la calidad de la toma de datos en campo. Por el contrario, esta situación se asocia principalmente a las características hidráulicas y geomorfológicas propias de la sección evaluada, las cuales están influenciadas por la zona de remanso del embalse de Topocoro, las cuales se pueden evidenciar o identificarse plenamente una vez ejecutada la medición en campo.

De igual manera, se anexan los soportes técnicos asociados a las mediciones realizadas en el punto 3, como respaldo de la información evaluada

.

6. CONCLUSIONES

El análisis de los tiempos de viaje en la corriente principal del río Sogamoso evidenció una marcada diferenciación hidráulica entre los tramos evaluados, asociada principalmente a la influencia del embalse de Topocoro. En el tramo aguas arriba, las condiciones de remanso generan una disminución significativa de las velocidades y un incremento considerable en los tiempos de tránsito, destacándose la Sección 1 como el segmento que concentra la mayor proporción del tiempo total del sistema.

En el tramo aguas abajo, las condiciones de descarga de la represa condicionan fuertemente la dinámica hidráulica del río, generando un régimen de flujo más controlado, con velocidades relativamente altas y menor variabilidad espacial. Este comportamiento se traduce en tiempos de viaje más cortos y en un predominio de los procesos advectivos, lo que favorece un transporte más eficiente de las sustancias a lo largo de la corriente. Sin embargo, hacia los puntos más bajos del tramo se observa un incremento gradual en los tiempos de viaje, asociado a la disminución progresiva de la pendiente hidráulica y a la disipación de energía del flujo.

El análisis de los procesos de advección y dispersión permitió identificar que, en el tramo superior, la dispersión adquiere mayor relevancia debido a las bajas velocidades y posibles zonas de almacenamiento, mientras que aguas abajo predomina la advección, con una influencia creciente de la dispersión hacia la desembocadura.

Asimismo, la estimación de los tiempos de viaje acumulados permitió definir de manera precisa los desfases temporales necesarios para estructurar un plan de monitoreo basado en el seguimiento de la misma masa de agua. En este sentido, se establecieron intervalos de monitoreo del orden de horas en el tramo aguas arriba y de minutos a pocas horas en el tramo aguas abajo, garantizando la coherencia temporal y espacial de las mediciones.

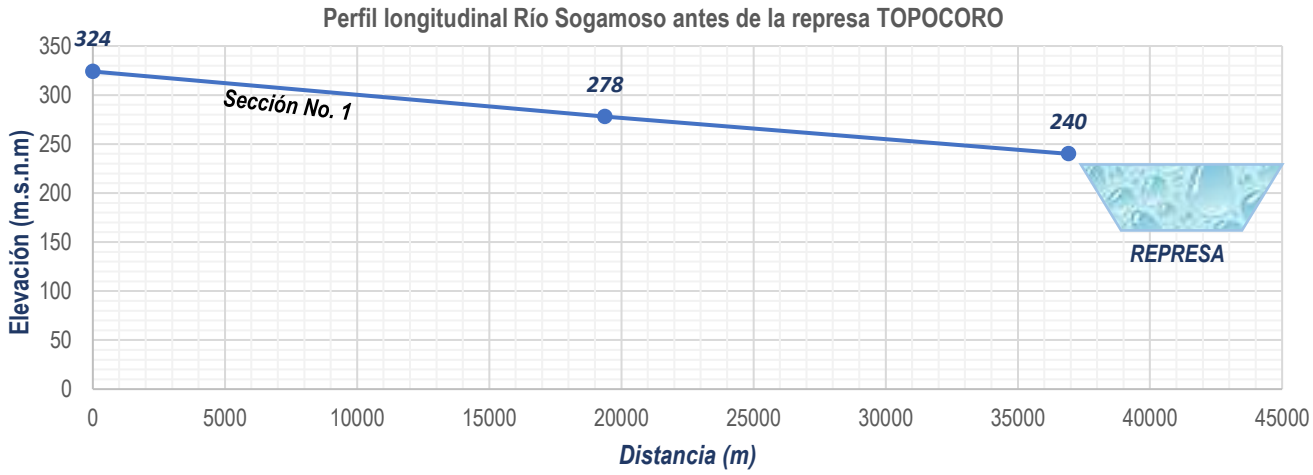
Finalmente, los resultados obtenidos constituyen un insumo fundamental para la modelación de la calidad del agua y la evaluación de la capacidad de asimilación del río, en concordancia con los lineamientos metodológicos de la ANLA, aportando elementos técnicos clave para la gestión ambiental del recurso hídrico en la cuenca.

7. ANEXOS – MEMORIAS DE CALCULO

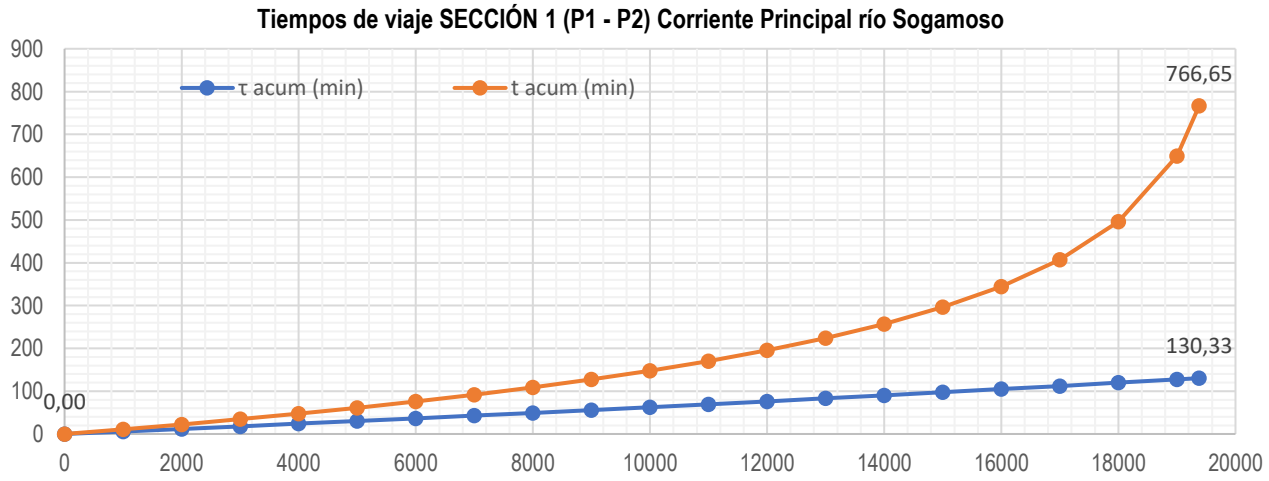
Sección No. 1. Aguas Arriba Represa puntos 1 y 2

SECCIÓN 01: Punto 1 al punto 2						
Segmento	Antes de la represa	**V media arriba (m/s)**	1.57	**τ total (min)**	130.3345	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	1	**V media abajo (m/s)**	0.039	**t total (min)**	766.6459	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	2	**V máxima arriba (m/s)**	2.85	**Tr total (min)**	636.3114	
Nombre arriba	Río Sogamoso 01	**V máxima abajo (m/s)**	2.14	**DF tramo**	0.8300	
Nombre abajo	Río Sogamoso 02					
Longitud L (m)	19379.04					
ΔH (m)	46.00					
Pendiente S (m/m)	0.002374					
N° subtramos	20					

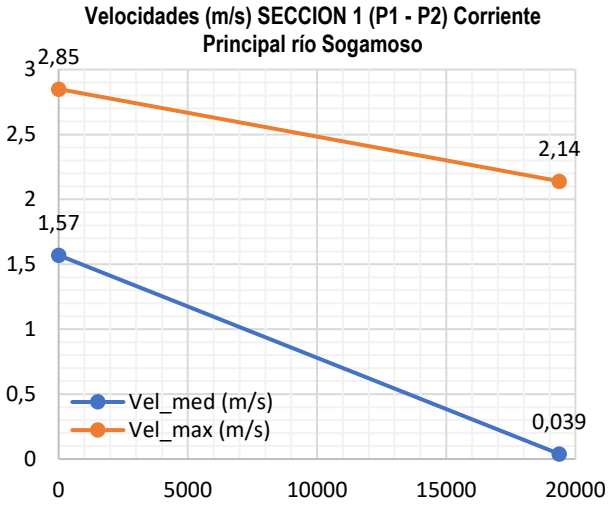
Gráfica 11. Perfil sección 1 localización

