

Ministerio de Agricultura
República de Perú

**ESTUDIO PREPARATORIO
SOBRE EL
PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y
VULNERABLES ANTE INUNDACIONES
EN
LA REPÚBLICA DEL PERÚ**

INFORME FINAL

INFORME PRINCIPAL

I-6 INFORME DE SOPORTE

ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO

Marzo de 2013

Agencia de Cooperación Internacional del Japón

Yachiyo Engineering Co., Ltd.
Nippon Koei Co., Ltd
Nippon Koei Latin America – Caribbean Co., Ltd.



Figura Área del Estudio

**ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE
 PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES RURALES Y VULNERABLES ANTE
 INUNDACIONES EN
 LA REPÚBLICA DEL PERÚ
 INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL
 I-6 INFORME DE SOPORTE
 ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO**

Índice

Capítulo I	Resumen del análisis	1
1.1	Flujo de estudio.....	1
1.2	Resumen del análisis sobre la variación del lecho fluvial.....	2
1.3	Condiciones principales de cálculo.....	7
1.3.1	Cálculo de la sección	7
1.3.2	Distribución granulométrica del lecho fluvial	12
1.3.3	Condiciones del caudal.....	20
1.3.4	Condiciones de la entrada de sedimentos	24
1.3.5	Otros	26
Capítulo II	Resultados de Análisis.....	27
2.1	Resultados del análisis (comparación de los 6 ríos).....	27
2.2	Tendencia de la futura variación del lecho en los ríos	30
2.3	Estudio sobre la necesidad de mantenimiento del lecho	46
2.4	Estudio sobre la necesidad de tomar medidas.....	52

Figuras y Tablas

Figura- 1.1-1	Flujo general de estudio del presente análisis.....	1
Figura- 1.2-1	Esquema del modelo de variación del lecho fluvial	3
Figura- 1.2-2	Flujo principal del cálculo de variación del lecho fluvial.....	6
Figura- 1.3-1	Altura media del lecho fluvial (Río Chira)	8
Figura- 1.3-2	Altura media del lecho fluvial (Río Cañete)	8
Figura- 1.3-3	Altura media del lecho fluvial (Río Chinchá (río Chico))	9
Figura- 1.3-4	Altura media del lecho fluvial (Río Chinchá (río Matagente)).....	9
Figura- 1.3-5	Altura media del lecho fluvial (Río Pisco)	10
Figura- 1.3-6	Altura media del lecho fluvial (Río Yauca)	10
Figura- 1.3-7	Altura media del lecho fluvial (Río majes y Camaná).....	11
Figura- 1.3-8	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chira)	16

Figura- 1.3-9	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Cañete)	16
Figura- 1.3-10	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (RíoChincha (río Chico))	17
Figura- 1.3-11	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chincha (río Matagente)).....	17
Figura- 1.3-12	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Pisco).....	18
Figura- 1.3-13	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Yauca).....	18
Figura- 1.3-14	Resultados del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Majes y Camaná)....	19
Figura- 1.3-15	Caudal máximo anual (valor medido: Río Chira: caudal entrante a la presa Poechos) .	22
Figura- 1.3-16	Caudal máximo anual (valor medido: Río Chira: descarga de la presa Poechos).....	22
Figura- 1.3-17	Caudal máximo anual (valor medido: Río Cañete).....	22
Figura- 1.3-18	Caudal máximo anual (valor medido: Río Chincha)	23
Figura- 1.3-19	Caudal máximo anual (valor medido: Río Pisco)	23
Figura- 1.3-20	Caudal máximo anual (valor medido: Río Yauca)	23
Figura- 1.3-21	Caudal máximo anual (valor medido: Río Majes y Camaná).....	23
Figura- 2.1-1	Resultados del análisis 1 (comparación de la cantidad de sedimentos)	28
Figura- 2.1-2	Resultados del análisis 2 (comparación de la variación dela altura del lecho)	28
Figura- 2.1-3	Comparación de la superficie de la cuenca.....	29
Figura- 2.2-1	Resultados del análisis (Río Chira).....	35
Figura- 2.2-2	Resultados del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos entrantes en una cantidad equilibrada).....	36
Figura- 2.2-3	Resultados del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos entrantes en la mitad de una cantidad equilibrada).....	37
Figura- 2.2-4	Resultados del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos entrantes en una 1/4 parte de la cantidad equilibrada).....	38
Figura- 2.2-5	Resultados del análisis (Río Chincha (Chico): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Chico)).....	39
Figura- 2.2-6	Resultados del análisis (Río Chincha (Chico): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Chico).....	40
Figura- 2.2-7	Resultados del análisis (Río Chincha (Matagente): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Matagente).....	41
Figura- 2.2-8	Resultados del análisis (Río Chincha (Matagente)): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Matagente	42
Figura- 2.2-9	Resultados del análisis (Río Pisco)	43
Figura- 2.2-10	Resultados del análisis (Río Yauca)	44
Figura- 2.2-11	Resultados del análisis (Río Majes y Camaná).....	45
Figura- 2.3-1	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chira).....	48
Figura- 2.3-2	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Cañete)	48
Figura- 2.3-3	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chincha-Chico)	49
Figura- 2.3-4	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chincha-Matagente)	49
Figura- 2.3-5	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Pisco).....	50

Figura- 2.3-6	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Yauca)	50
Figura- 2.3-7	Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Majes-Camaná)	51
Figura- 2.4-1	Forma longitudinal respecto a la altura media del lecho del río Chira	53
Figura- 2.4-2	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Cañete	53
Figura- 2.4-3	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Matagente.....	53
Figura- 2.4-4	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Pisco.....	54
Figura- 2.4-5	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Yauca.....	54
Figura- 2.4-6	Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Majes-Camaná	54
Tabla- 1.2-1	Resumen del modelo de análisis sobre la variación del lecho fluvial	2
Tabla- 1.3-1	Resultados del levantamiento transversal utilizados para el cálculo	7
Tabla- 1.3-2	Resultados del levantamiento transversal utilizados para el cálculo	12
Tabla- 1.3-3	Clasificación granulométrica utilizada para el cálculo	20
Tabla- 1.3-4	Estado de medición del caudal en los 5 ríos objetivos y aplicación a condiciones de cálculo	21
Tabla- 1.3-5	Establecimiento del volumen de sedimentos ingresados	25
Tabla- 1.3-6	Otras condiciones para el cálculo (5 ríos objetivos)	26
Tabla- 2.1-1	Resultados del análisis (1)	28
Tabla- 2.1-2	Situación de los lugares con una subida notable del lecho	29
Tabla- 2.2-1	Casos de Cañete objeto de estudio.....	31
Tabla-2.2-2	Elementos de la presa Pantanal	31
Tabla-2.2-3	Estado de las instalaciones de la presa Pantanal	32
Tabla- 2.3-1	Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 1)	46
Tabla- 2.3-2	Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 2).....	47
Tabla- 2.4-1	Lugares de sedimentos acumulados en el cauce actual.....	52

Capítulo I Resumen del Análisis

Para elaborar un plan de control de inundaciones para el curso fluvial, se requiere prever futura variación de la altura del lecho, y mantener la seguridad de dicho control a largo plazo.

En el presente análisis, se han realizado simulaciones numéricas para los próximos 50 años, en cuanto a la variación de altura del lecho del curso fluvial de los 6 ríos (valles) objeto del estudio, a fin de extraer los posibles problemas que se deberían tener en cuenta para la elaboración del plan de dicho curso, aclarando los lugares que podrían experimentar una subida o bajada del lecho a largo plazo.

1.1 Flujo de estudio

En la figura 1.1-1 se muestra el flujo de estudio del presente análisis.