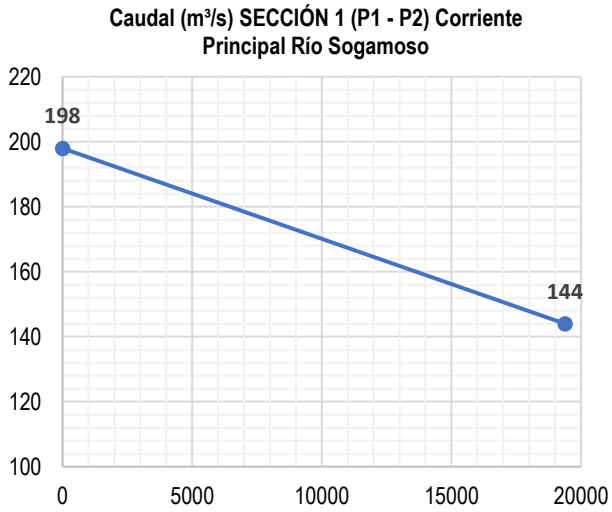


Gráfica 12. Tiempo de viaje sección 1



Gráfica 13. Velocidades - Caudal sección 1





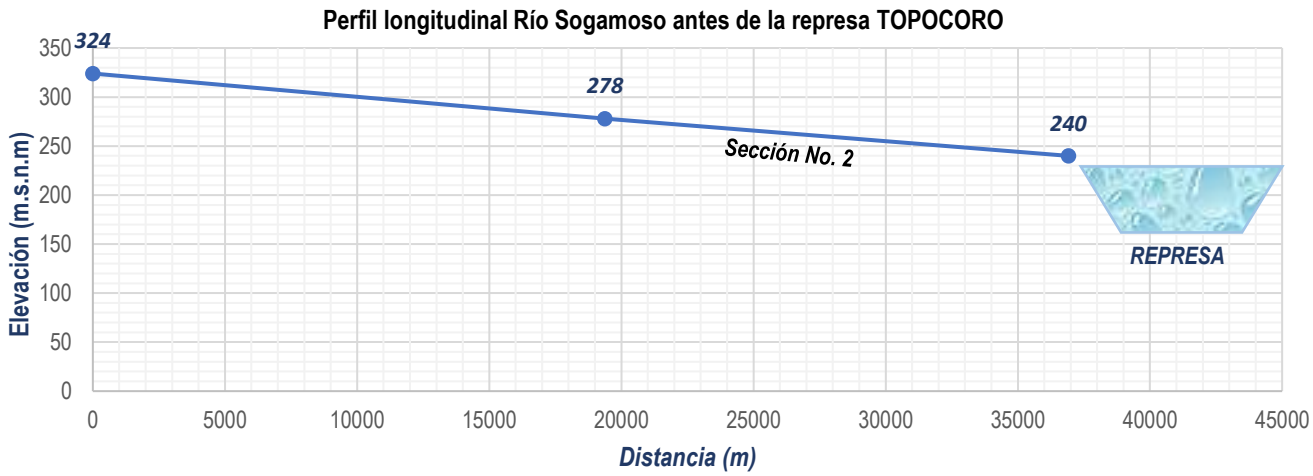
Cuadro 6. Determinación tiempos de viaje sección 1

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.02580	1.530499	2.831681	5.885784	9	10.889698	5.003912821	0.45950888	5.885784	10.889698
2	1000	2000	1000	0.07740	1.451496	2.795044	5.962936	11.482409	5.519472796	0.480689451	11.848720	22.372106
3	2000	3000	1000	0.12901	1.372493	2.758406	6.042136	5	12.143355	6.101218099	0.502432671	7.8908573	34.515461
4	3000	4000	1000	0.18061	1.293490	2.721769	6.123469	2	12.885038	6.761568761	0.524761262	4.0143265	47.400499
5	4000	5000	1000	0.23221	1.214487	2.685131	6.207021	5	13.723215	7.516193541	0.54769918	30.221348	61.123714
6	5000	6000	1000	0.28381	1.135484	2.648494	6.292885	3	14.678027	8.385141358	0.571271713	6.514233375	8.8017407
7	6000	7000	1000	0.33541	1.056481	2.611856	6.381158	1	15.775639	9.394480495	0.595505564	2.895391491	5.5773792
8	7000	8000	1000	0.38702	0.977478	2.575219	6.471942	5	17.050675	10.57873282	0.620428964	9.367333910	8.628055
9	8000	9000	1000	0.43862	0.898476	2.538581	6.565347	4	18.54994	11.98459247	0.646071775	5.932681312	7.177994
10	9000	10000	1000	0.49022	0.819473	2.501944	6.661487	9	20.338284	13.67679568	0.672465586	2.594169214	7.516278
11	10000	11000	1000	0.54182	0.740470	2.465306	6.760485	9	22.508235	15.74774859	0.699643886	9.354655117	0.024513
12	11000	12000	1000	0.59342	0.661467	2.428668	6.862470	8	25.196525	18.33405467	0.727642187	6.217125919	5.221038
13	12000	13000	1000	0.64503	0.582464	2.392031	6.967579	8	28.614073	21.64649284	0.756498148	3.184705722	3.835111
14	13000	14000	1000	0.69663	0.503461	2.355393	7.075958	6	33.104182	26.02822093	0.78625189	0.260664	256.93929
15	14000	15000	1000	0.74823	0.424458	2.318756	7.187762	4	39.265741	32.07797905	0.816945719	7.448426	729.6205032
16	15000	16000	1000	0.79983	0.345455	2.282118	7.303156	4	48.245503	40.94234749	0.848625151	04.751583	344.450535
17	16000	17000	1000	0.85144	0.266452	2.245481	7.422315	1	62.550246	55.12793095	0.881338361	12.173898	407.000781
18	17000	18000	1000	0.90304	0.187450	2.208843	7.545427	1	88.912801	81.36737367	0.915136771	19.719325	495.913582
19	18000	19000	1000	0.95464	0.108447	2.172206	7.672692	1	153.68534	146.0126460	0.950075311	27.392017	649.59892
20	19000	19379.04	379.04	0.99022	0.053973	2.146944	2.942477	6	117.04699	114.1045106	0.974860711	30.334495	766.645908

Sección No. 2. Aguas Arriba Represa puntos 2 y 3

SECCIÓN 02: Punto 2 al punto 3					
Segmento	Antes de la represa	**V media arriba (m/s)**	0.039	**τ total (min)**	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	2	**V media abajo (m/s)**		**t total (min)**	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	3	**V máxima arriba (m/s)**	2.14	**Tr total (min)**	
Nombre arriba	Río Sogamoso 02	**V máxima abajo (m/s)**		**DF tramo**	
Nombre abajo	Río Sogamoso 03				
Longitud L (m)	17537.28				
ΔH (m)	38.00				
Pendiente S (m/m)	0.002167				
N° subtramos	18				

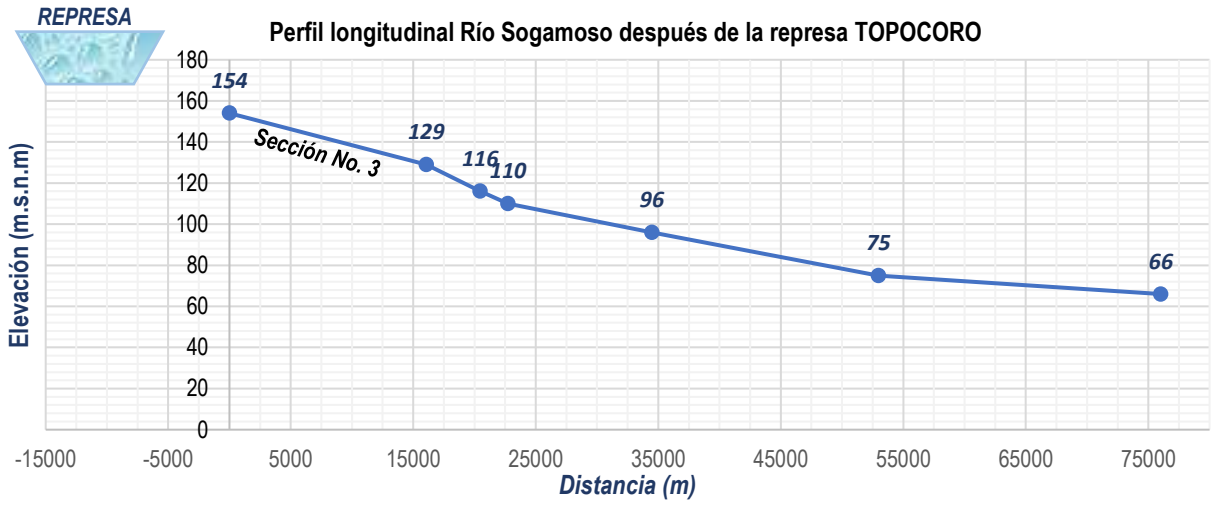
Gráfica 14. Perfil sección 2 Localización