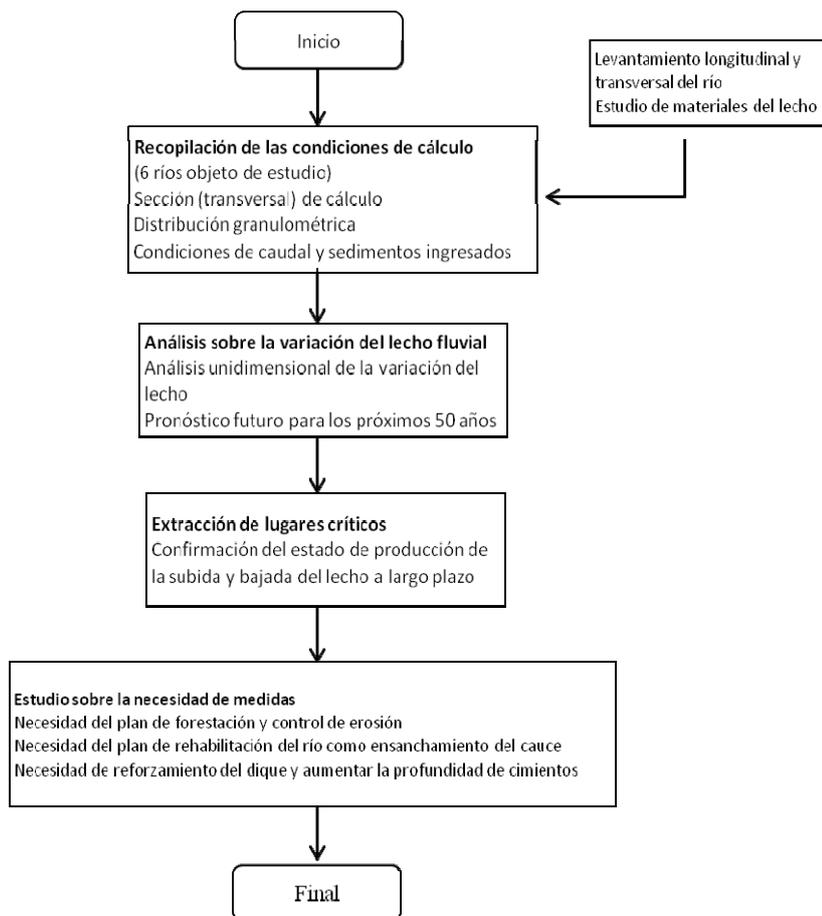


Figura 1.1-1 Flujo general de estudio del presente análisis

1.2 Resumen del análisis sobre la variación del lecho fluvial

Para el análisis sobre el cambio del lecho fluvial, se ha utilizado el modelo de análisis unidimensional y longitudinal del curso. El objetivo principal del presente estudio consiste en realizar un pronóstico a un largo plazo de 50 años, así como en conocer la bajada o subida del lecho debida al estrechamiento o ensanchamiento del río, además de la variación media de la altura del lecho debida al cambio de la cantidad de sedimentos que afluyen desde río arriba. Se considera que el modelo unidimensional de cambio del lecho fluvial resulta el más adecuado para lograr el objetivo arriba indicado, en función del tiempo real y para realizar evaluaciones correctas. En la tabla 1.2-1 se muestra el resumen del modelo utilizado para el presente análisis.

Tabla 1.2-1 Resumen del modelo de análisis sobre la variación del lecho fluvial

Ítem	Contenido
Cálculo del agua corriente	Modelo unidimensional de flujo variado
Cálculo de sedimentos movedizos	Modelo unidimensional de variación del lecho fluvial con partículas de diferentes tamaños mezcladas
Sedimentos arrastrados	Fórmula del transporte de sedimentos de Ashida y Michiue
Sedimentos suspendidos	Se considera el desequilibrio de sedimentos suspendidos. Para la densidad del nivel base se adopta la fórmula de Ashida y Michiue.
Método de solución	Método de MacCormack

(1) Ecuaciones básicas

Existen ecuaciones básicas para el agua corriente y para los sedimentos movedizos. En cuanto al agua corriente, se pueden mencionar la ecuación de continuidad del agua y la ecuación de movimiento de la misma; y en cuanto a los sedimentos movedizos, se pueden citar la ecuación de continuidad de sedimentos y la ecuación de transporte de los sedimentos suspendidos, así como la ecuación de balance de los sedimentos en capas de intercambio.

El área de cálculo, tal como se muestra en la figura 1.2-1, consta de 3 áreas, que son: lecho fijo, lecho de desplazamiento y agua corriente. El eje X es positivo cuando la dirección es hacia río abajo, mientras que el eje Z es positivo cuando su sentido es hacia arriba.

A continuación se muestran las ecuaciones básicas.

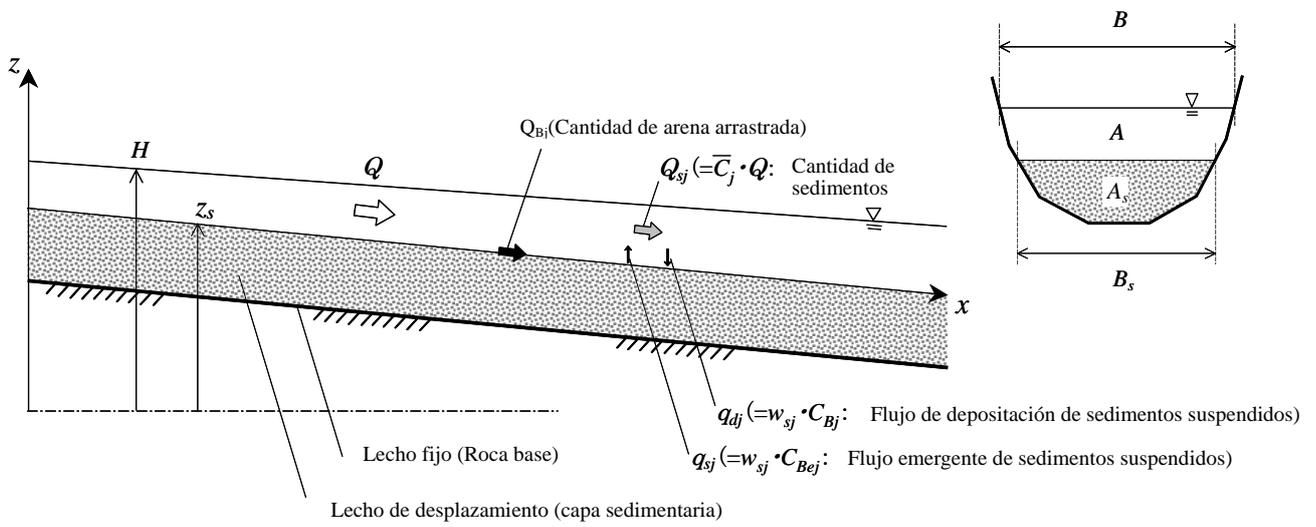


Figura 1.2-1 Esquema del modelo de cambio del lecho fluvial

Ecuación de continuidad de la corriente

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \text{Ecuación (1)}$$

Ecuación de movimiento de la corriente

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{Q^2}{A} \right) = -gA \left(\frac{\partial H}{\partial x} + I_e \right) \quad \text{Ecuación (2)}$$

Ecuación de continuidad de sedimentos movedizos

$$\frac{\partial A_s}{\partial t} + \frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial}{\partial x} \left(\sum_j Q_{Bj} \right) + \sum_j B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} = 0 \quad \text{Ecuación (3)}$$

Ecuación de transporte de sedimentos suspendidos según la granulometría

$$\frac{\partial (\bar{C}_j A)}{\partial t} + \frac{\partial (\bar{C}_j Q)}{\partial x} = B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \quad \text{Ecuación (4)}$$

Ecuación de balance de sedimentos según la granulometría en la capa de intercambio

Cuando sube el nivel del lecho

$$\frac{\partial (P_{sj} A_{sa})}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{Bj}}{\partial x} + B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} - P_{s1j} \left(\frac{\partial A_{sb}}{\partial t} \right) \quad \text{Ecuación (5)}$$

Cuando baja el nivel del lecho

$$\frac{\partial (P_{sj} A_{sa})}{\partial t} = -\frac{1}{(1-\lambda)} \left\{ \frac{\partial Q_{Bj}}{\partial x} + B_{su} (q_{sj} - q_{dj}) \right\} - P_{oj} \left(\frac{\partial A_{sb}}{\partial t} \right) \quad \text{Ecuación (6)}$$

$$q_{sj} = w_{sj} C_{Bej} \quad \cdot \cdot \cdot \text{Cantidad emergente de sedimentos suspendidos}$$

Ecuación (7)

$$q_{dj} = w_{sj} C_{Bj} \quad \cdot \cdot \cdot \text{Cantidad depositada de sedimentos suspendidos}$$

Ecuación (8)

Donde, “A” es la sección del agua corriente (m²), “Q” es el caudal (m³/s), “t” es el tiempo (s), “x” es la distancia hacia río abajo (m), “z” es la altura vertical desde la posición de base (m), “g” es la velocidad de aceleración por gravedad (m/s²), “H” es la altura del nivel del agua (m), “As” es la superficie transversal del lecho (m²), “λ” es la porosidad del lecho, “QBj” es la cantidad de sedimentos arrastrados (m³/s), “qsj” es el flujo emergente de los sedimentos suspendidos (m/s), “qdj” es el flujo de depositación de los sedimentos suspendidos (m/s), “wsj” es la velocidad de depositación de partículas de tierra (m/s), “CBj” es la densidad de la cara inferior de los sedimentos suspendidos (m³/m³). “Cj”, es la densidad seccional media de los

sedimentos suspendidos (m^3/m^3), “R” es el radio hidráulico (m), “CBej” es la densidad del nivel base de los sedimentos suspendidos (m^3/m^3), “P_{sj}” es la proporción granulométrica en la capa de intercambio, “Asa” es la sección de la capa de intercambio (m^2), “Asb” es la sección del lecho fluvial sin capa de intercambio (m^2), “P_{s1j}” es “P_{sj}” antes de “dt”, “P_{oj}” es la proporción granulométrica que ocupa el bloque de tierra justo por debajo de la capa de intercambio, “a” es el espesor de la capa de intercambio (m), “Bsu” es el ancho del canal de agua donde se producen la flotación y depositación de sedimentos suspendidos (m), y “n” es el coeficiente de rugosidad de Manning.

(2) Procedimiento de cálculo

En la figura 1.2-2 se muestra el flujo general de cálculo de variación del lecho fluvial. Primeramente, se obtienen la forma de la superficie del agua y la distribución longitudinal de la velocidad de flujo mediante el cálculo del campo de flujo, y después de esto, se calcula la cantidad de sedimentos movedizos (sedimentos arrastrados y sedimentos suspendidos), mediante la fórmula de la cantidad hidráulica y cantidad de sedimentos movedizos. A continuación, se calcula la variación del lecho fluvial utilizando la cantidad de sedimentos movedizos, y se obtiene así la forma del lecho fluvial. Por último, se calcula la distribución granulométrica de la cara de intercambio a partir de la forma del lecho y la cantidad de sedimentos movedizos últimamente calculada.

Aunque en los cálculos reales del campo de flujo y de la cantidad de sedimentos movedizos puede haber una cierta diferencia según el método de cálculo que se aplique, se lleva a cabo el cálculo de la variación del lecho fluvial, en principio, conforme a este flujo grama.

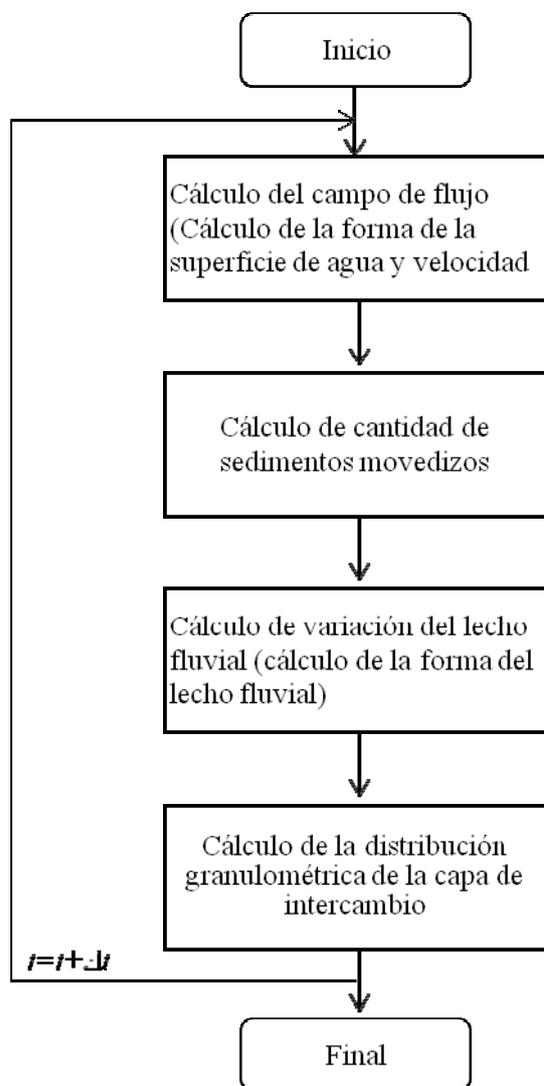


Figura 1.2-2 Flujo principal de cálculo de variación del lecho fluvial

1.3 Condiciones principales de cálculo

1.3.1 Cálculo de la sección

(1) Especificaciones de datos topográficos adoptados

Como resultado del estudio local, se ha aclarado que, respecto a datos topográficos que se puedan utilizar para el análisis de los 6 ríos objeto del proyecto, no existen otros que no sean los procedentes de los resultados del levantamiento transversal y longitudinal realizado en el presente estudio. Por lo tanto, para el análisis sobre la variación del lecho fluvial, se ha decidido utilizar básicamente dichos resultados. Los resultados del levantamiento utilizados para cada uno de los ríos son tal como se mencionan en la tabla 1.3-1.

Tabla 1.3-1 Resultados de levantamiento transversal utilizados para el cálculo

Río	Longitud del tramo objeto	Intervalo de levantamiento	Fecha de levantamiento
Chira	99.5km	500m	Diciembre 2010
Cañete	32.5km	500m	Noviembre 2010
Chincha	46.0km	500m	Noviembre 2010
Pisco	45.0km	500m	Noviembre 2010
Yauca	46.0km	500m	Noviembre 2010
Majes y Camaná	115.0km	500m	Septiembre 2011

(2) Altura media del lecho fluvial

En el análisis unidimensional sobre la variación del lecho fluvial se realiza la estimación de la variación de la altura media del mismo, por lo tanto, como una de las condiciones iniciales de cálculo, se requiere poner en orden las alturas medias topográficas de los cursos actuales. Por esta razón, se han representado dichas alturas medias con gráficas de acuerdo con los resultados del levantamiento de cada río.

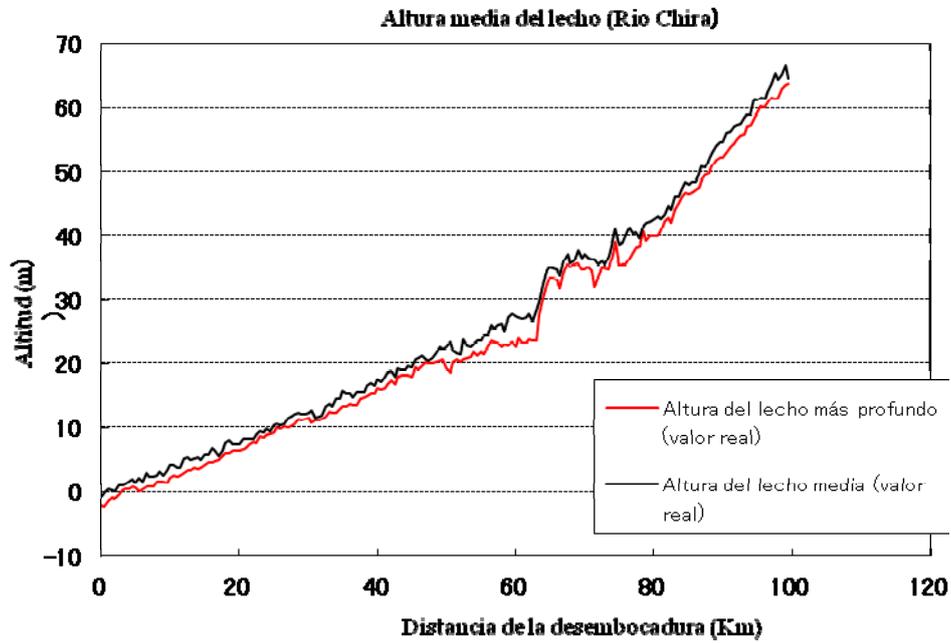


Figura 1.3-1 Altura media del lecho fluvial (Río Chira)

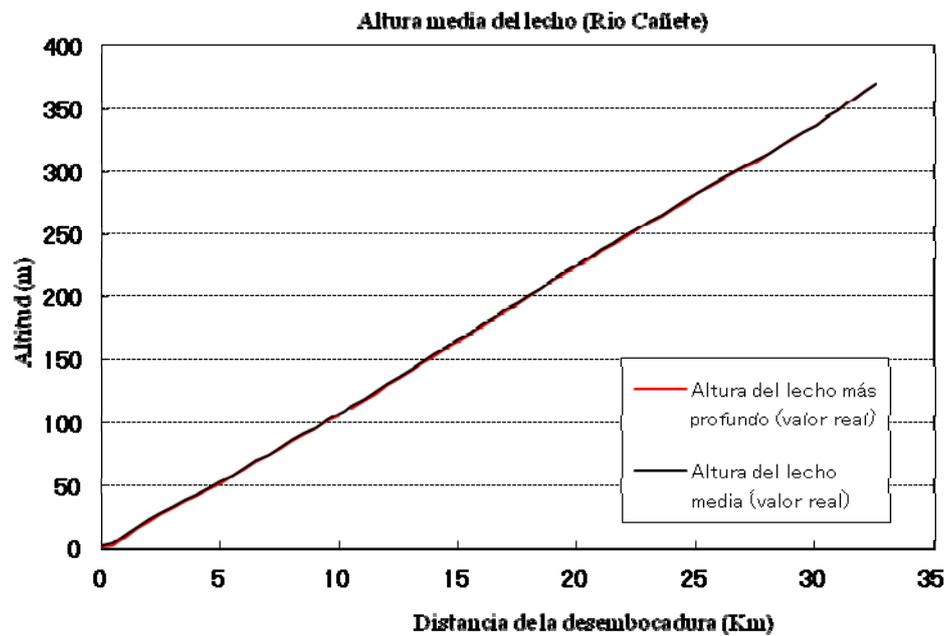


Figura 1.3-2 Altura media del lecho fluvial (Río Cañete)

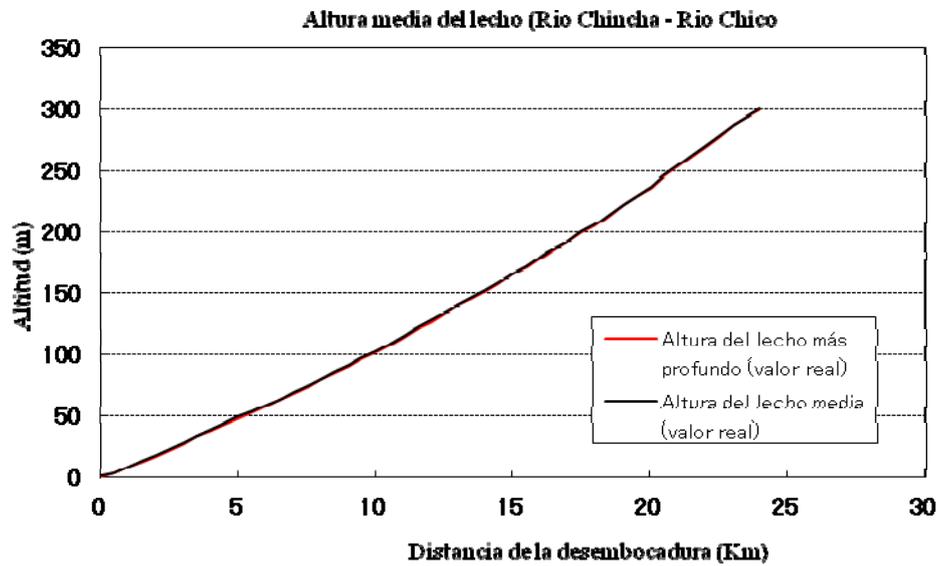


Figura 1.3-3 Altura media del lecho fluvial (Río Chinchá (Río Chico))