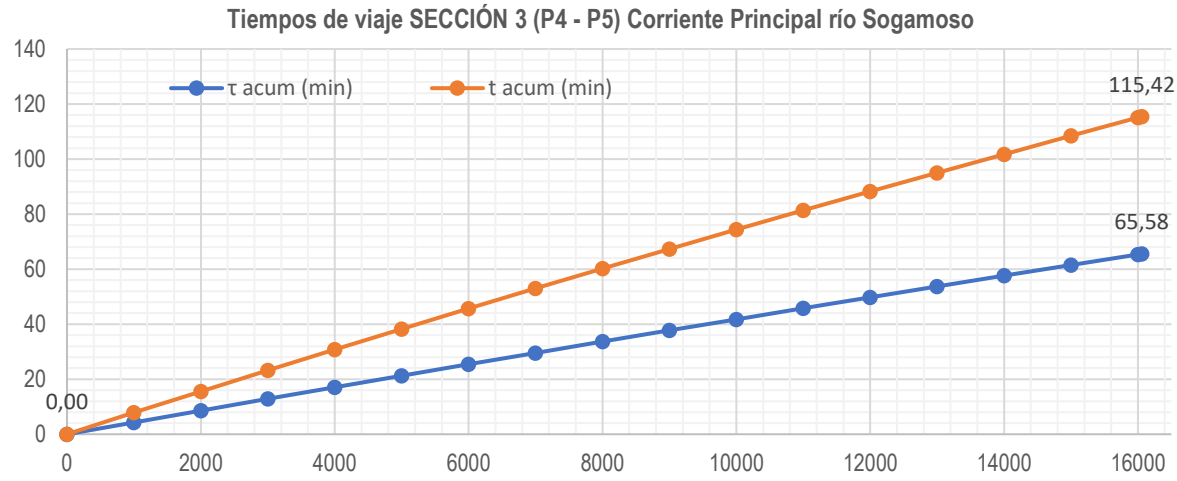
Sección No. 3. Aguas Abajo de la Represa puntos 4 - 5

SECCIÓN 03: Punto 4 al punto 5						
Segmento	Después de la represa	**V media arriba (m/s)**	2.11	**τ total (min)**	65.5831	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	4	**V media abajo (m/s)**	2.54	**t total (min)**	115.4195	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	5	**V máxima arriba (m/s)**	3.84	**Tr total (min)**	49.8364	
Nombre arriba	Río Sogamoso 04	**V máxima abajo (m/s)**	4.33	**DF tramo**	0.4318	
Nombre abajo	Río Sogamoso 05					
Longitud L (m)	16055.20					
ΔH (m)	25.00					
Pendiente S (m/m)	0.001557					
N° subtramos	17					

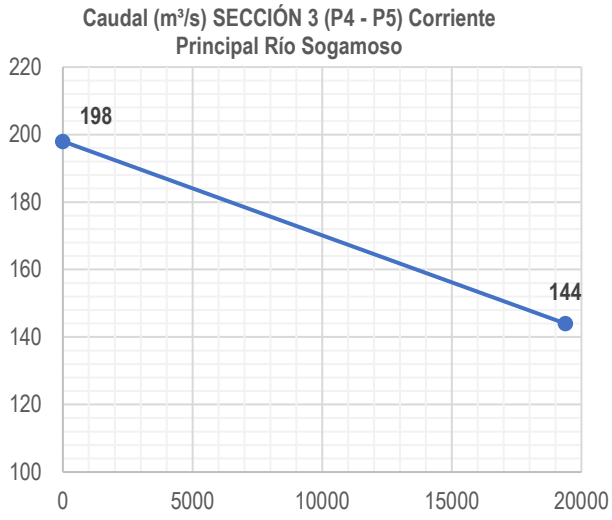
Gráfica 15. Perfil sección 3 Localización

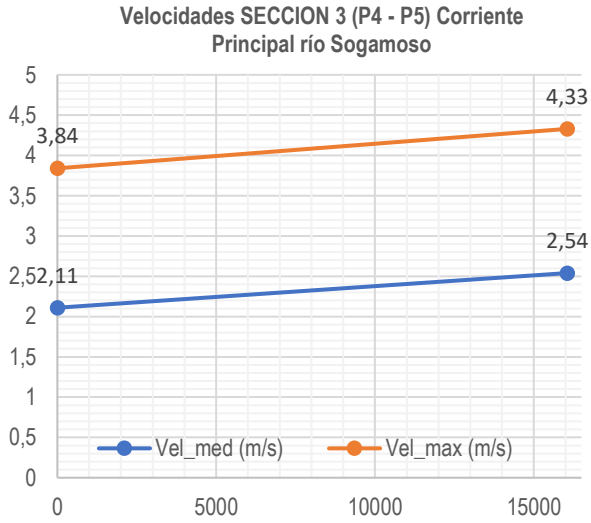


Gráfica 16. Tiempo de viaje sección 3



Gráfica 17. Velocidades - Caudal sección 3





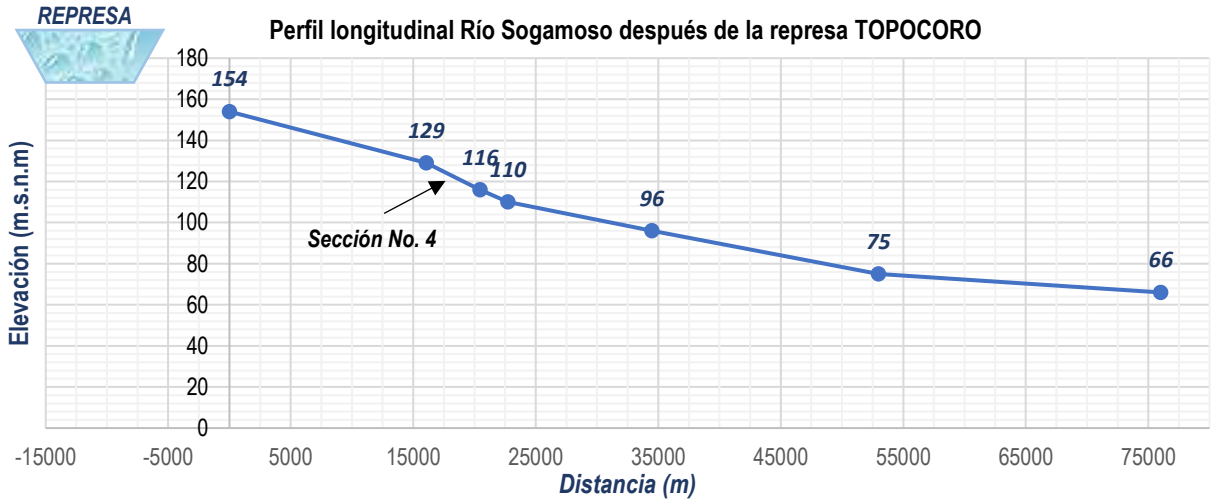
Cuadro 7. Determinación tiempos de viaje sección 3

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.03114	2.123391	3.855260	4.323098	17.84907933	.525981154	0.449222264	.323098137	.84907928
2	1000	2000	1000	0.09343	2.150174	3.885780	4.289143	6 7.751311	3.462163950	0.446655728	.612241771	5.6003903
3	2000	3000	1000	0.15571	2.176957	3.916299	4.255718	47.65594843	.400230063	0.444129181	2.867960123	.2563387
4	3000	4000	1000	0.21800	2.203739	3.946819	4.222817	.56290373	.340093725	0.441641711	7.090770130	.8192425
5	4000	5000	1000	0.28028	2.230522	3.977339	4.190406	77.47209353	.281686784	0.439192422	1.281176838	.2913359
6	5000	6000	1000	0.34257	2.257304	4.007858	4.158496	97.38343813	.224941246	0.436780422	5.439673745	.6747741
7	6000	7000	1000	0.40485	2.284087	4.038378	4.127069	47.29686193	.169792494	0.434404892	9.566743 1	52.971636
8	7000	8000	1000	0.46714	2.310870	4.068898	4.096113	47.21229253	.116179093	0.432064993	3.662856560	.1839284
9	8000	9000	1000	0.52942	2.337652	4.099418	4.065618	37.12966093	.064042597	0.429759943	7.728474767	.3135893
10	9000	10000	1000	0.59171	2.364435	4.129937	4.035573	97.04890123	.013327372	0.427488954	1.764048674	.3624905
11	10000	11000	1000	0.65399	2.391217	4.160457	4.005970	36.96995072	.963980437	0.425251284	5.770018981	.3324412
12	11000	12000	1000	0.71628	2.418000	4.190977	3.976797	86.89274912	.915951307	0.423046249	.746816788	.2251903
13	12000	13000	1000	0.77856	2.444783	4.221496	3.948047	2 6.8172392	.869191855	0.420873536	.948638950	.0424293
14	13000	14000	1000	0.84085	2.471565	4.252016	3.919709	36.74336542	.823656174	0.418731576	.145731101	.785795
15	14000	15000	1000	0.90313	2.498348	4.282536	3.891775	36.67107572	.779300458	0.416619536	1.506348 3	108.45687
16	15000	16000	1000	0.96542	2.525130	4.313055	3.864236	66.60031952	.736082884	0.414537956	5.370584 9	115.05719
17	16000	16055.2	55.2	0.99828	2.539261	4.329158	0.212512	50.36231020	.149797692	0.413451536	5.583097 4	115.4195