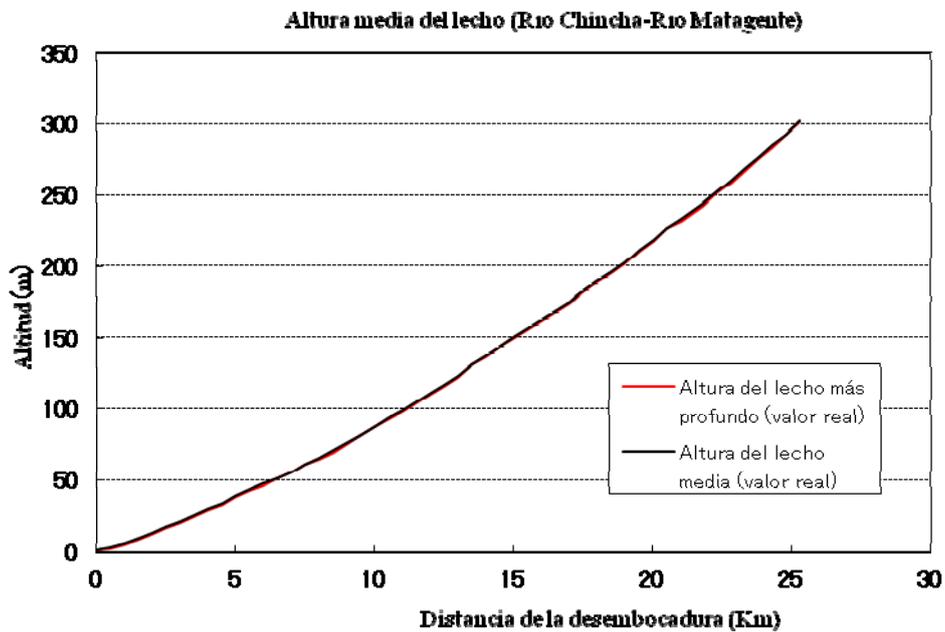


Figura 1.3-4 Altura media del lecho fluvial (Río Chinchá (Río Matagente))

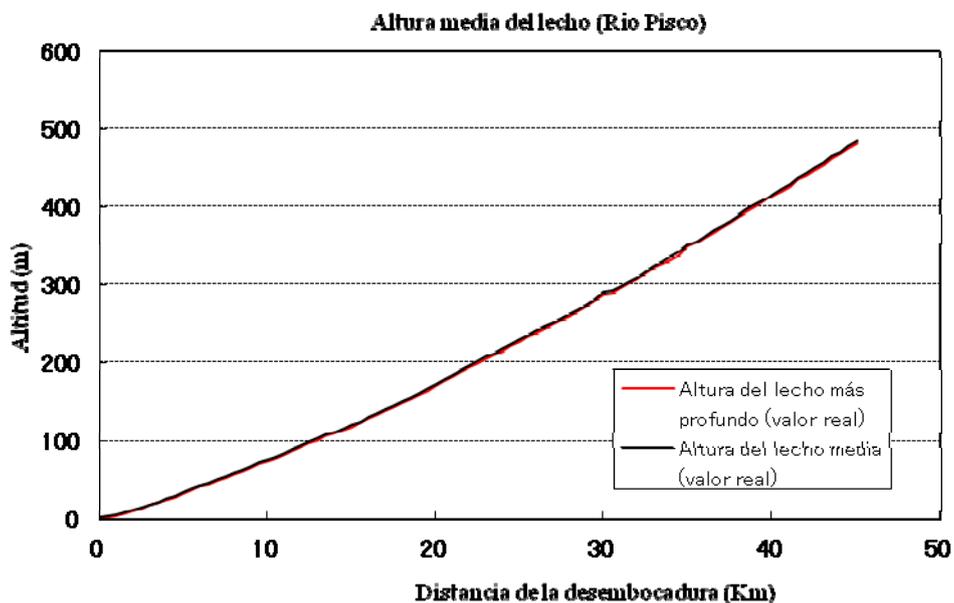


Figura 1.3-5 Altura media del lecho fluvial (Río Pisco)

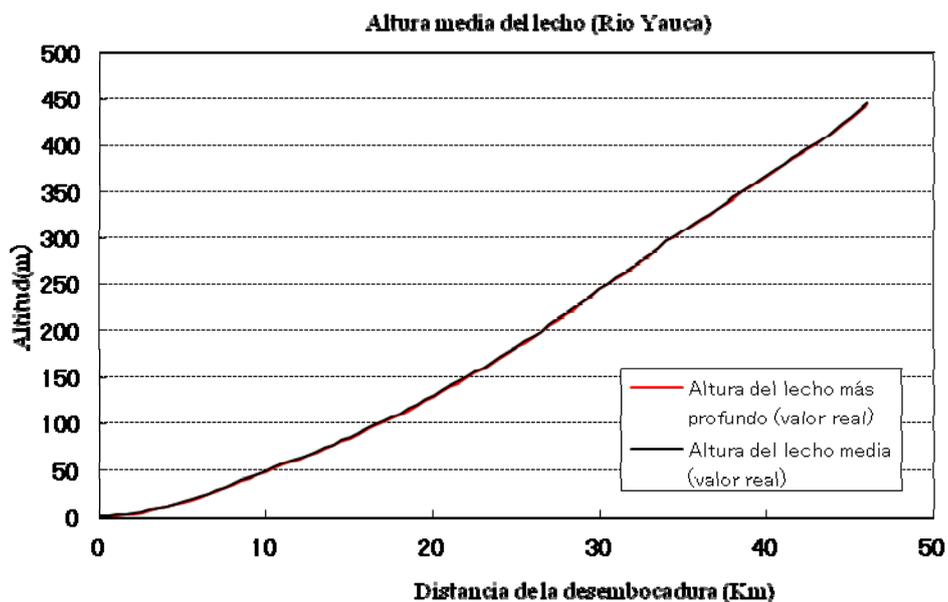


Figura 1.3-6 Altura media del lecho fluvial (Río Yauca)

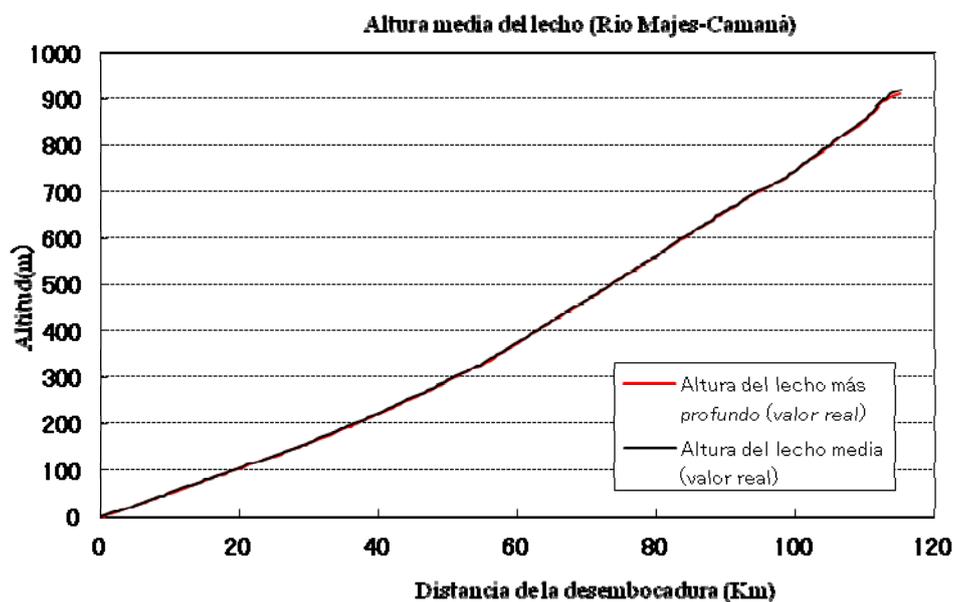


Figura 1.3-7 Altura media del lecho fluvial (Ríos Majes y Camaná)

1.3.2 Distribución granulométrica del lecho fluvial

En cuanto a la distribución granulométrica de los materiales del lecho fluvial, se ha realizado un estudio local en cada río para establecer las condiciones de distribución granulométrica. A continuación se muestran el resumen de dicho estudio y el resultado del mismo.

(1) Resumen del estudio

En la tabla 1.3-2 se muestra el resumen del estudio sobre los materiales del lecho fluvial. En cuanto al río Chicha, que se bifurca en dos ríos, se ha realizado el estudio para ambos.