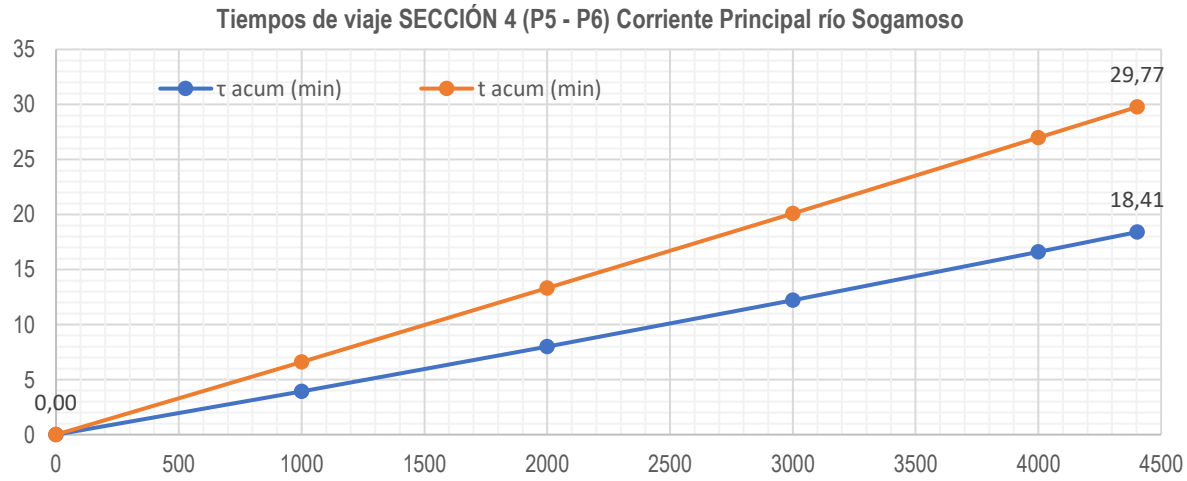
Sección No. 4. Aguas Abajo de la Represa puntos 5 - 6

SECCIÓN 04: Punto 5 al punto 6						
Segmento	Después de la represa	**V media arriba (m/s)**	2.54	**τ total (min)**	18.4074	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	5	**V media abajo (m/s)**	2.39	**t total (min)**	29.7747	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	6	**V máxima arriba (m/s)**	4.33	**Tr total (min)**	11.3673	
Nombre arriba	Río Sogamoso 05	**V máxima abajo (m/s)**	3.66	**DF tramo**	0.3818	
Nombre abajo	Río Sogamoso 06					
Longitud L (m)	4402.38					
ΔH (m)	13.00					
Pendiente S (m/m)	0.002953					
N° subtramos	5					

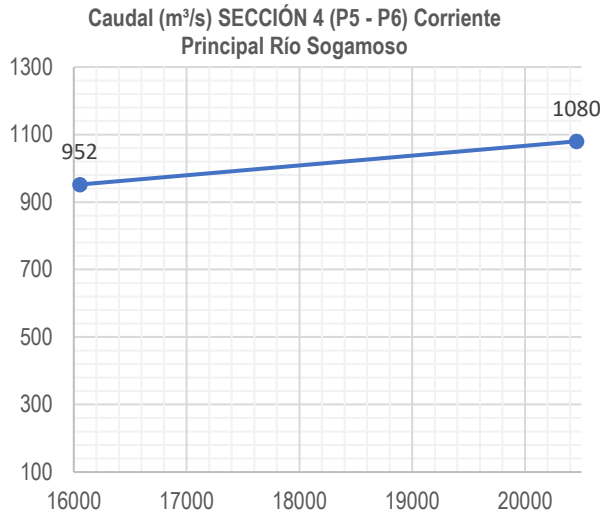
Gráfica 18. Perfil sección 4 Localización

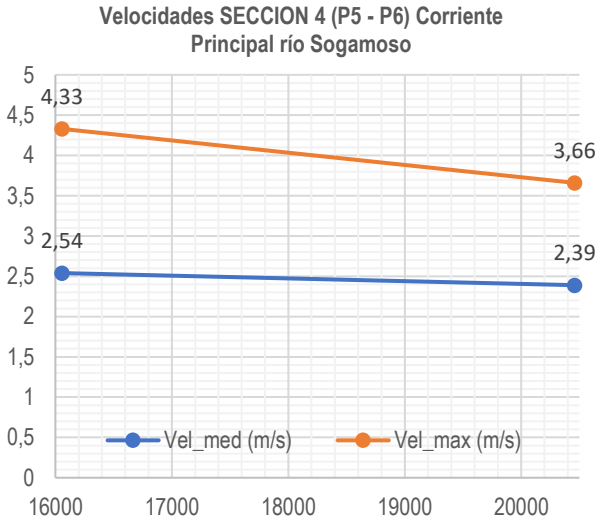


Gráfica 19. Tiempo de viaje sección 4



Gráfica 20. Velocidades - Caudal sección 4





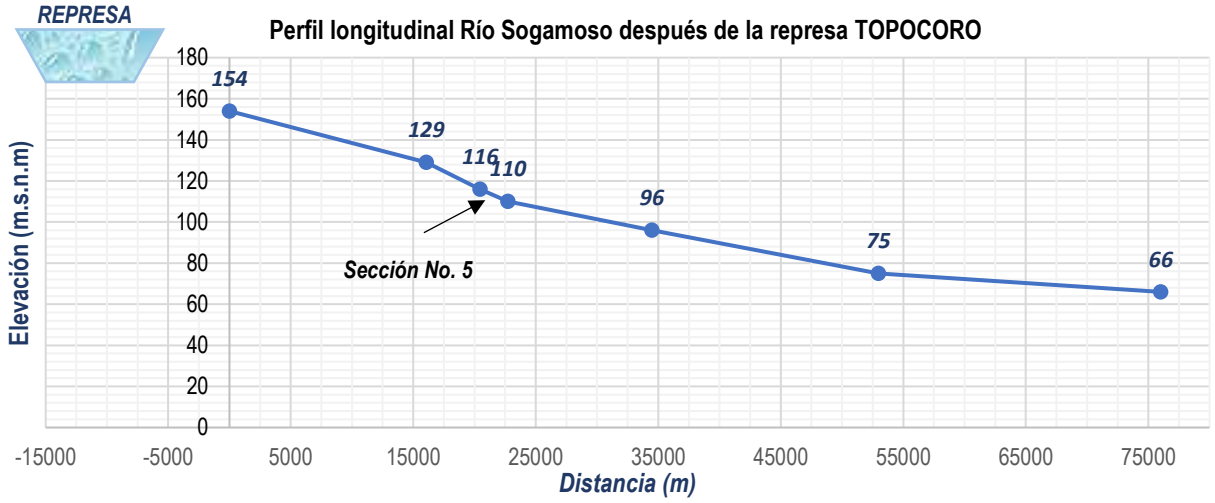
Cuadro 8. Determinación tiempos de viaje sección 4

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.11357	2.522964	4.253905	3.917968	96.605987	3	2.688018	450.406906	393.917968	96.60598
2	1000	2000	1000	0.34072	2.488891	4.101714	4.063341	66.696422	1	2.633080	546	0.393207	77.98131	04	13.30240
3	2000	3000	1000	0.56787	2.454819	3.949524	4.219917	86.789367	4	2.569449	540.378451	98	12.20122	832	0.091776
4	3000	4000	1000	0.79502	2.420746	3.797334	4.389044	7	6.884929	2.495884	382	0.362514	18	16.59027	326.97670	59
5	4000	4402.38	402.38	0.95430	2.396855	3.690619	1.817129	6	2.797972	0.980842	425	0.350554	771	8.407402	629.77467	79

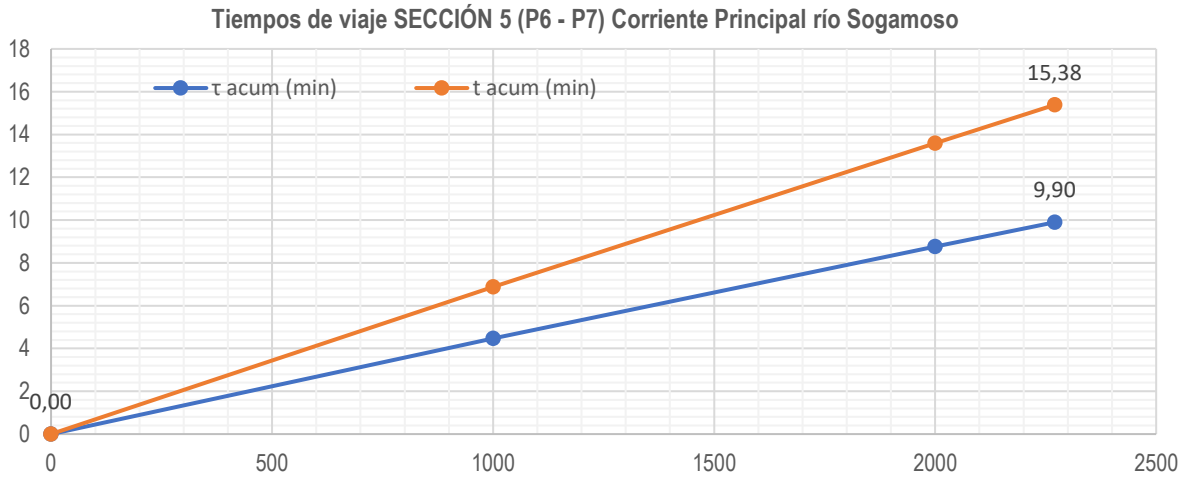
Sección No. 5. Aguas Abajo de la Represa puntos 6 - 7

SECCIÓN 05: Punto 6 al punto 7						
Segmento	Después de la represa	**V media arriba (m/s)**	2.39	**τ total (min)**	9.8971	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	6	**V media abajo (m/s)**	2.53	**t total (min)**	15.3844	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	7	**V máxima arriba (m/s)**	3.66	**Tr total (min)**	5.4873	
Nombre arriba	Río Sogamoso 06	**V máxima abajo (m/s)**	3.99	**DF tramo**	0.3567	
Nombre abajo	Río Sogamoso 07					
Longitud L (m)	2270.23					
ΔH (m)	6.00					
Pendiente S (m/m)	0.002643					
N° subtramos	3					

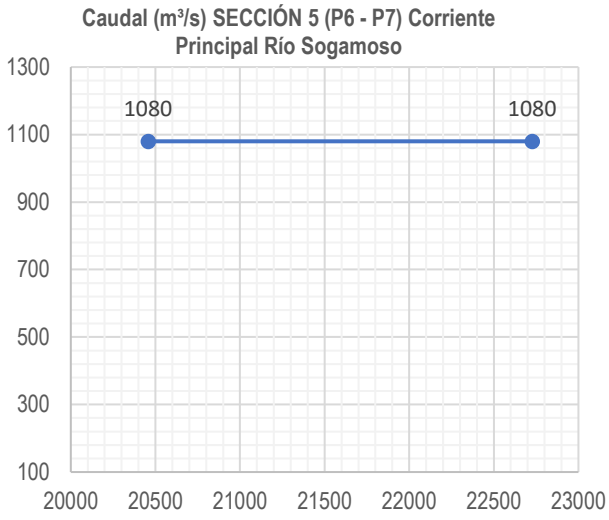
Gráfica 21. Perfil sección 5 Localización

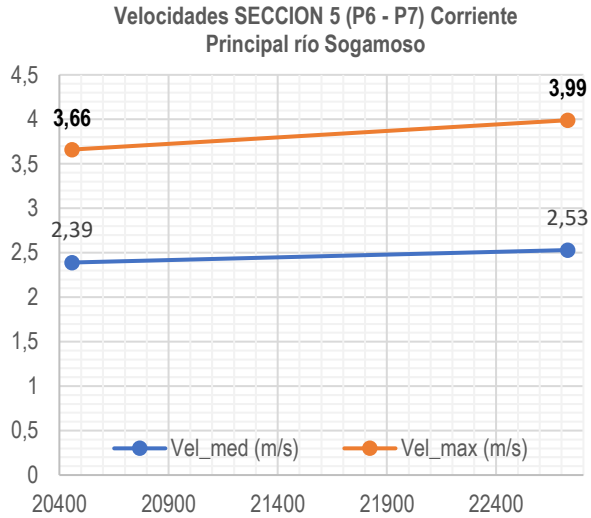


Gráfica 22. Tiempo de viaje sección 5



Gráfica 23. Velocidades - Caudal sección 5





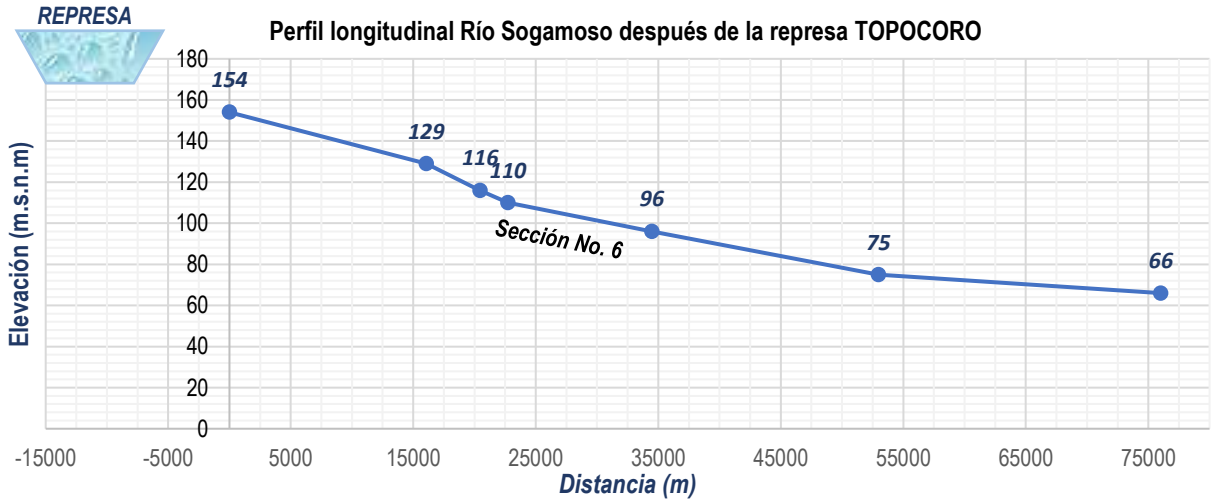
Cuadro 9. Determinación tiempos de viaje sección 5

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.22024	2.420834	3.732680	4.4650673	6.88468	2.41961276	0.35144883	4.46506727	6.88468003
2	1000	2000	1000	0.66073	2.482502	3.878040	4.2977041	6.71365792	2.41595375	1	0.35985655	8.76277138	13.5983379
3	2000	2270.23	270.23	0.94048	2.521668	3.970360	1.134364	1.78605340	0.65168937	2	0.36487675	9.89713543	15.3843913

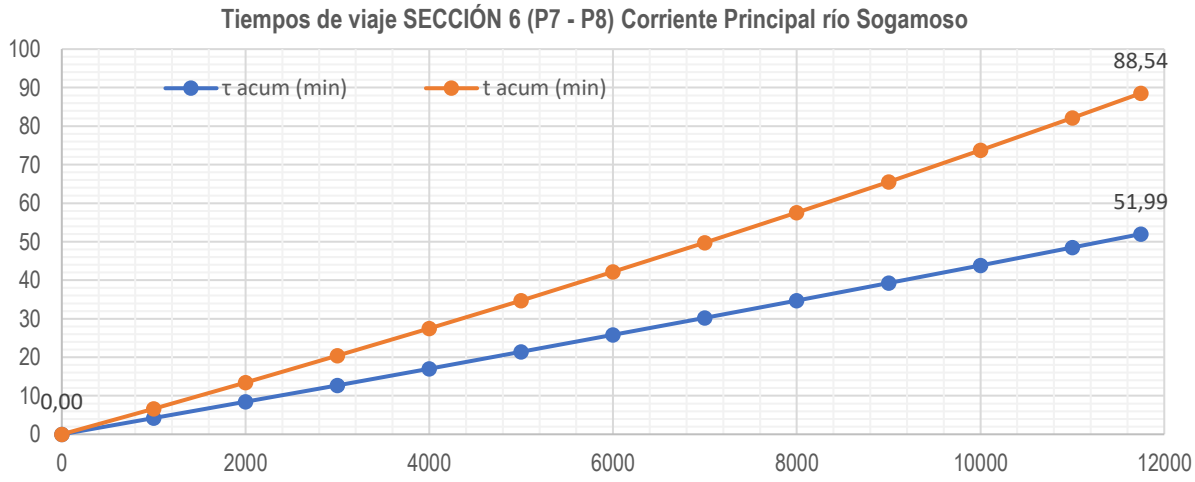
Sección No. 6. Aguas Abajo de la Represa puntos 7 – 8