Tabla 1.3-2 Resultados del levantamiento transversal utilizados para el cálculo

Río	No. de lugares de estudio	Puntos de estudio	Fecha de estudio
Chira	4 lugares	4k,42k,60k,93.5k	Diciembre 2010
Cañete	4 lugares	3k,12.5k,18k,25.5k	Noviembre 2010
Chincha	8 lugares (5 lugares en Chico) (3 lugares en Matagente)	Chico: 4k,11k,18k,21.5k,24.5k Matagente: 4k,12k,18k	Noviembre 2010
Pisco	4 lugares	5.5k,20k,35k,43k	Noviembre 2010
Yauca	4 lugares	5.5k,19k,29k,42k	Noviembre 2010
Majes y Camaná	5 lugares	7k,30k,55k,80k,100k	Septiembre 2011

(2) Método de estudio

Para realizar el estudio se ha establecido un área de muestreo de 1m x 1m en cada uno de los lugares de estudio, a fin de tomar muestras de los materiales componentes del lecho fluvial a una profundidad de 1m desde la superficie. A continuación, se han medido in situ el tamaño y peso de la grava con un diámetro superior a 76.2mm, y la arena con un diámetro inferior a 76.2mm se ha llevado al laboratorio para medir la distribución granulométrica mediante el tamizado. Finalmente, se han juntado todos los datos para determinar la distribución definitiva. En las fotografías desde 1.3-1 hasta 1.3-6 se muestra el aspecto del estudio local en cada río.



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-1 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Chira No.3)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-2 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Cañete No.4)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata

Fotografía 1.3-3 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Chíncha No.4)



Vista panorámica del sector explorado



Materiales extraídos de la excavación de calicata



Determinación del peso por tamaños de los materiales extraídos de la calicata



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado

Fotografía 1.3-4 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Pisco No.1)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata



Fotografía 1.3-5 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Río Yauca No.1)



Vista panorámica del sector explorado



Llenado de agua a la calicata para determinar el volumen excavado



Materiales extraídos de la excavación de la calicata



Fotografía 1.3-6 Aspecto del estudio de los materiales del lecho fluvial (Ríos Majes y Camaná No.2)

(3) Resultado del estudio

En las figuras desde 1.3-8 hasta 1.3-14 se muestra el resultado del estudio.

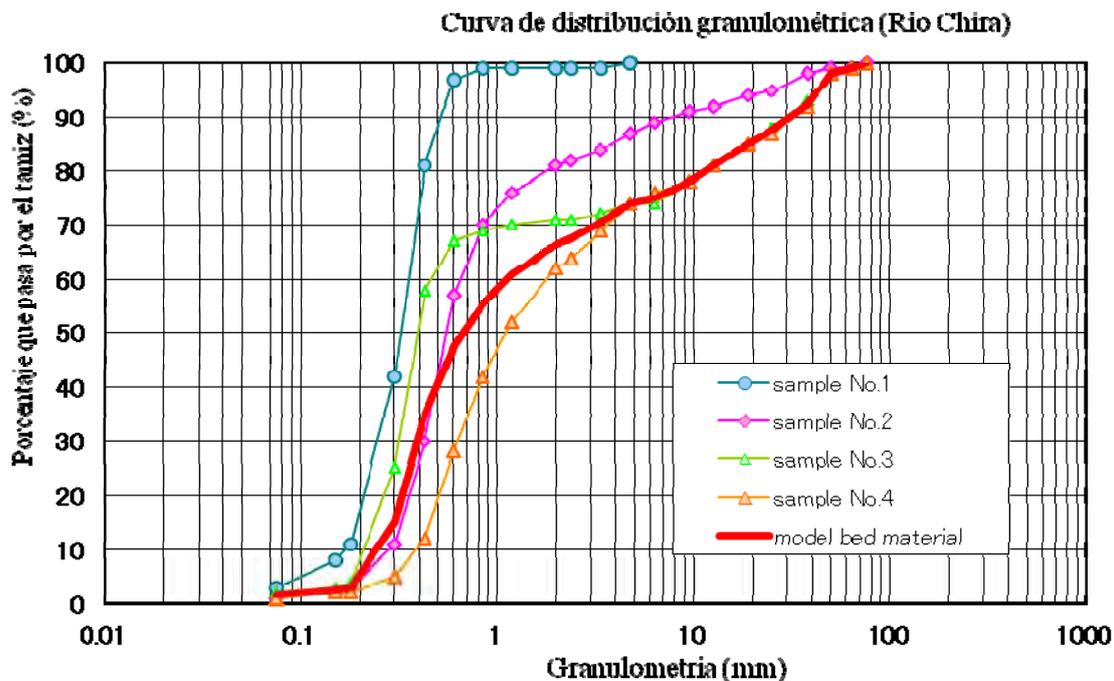


Figura 1.3-8 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chira)

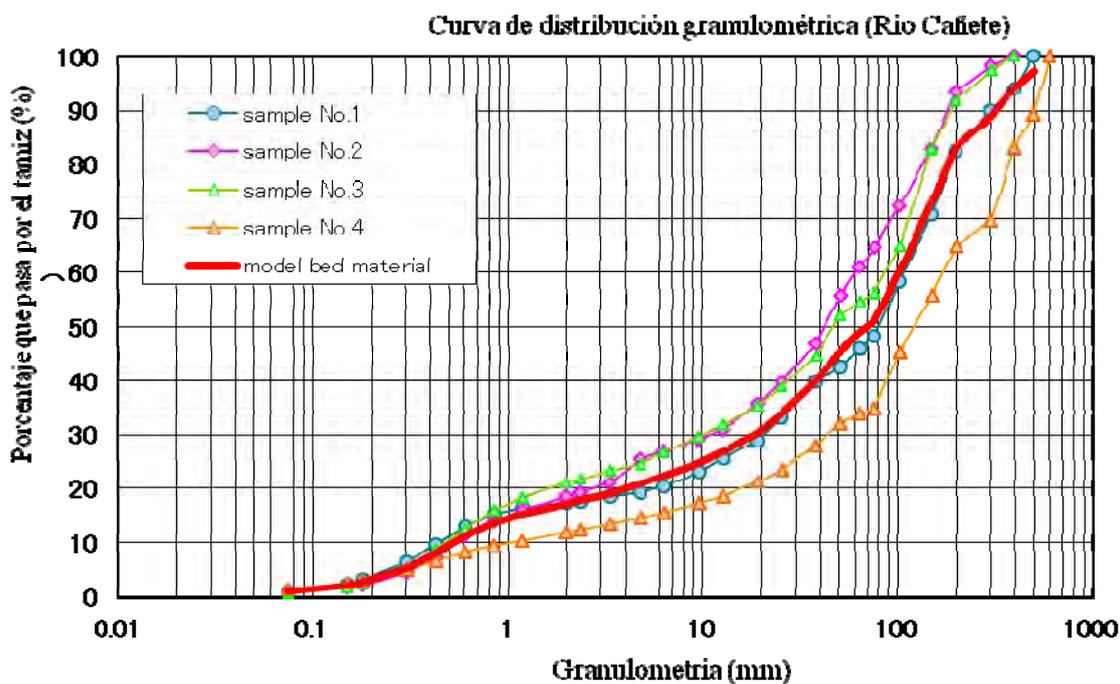


Figura 1.3-9 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Cañete)

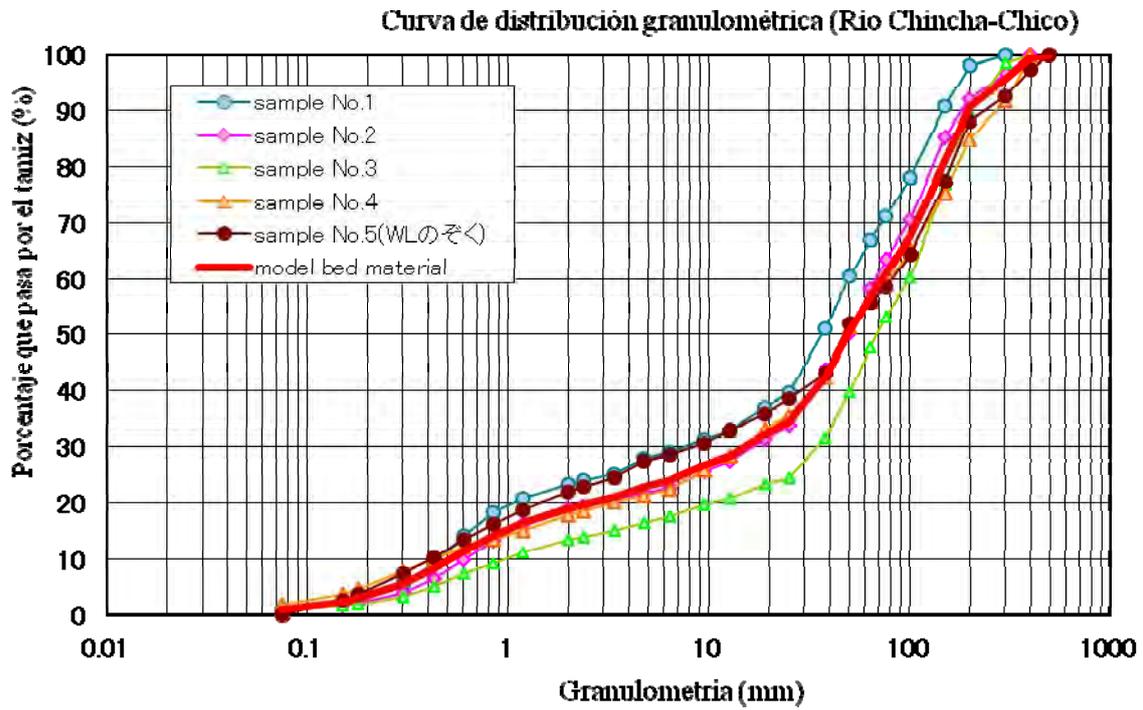


Figura 1.3-10 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Chíncha (Río Chico))