SECCIÓN 06: Punto 7 al punto 8						
Segmento	Después de la represa	**V media arriba (m/s)**	2.53	**τ total (min)**	51.9887	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	7	**V media abajo (m/s)**	1.92	**t total (min)**	88.5428	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	8	**V máxima arriba (m/s)**	3.99	**Tr total (min)**	36.5541	
Nombre arriba	Río Sogamoso 07	**V máxima abajo (m/s)**	3.55	**DF tramo**	0.4128	
Nombre abajo	Río Sogamoso 08					
Longitud L (m)	11746.58					
ΔH (m)	14.00					
Pendiente S (m/m)	0.001192					
N° subtramos	12					

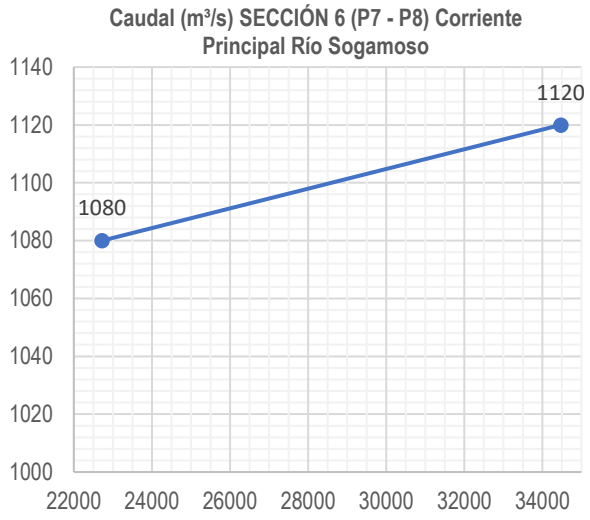
Gráfica 24. Perfil sección 6 Localización

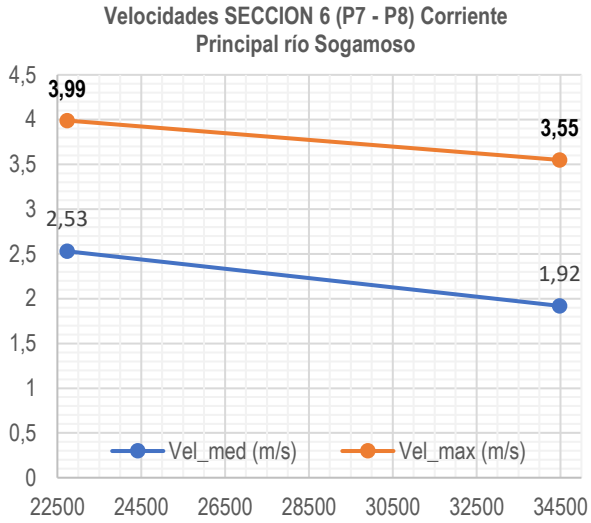


Gráfica 25. Tiempo de viaje sección 6



Gráfica 26. Velocidades - Caudal sección 6





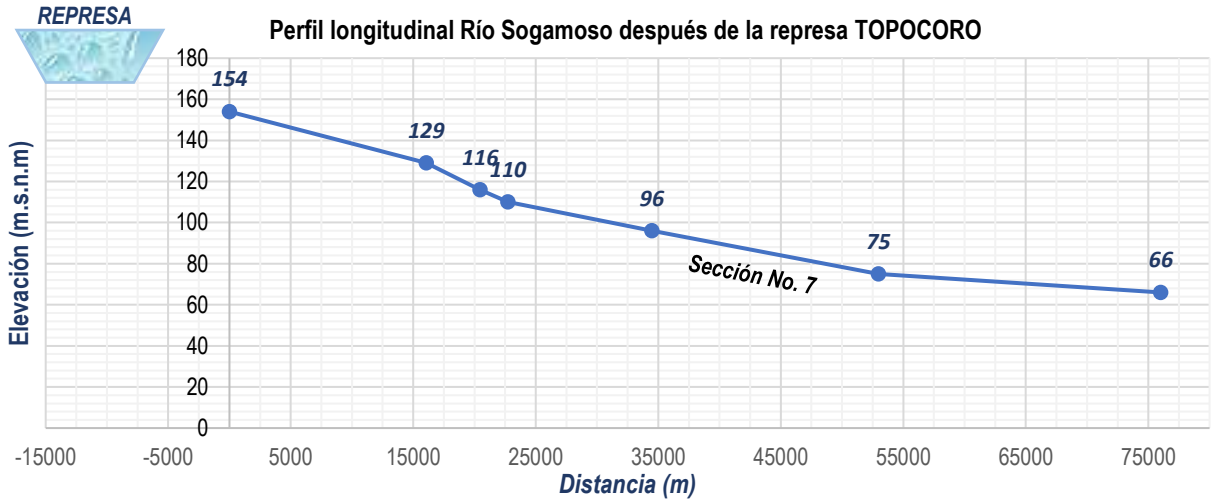
Cuadro 10. Determinación tiempos de viaje sección 6

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.04257	2.504035	3.971271	4.196809	6.655924	2.45911497	0.36946264	4.196809	6.65592402
2	1000	2000	1000	0.12770	2.452105	3.933813	4.2367716	7.9688814	2.5601103560	0.376659568	8.433580	13.4528054
3	2000	3000	1000	0.21283	2.400175	3.8963564	7.2775013	6.9439382	2.666436878	0.383994912	11.711081	20.3967435
4	3000	4000	1000	0.29796	2.348245	3.8588984	7.3190223	7.0974991	2.7784768180	0.391472651	7.030103	27.4942427
5	4000	5000	1000	0.38309	2.296315	3.8214404	6.3613573	7.2580055	2.896648190	0.39909699	21.39146	34.7522482
6	5000	6000	1000	0.46822	2.244385	3.7839834	0.4045305	7.4259394	3.0214089230	0.406872282	5.795991	42.1781876
7	6000	7000	1000	0.55335	2.192455	3.7465254	4.4485669	7.6018286	3.1532616570	0.414803053	0.244558	49.7800162
8	7000	8000	1000	0.63848	2.140525	3.7090674	4.4934928	7.7862523	2.9275923330	0.422893993	4.738051	57.5662683
9	8000	9000	1000	0.72361	2.088595	3.6716094	5.3933354	7.9798464	3.4405110090	0.431150033	9.277386	65.5461146
10	9000	10000	1000	0.80875	2.036665	3.6341524	5.8612298	8.1833131	3.5971901440	0.439576243	6.863509	73.7294277
11	10000	11000	1000	0.89388	1.984735	3.596694	4.6338858	9.3974271	3.763542035	0.448178484	9.497394	82.1268548
12	11000	11746.58	746.58	0.96822	1.939385	3.563983	3.4913196	4.4159516	2.92463264	0.455837751	1.988713	88.5428064

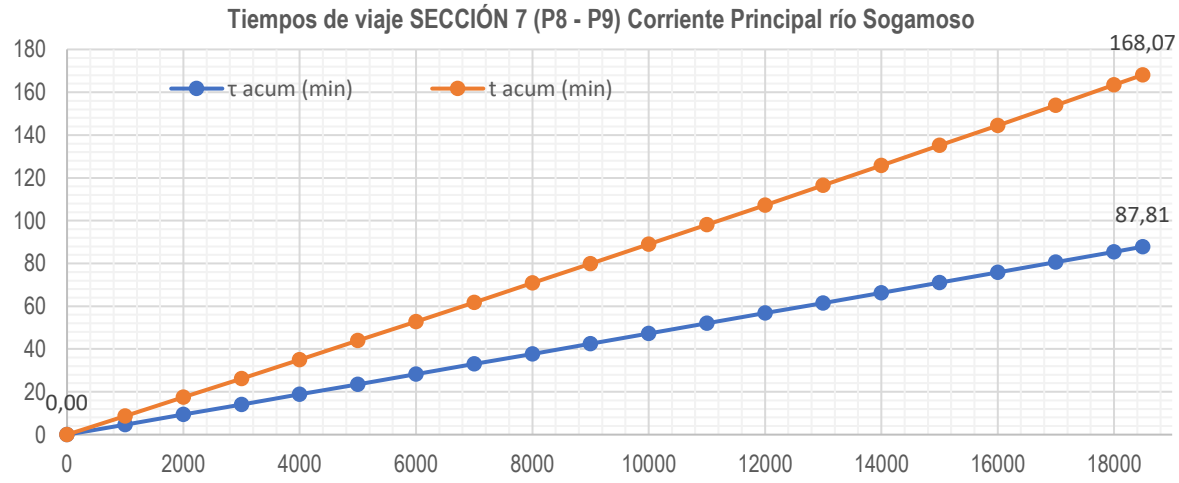
Sección No. 7. Aguas Abajo de la Represa puntos 8 – 9

SECCIÓN 07: Punto 8 al punto 9						
Segmento	Después de la represa	**V media arriba (m/s)**	1.92	**τ total (min)**	87.8077	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	8	**V media abajo (m/s)**	1.75	**t total (min)**	168.0719	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	9	**V máxima arriba (m/s)**	3.55	**Tr total (min)**	80.2642	
Nombre arriba	Río Sogamoso 08	**V máxima abajo (m/s)**	3.47	**DF tramo**	0.4776	
Nombre abajo	Río Sogamoso 09					
Longitud L (m)	18491.51					
ΔH (m)	21.00					
Pendiente S (m/m)	0.001136					
N° subtramos	19					

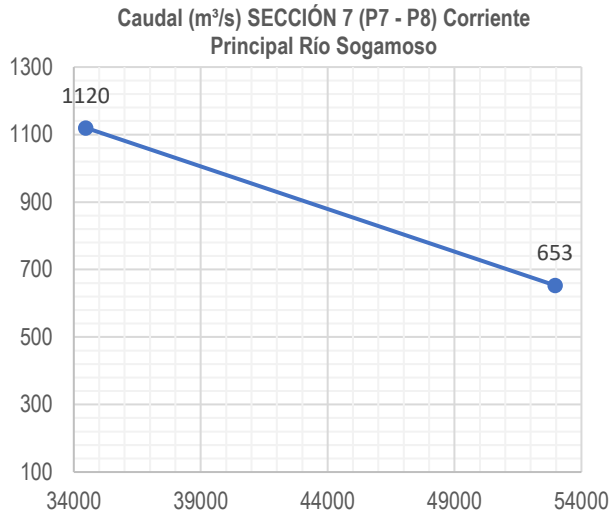
Gráfica 27. Perfil sección 7 Localización

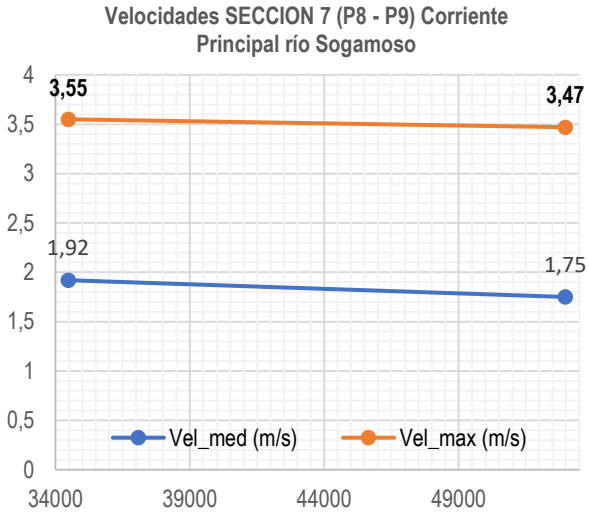


Gráfica 28. Tiempo de viaje sección 7



Gráfica 29. Velocidades - Caudal sección 7





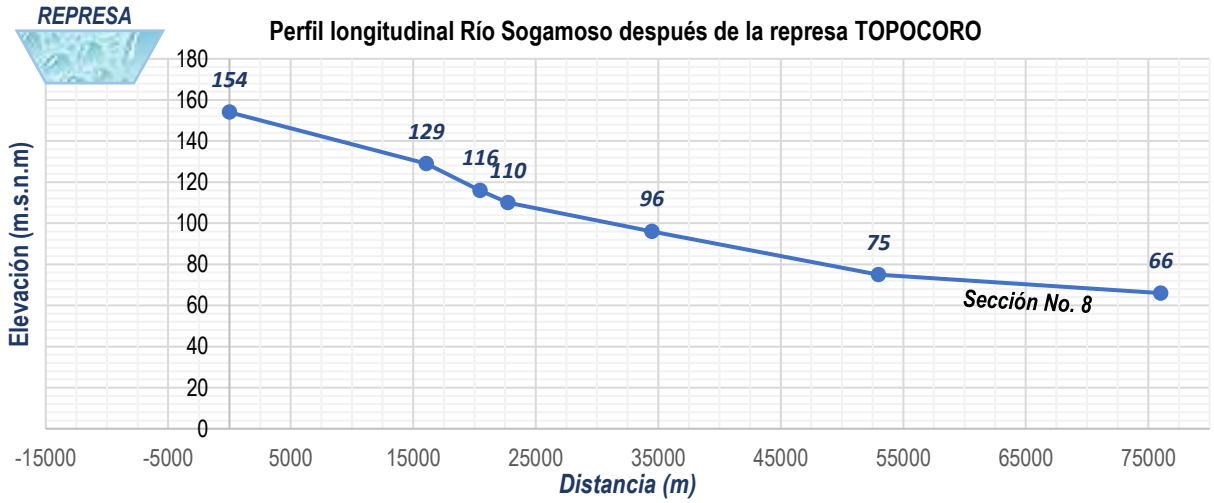
Cuadro 11. Determinación tiempos de viaje sección 7

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.02704	1.915403	3.547837	4.697698	28.7013877	4.003689	520.460120	814.697698	178.70138769
2	1000	2000	1000	0.08112	1.906210	3.543511	4.703433	68.7433534	4.039919	738	0.462056	19.401131
3	2000	3000	1000	0.13520	1.897016	3.539184	4.709183	18.7857258	4.076542	6860.463996	12	14.11031526.2304669
4	3000	4000	1000	0.18928	1.887823	3.534858	4.714967	5	8.828511	4.113564	2550.465940	8918.825261	735.0589779
5	4000	5000	1000	0.24335	1.878630	3.530532	4.720724	8.8717148	4.150990	4520.467890	43	23.54598643.9306927
6	5000	6000	1000	0.29743	1.869436	3.526205	4.726518	4.9153437	4.188827	4030.469844	7528.272502	352.8460364
7	6000	7000	1000	0.35151	1.860243	3.521879	4.732324	8.9594037	4.227081	3560.471803	833.004824	761.8054401
8	7000	8000	1000	0.40559	1.851049	3.517553	4.738137	9.0039014	4.265758	6830.473767	8137.742967	470.8093415
9	8000	9000	1000	0.45967	1.841856	3.513226	4.743936	4.0488433	4.304865	8860.475736	5942.486944	879.8581848
10	9000	10000	1000	0.51375	1.832663	3.508900	4.749766	9.0942361	4.344095	9560.477710	2247.236771	4 88.952421
11	10000	11000	1000	0.56783	1.823469	3.504574	4.755690	19.140086	7 4.384396	580.479688	7351.992461	598.0925077
12	11000	12000	1000	0.62191	1.814276	3.500247	4.761568	19.186401	94.424833	7420.481672	1356.754029	6 107.27891
13	12000	13000	1000	0.67599	1.805082	3.495921	4.767460	79.233188	94.465728	1290.483660	4361.521490	4116.512098
14	13000	14000	1000	0.73006	1.795889	3.491595	4.773367	99.280454	84.507086	9320.485653	6766.294858	3125.792553
15	14000	15000	1000	0.78414	1.786696	3.487269	4.779289	89.328207	2 4.548917	490.487651	85 71.074148	135.12076
16	15000	16000	1000	0.83822	1.777502	3.482942	4.785226	49.376453	64.591227	2960.489654	9975.859374	3144.497214
17	16000	17000	1000	0.89230	1.768309	3.478616	4.791177	69.425201	6 4.634024	0.491663	12 80.650552	153.922416
18	17000	18000	1000	0.94638	1.759115	3.474290	4.797143	24.477459	24.677315	4120.493676	2485.447695	8163.396875
19	18000	18491.51	491.51	0.98671	1.752259	3.471063	2.360035	8 4.675012	2.314976	2080.495180	8187.807731	5168.071887