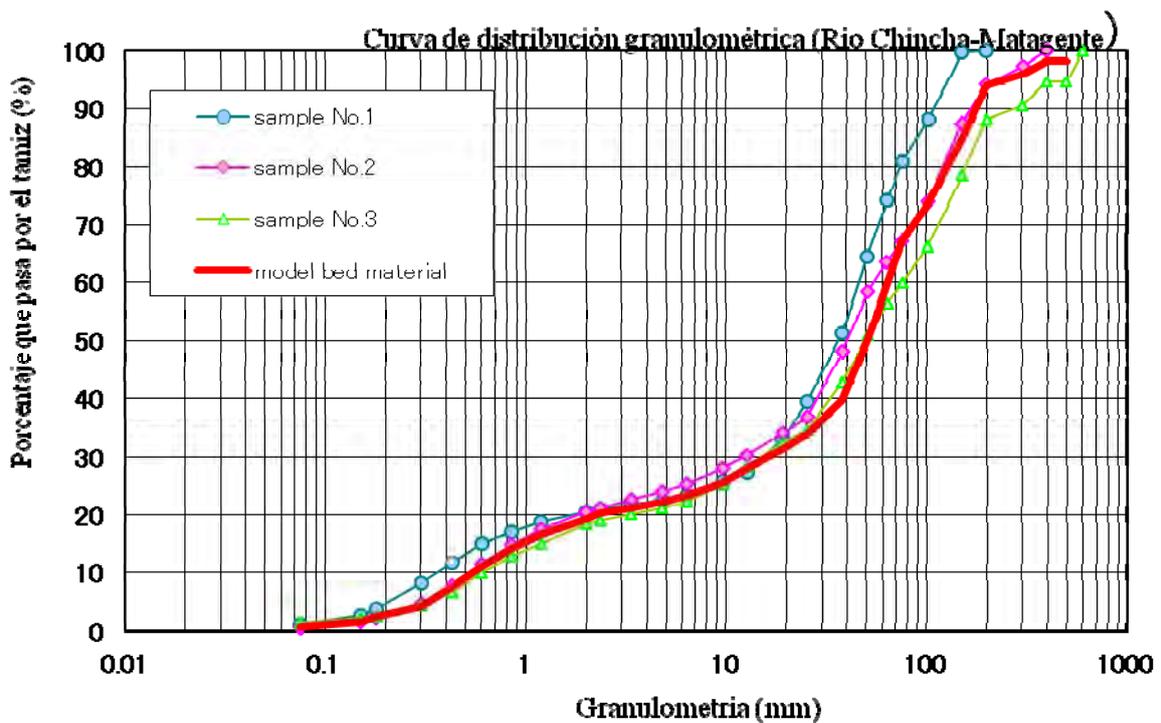


Figura 1.3-11 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica
 (Río Chíncha (Río Matagente))

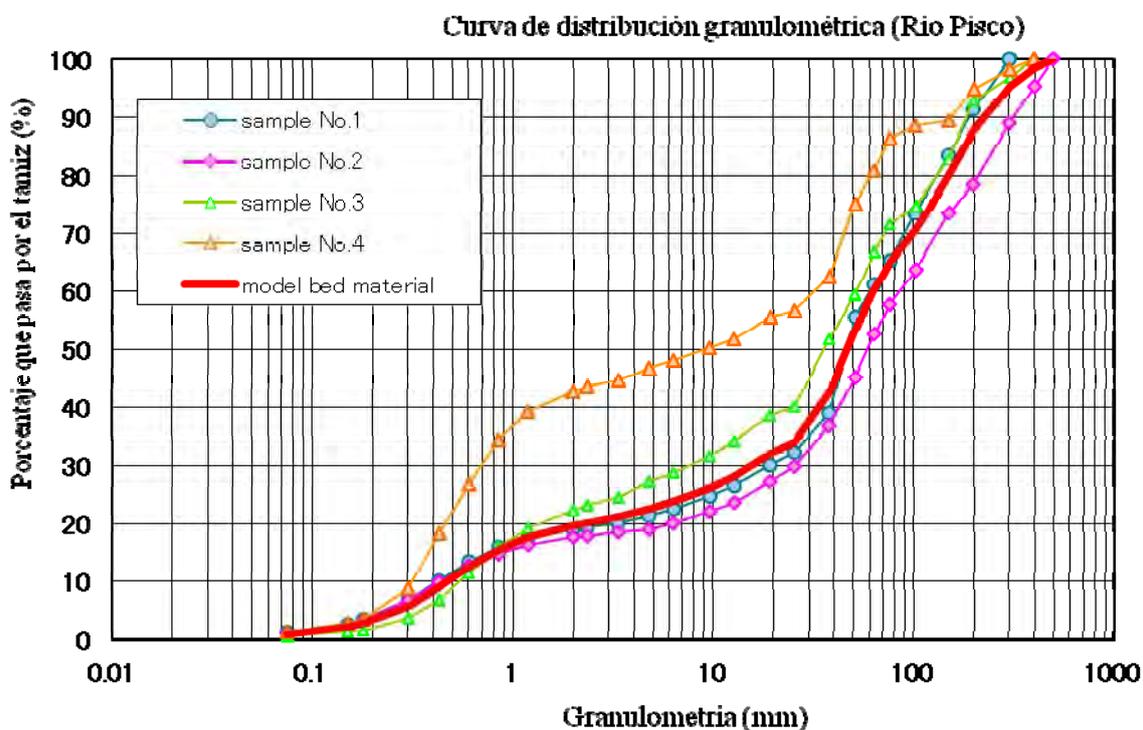


Figura 1.3-12 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Pisco)

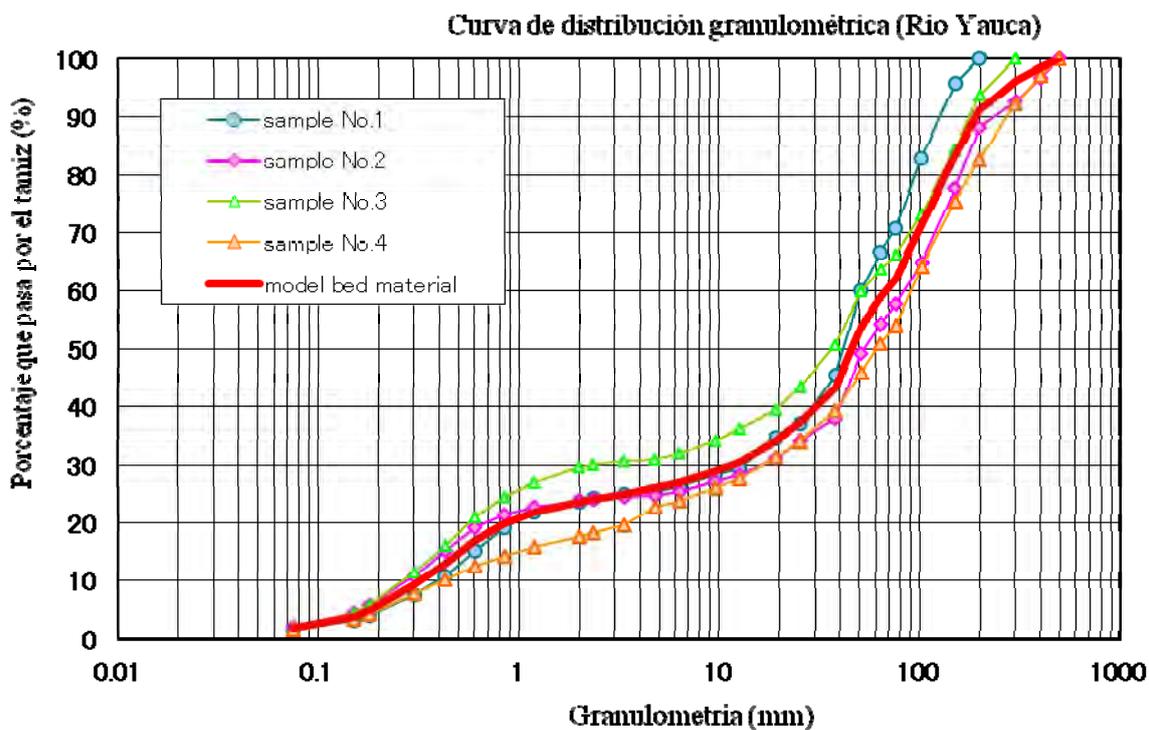


Figura 1.3-13 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Río Yauca)