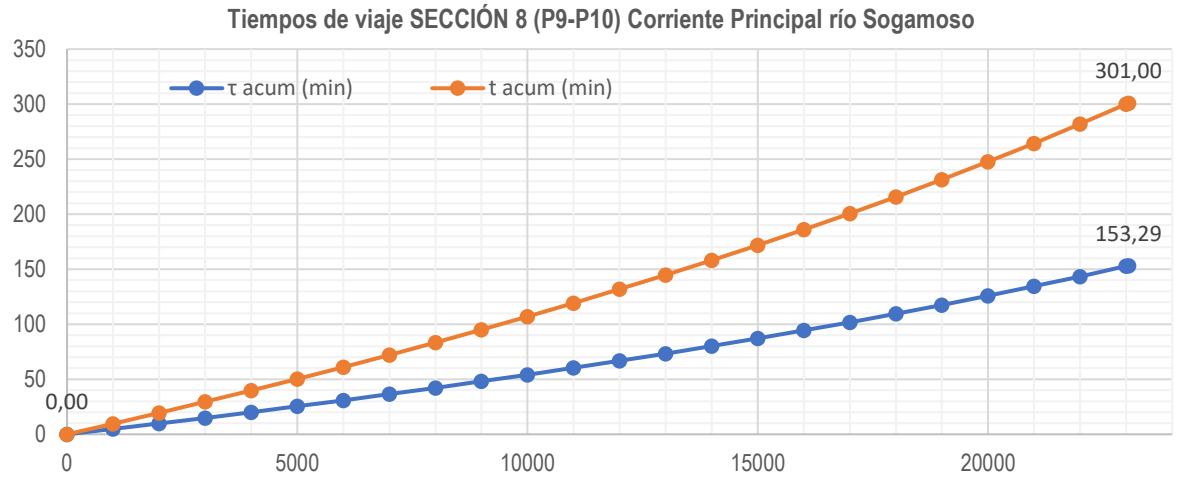
Sección No. 8. Aguas Abajo de la Represa puntos 9 – 10

SECCIÓN 08: Punto 9 al punto 10						
Segmento	Después de la represa	**V media arriba (m/s)**	1.75	**τ total (min)**	153.2879	Tiempo primer arribo
Punto aguas arriba	9	**V media abajo (m/s)**	0.897	**t total (min)**	301.0026	Tiempo medio de viaje
Punto aguas abajo	10	**V máxima arriba (m/s)**	3.47	**Tr total (min)**	147.7147	
Nombre arriba	Río Sogamoso 09	**V máxima abajo (m/s)**	1.74	**DF tramo**	0.4907	
Nombre abajo	Río Sogamoso 10					
Longitud L (m)	23052.76					
ΔH (m)	9.00					
Pendiente S (m/m)	0.000390					
N° subtramos	24					

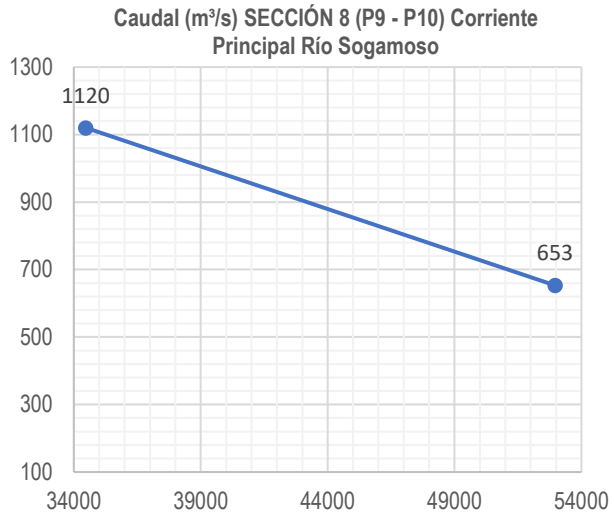
Gráfica 30. Perfil sección 8 Localización

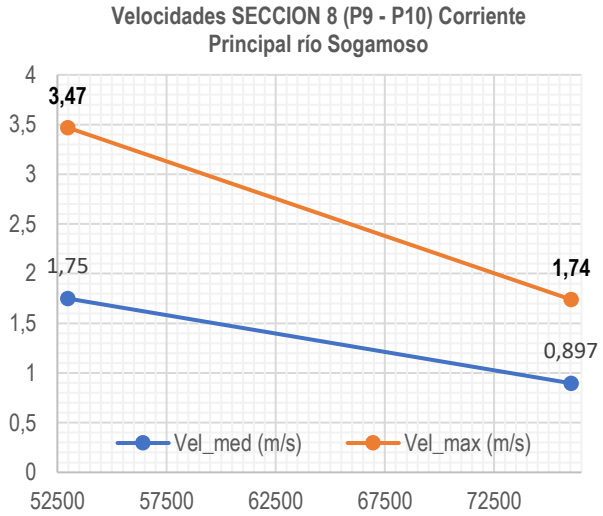


Gráfica 31. Tiempo de viaje sección 8



Gráfica 32. Velocidades - Caudal sección 8





Cuadro 12. Determinación tiempos de viaje sección 8

Subtramo	Dist. inicio (m)	Dist. fin (m)	Longitud sub (m)	Factor de ubicación	V media int. (m/s)	V máx int. (m/s)	τ sub (min)	t sub (min)	Tr sub (min)	DF sub	τ acum (min)	t acum (min)
1	0	1000	1000	0.02169	1.731499	3.432477	4.8555795	9.62557134	.7699918110	.4955541	54.855579	469.62557128
2	1000	2000	1000	0.06507	1.694497	3.357432	4.9641113	9.83576124	.8716499120	.4952997	49.819690	7319.4613324
3	2000	3000	1000	0.10845	1.657495	3.282387	5.0776058	10.055336	4.977729886	0.4950336	914.89729	6529.5166681
4	3000	4000	1000	0.15183	1.620493	3.207342	5.1964114	10.284938	5.088526240	.4947551	920.09370	7939.8016058
5	4000	5000	1000	0.19520	1.583491	3.132296	5.3209098	10.52527	5.204360182	0.4944633	425.41461	7750.3268758
6	5000	6000	1000	0.23858	1.546489	3.057251	5.4515203	10.7771035	.3255827190	.4941571	730.86613	8661.1039787
7	6000	7000	1000	0.28196	1.509486	2.982206	5.5887042	11.041282	5.452578180	.4938355	936.45484	2272.1452611
8	7000	8000	1000	0.32534	1.472484	2.907161	5.7329706	11.3187395	.5857682610	.4934974	142.18781	28 83.464
9	8000	9000	1000	0.36872	1.435482	2.832115	5.8848826	11.6104995	.725616671	0.4931413	948.07269	5395.0744992
10	9000	10000	1000	0.41210	1.398480	2.757070	6.0450644	11.9176995	.8726344820	.4927658	154.11775	97106.992198
11	10000	11000	1000	0.45548	1.361478	2.682025	6.2142102	12.2415966	.027386321	0.4923693	60.33196	99119.233795
12	11000	12000	1000	0.49886	1.324476	2.606980	6.3930942	12.5835926	.1904975520	.4919499	7 66.72506	4131.817386
13	12000	13000	1000	0.54223	1.287474	2.531934	6.5825822	12.9452456	.3626626460	.4915057	873.30764	62144.762631
14	13000	14000	1000	0.58561	1.250472	2.456889	6.783646	13.328301	6.544654970	.4910344	580.09129	23158.090932
15	14000	15000	1000	0.62899	1.213470	2.381844	6.9973797	13.7347186	.7373382740	.4905334	3 87.08867	2 171.82565
16	15000	16000	1000	0.67237	1.176468	2.306799	7.2250199	14.16676	.941680246	0.4899998	94.31369	19 185.99235
17	16000	17000	1000	0.71575	1.139466	2.231753	7.4679694	14.626738	7.158768570	.4894302	9101.7816	61200.619088
18	17000	18000	1000	0.75913	1.102464	2.156708	7.7278263	15.1176567	.3898300290	.4888211	4109.5094	88215.736745
19	18000	19000	1000	0.80251	1.065462	2.081663	8.0064193	15.6426737	.6362533780	.4881680	7117.5159	07231.379417
20	19000	20000	1000	0.84589	1.028459	2.006618	8.3058503	16.205467	7.899616840	.4874661	6125.8217	57247.584884
21	20000	21000	1000	0.88926	0.991457	1.931572	8.6285483	16.810278	.181721365	0.4867097	134.45030	6264.395154
22	21000	22000	1000	0.93264	0.954455	1.856527	8.9773348	17.4619668	.4846311040	.4858920	9 143.4276	4 281.85712
23	22000	23000	1000	0.97602	0.917453	1.781482	9.3555066	18.166238	.8107229630	.4850055	9152.7831	47 300.02335
24	23000	23052.76	52.76	0.99886	0.897976	1.741980	0.5047897	0.97923910	.4744494540	.4845082	8153.2879	37301.002589