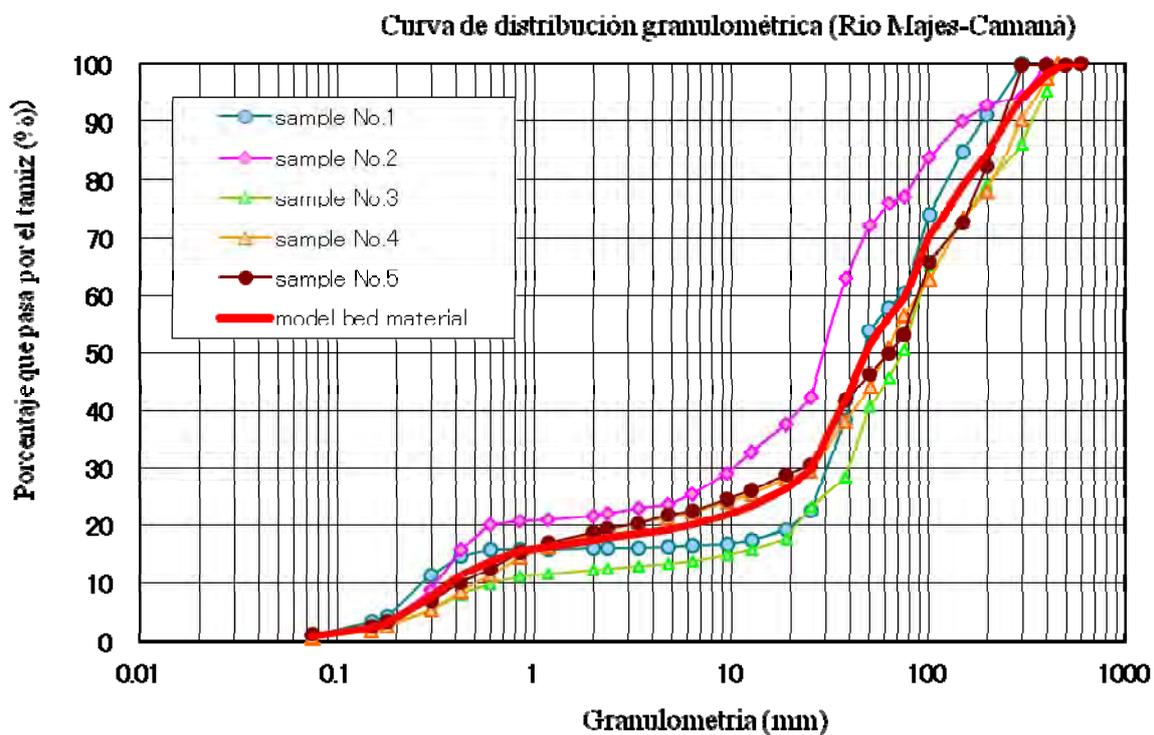


Figura 1.3-14 Resultado del estudio sobre la distribución granulométrica (Ríos Majes y Camaná)

(4) Clasificación granulométrica utilizada para el cálculo

En el análisis sobre la variación del lecho fluvial se calculan el desplazamiento y sedimentación de los materiales de diferentes tamaños que componen realmente el lecho. Sin embargo, en la práctica se clasifican los componentes en unos 10 grupos, estableciendo el diámetro representativo en cada grupo. En el presente análisis se han establecido las divisiones del tamaño abajo indicadas, teniendo en cuenta los resultados del estudio local de los materiales del lecho realizado en los 5 ríos. Por otra parte, en el río Cañete existen varios materiales cuyo diámetro supera 500mm, razón por la cual se ha añadido una división superior a 500mm.

Tabla 1.3-3 Clasificación granulométrica utilizada para el cálculo

Clasificación		División del tamaño		Tamaño representativo (mm)
Diámetro 1	Canto rodado	500.0	~ 75.0	193.6
Diámetro 2	Grava gruesa	75.0	~ 22.4	41.0
Diámetro 3	Grava mediana	22.4	~ 6.69	12.2
Diámetro 4	Grava fina	6.69	~ 2.00	3.66
Diámetro 5	Arena gruesa	2.000	~ 0.669	1.16
Diámetro 6	Arena mediana	0.669	~ 0.224	0.39
Diámetro 7	Arena fina	0.224	~ 0.075	0.13
Diámetro 8	Limo	0.075	~	0.075

1.3.3 Condiciones del caudal

El caudal de cada río se está midiendo con una periodicidad anual, y en cuanto al caudal máximo anual, existen datos desde hace muchos años (refiérase a la tabla 1.3-4). Sin embargo, no se encuentran datos detallados en orden cronológico. Por lo tanto, se ha considerado como onda cronológica de inundación representativa el resultado del análisis de inundaciones a partir de las precipitaciones de los diferentes períodos de retorno (refiérase al Anexo 1), realizado en el presente estudio. Luego, se ha utilizado como condiciones del caudal una onda del caudal, cuya magnitud ha sido compensada de manera que el caudal pico en la onda cronológica representativa coincida con el valor de medición del caudal máximo anual. En las figuras de 1.3-15 a 1.3-21 se muestran los datos de medición sobre el caudal máximo anual, utilizados para el cálculo.

Tabla 1.3-4 Estado de medición del caudal en los 5 ríos objetivos y aplicación a condiciones de cálculo

Río	Período de existencia de datos de caudal	Período de aplicación del cálculo	Observaciones
Chira	Volumen de entrada de agua a la Presa Poechos, 1975-1997 (23 años)	1975-1997 (23 años)×2 veces + 1975-1978 (4 años)	Existe la Presa Poechos a 99.5km, por lo que se utiliza el volumen de descarga de agua para el cálculo. Por otra parte, el volumen de entrada de agua a la presa se utiliza para determinar el caudal de los afluentes de aguas abajo.
	Volumen de descarga de agua de la Presa Poechos 1975-1997 (23 años)	- ídem -	
Cañete	1926-2006 (74 años)	1957-2006 (50 años)	Se adoptan los datos de los últimos 50 años.
Chincha	1950-2006 (57 años)	1957-2006(50 años)	
Pisco	1933-2008 (76 años)	1959-2008 (50 años)	
Yauca	1961-2008 (48 años)	1961-2008 (48 años)+2 años (1961-1962)	
Majes y Camaná	1971-2002 (32 años)	1971-2002 (32 años) + 1971-1988 (18 años)	

* Los datos del caudal corresponden al máximo anual

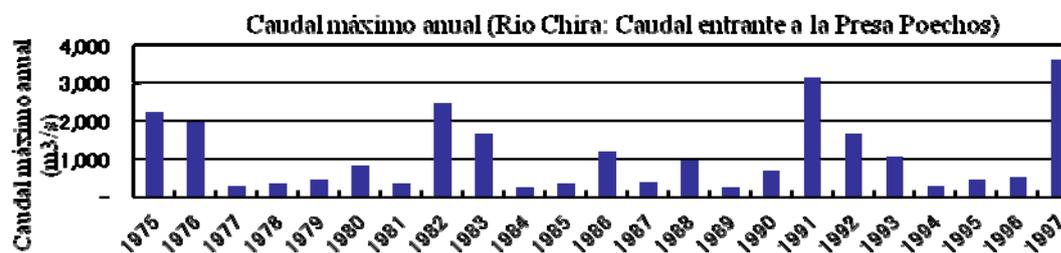


Figura 1.3-15 Caudal máximo anual

(valor medido: Río Chira: volumen de entrada a la Presa Pochos)

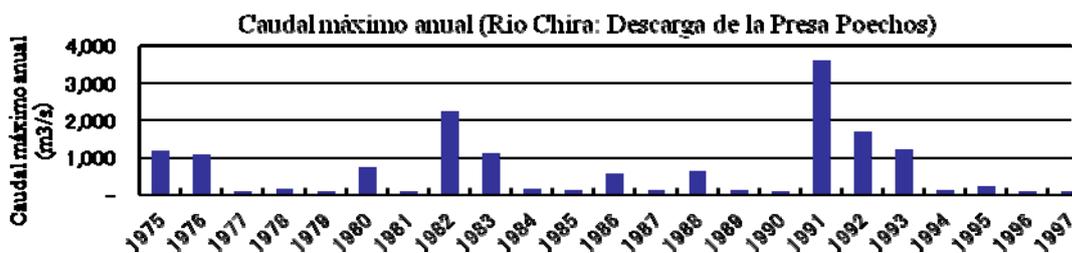


Figura 1.3-16 Caudal máximo anual

(valor medido: Río Chira: volumen de descarga de la Presa Pochos)

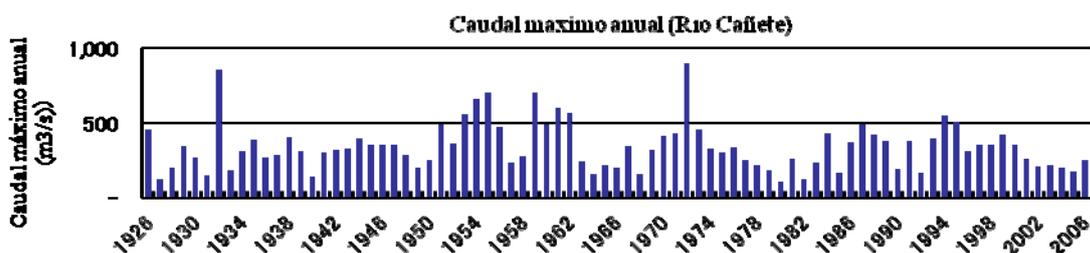


Figura 1.3-17 Caudal máximo anual (valor medido: Río Cañete)

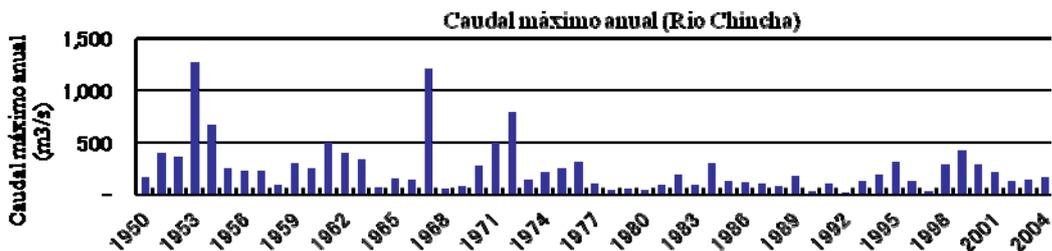


Figura 1.3-18 Caudal máximo anual (valor medido: Río Chancha)

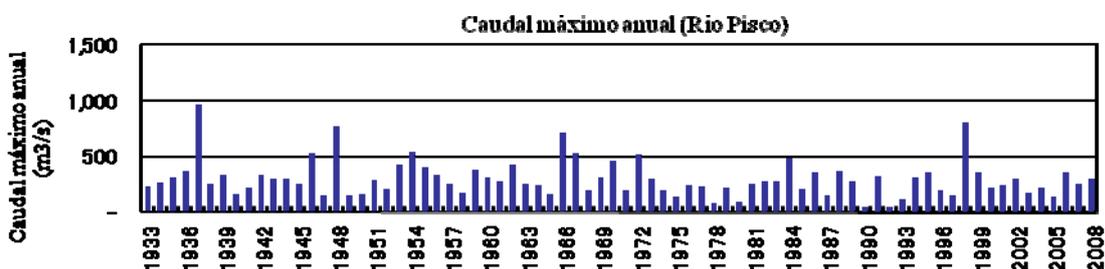


Figura 1.3-19 Caudal máximo anual (valor medido: Río Pisco)

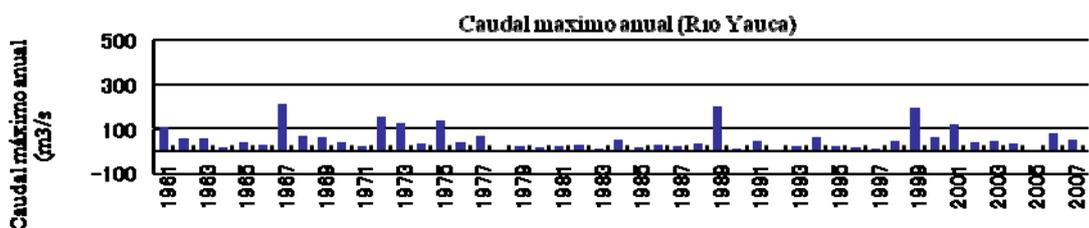


Figura 1.3-20 Caudal máximo anual (valor medido: Río Yauca)

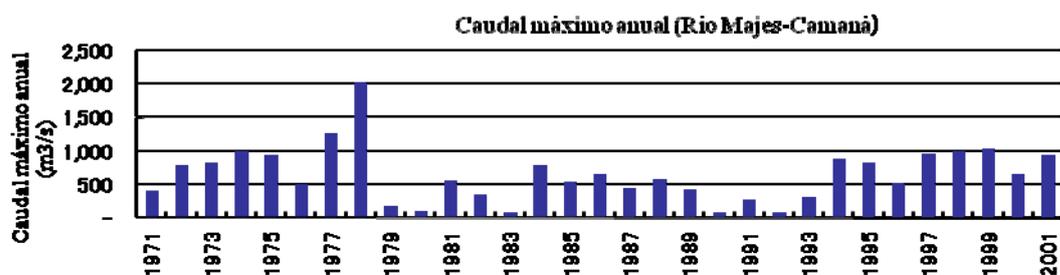


Figura 1.3-21 Caudal máximo anual (valor medido: Ríos Majes y Camaná)

1.3.4 Condiciones de entrada de sedimentos

(1) Método de suposición

A continuación se menciona sobre el establecimiento del volumen de entrada de sedimentos desde aguas arriba, que resulta muy importante para las condiciones de cálculo. Como métodos de establecimiento de dicho volumen, se pueden considerar ① **suposición a partir de la fórmula del volumen de sedimentos movedizos** y, ② **suposición en base a los datos reales de sedimentación en las presas**. La suposición ① estima la cantidad de sedimentos movedizos según cada caudal, introduciendo las características del cauce identificadas en cada río (forma seccional, inclinación del lecho y materiales del lecho) en la fórmula existente. Por otra parte, la suposición ② estima la cantidad de sedimentos que llegan desde aguas arriba a partir de los datos medidos respecto a la cantidad de sedimentos anuales que se depositan en la Presa Poechos, construida en el río Chira.

En el presente estudio, se ha realizado el análisis sobre la variación del lecho, utilizando ambos métodos ① y ②, para establecer las condiciones de entrada desde aguas arriba. El resultado de lo anterior ha revelado que utilizando los resultados de suposición del método ① se ha podido reproducir de manera más correcta la situación del lecho de cada río. Por lo tanto, **se ha decidido adoptar el método ① como condiciones de entrada de sedimentos en los 5 ríos arriba indicados**.

Por otra parte, en cuanto al río Chira, se encuentra instalada la Presa Poechos en el punto extremo del área objeto del estudio, por lo que se establece la cantidad de sedimentos ingresados en cero (0). Sin embargo, existe un afluente relativamente grande (río Chipillico) aguas abajo, muy cerca de dicha presa, razón por la cual se ha tenido en cuenta la cantidad de sedimentos que entran desde este afluente.

Tabla 1.3-5 Establecimiento del volumen de sedimentos ingresados

Río	Suposición de entrada de sedimentos	Observaciones
Chira	Cero (ya que existe una presa)	Se aplica la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados* para los afluentes.
Cañete	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Se establece por el análisis de sensibilidad.
Chincha	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Pisco	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Yauca	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Majes y Camaná	Fórmula existente de sedimentos movedizos	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados

*Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados: Es la máxima cantidad que se pueda mover según las condiciones del caudal y características del cauce de las áreas correspondientes.

(2) Establecimiento del volumen de sedimentos que entran en el río Cañete

En cuanto al río Cañete, al aplicarse la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados como volumen de sedimentos que entran desde aguas arriba, ha resultado una gran subida del lecho en el río arriba, muy diferente al estado actual, razón por la cual se ha realizado el análisis sobre la variación del lecho en los 3 casos abajo indicados, cuyos resultados se mencionan más abajo.

Caso	Entrada de sedimentos	Observaciones
Caso 1	116 mil m ³ /año	Cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Caso 2	60 mil m ³ /año	1/2 de la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados
Caso 3	30 mil m ³ /año	1/4 de la cantidad de sedimentos movedizos equilibrados

1.3.5 Otros

Se han resumido otras condiciones principales para el cálculo, cuyo resultado se muestra en la tabla 1.3-6.

Tabla 1.3-6 Otras condiciones para el cálculo (5 ríos objetivos)

Parámetro	Contenido	Observaciones
Cada tiempo	$\Delta t=2\text{sec}$	
Cada espacio	$\Delta x =500\text{m}$ (Chira, $\Delta x=250\text{m}$ (Majes y Camaná) $\Delta x =100\text{m}$ (excepto los 2 ríos arriba indicados)	
Coefficiente del diámetro representativo	Diámetro 9 (Cañete) Diámetro 8 (excepto Cañete)	
Caudal en el extremo de aguas arriba	Elaboración de datos para 50 años en base al caudal medido (caudal máximo anual)	
Nivel de agua en el extremo de aguas abajo	Profundidad normal	
Entrada de sedimentos desde afluentes	Río Chira: Se considera la entrada de sedimentos, ya que existe un afluente relativamente grande (río Chipillico) aguas abajo, muy cerca de la Presa Poechos. Otros ríos: No se considera la entrada de sedimentos, ya que no existen afluentes grandes dentro del área de estudio.	
Porosidad	0,4 (constante)	Se aplica el valor estándar de las gravas.
Coefficiente de rugosidad	$n=0,03$ (Río Chira) $n=0,05$ (Otros 5 ríos, excepto el río Chira)	En el río Chira los materiales del lecho son más finos que en otros ríos.

Capítulo II Resultado de Análisis

A continuación se indica el resultado del análisis sobre la variación del lecho en los ríos Chira, Cañete, Chincha, Pisco, Yauca, Camaná y Majes.

2.1 Resultado del análisis (comparación de los 6 ríos)

Primeramente, se ha hecho una comparación a grandes rasgos respecto al resultado de los 5 ríos objeto para los próximos 50 años, cuyo resumen se muestra en las tablas 2.1-1 y 2.1-2 y en las figuras 2.1-1 y 2.1-2. A través de estos datos, se puede saber lo siguiente:

- En cualquiera de los 5 ríos, excepto el río Chira, está subiendo la altura media del lecho, lo cual hace suponer que se trata de ríos fundamentalmente con una tendencia creciente de sedimentos. En cuanto a la cantidad total de entrada de sedimentos y cantidad total de variación del nivel del lecho, los 3 ríos, Majes/Camaná, Chincha y Pisco, presentan valores más altos comparando con los ríos Cañete y Yauca. Por otra parte, aguas arriba del río Chira se encuentra una presa (Pochos) dentro del área objeto de estudio, y hasta el momento dicha presa no tiene demasiada cantidad de sedimentos acumulados, quedando retenidos por la presa casi la totalidad de sedimentos producidos aguas arriba. Por esta razón, aguas abajo de la presa se muestra normalmente una tendencia decreciente del nivel del lecho
- Entre los 6 ríos, los ríos Majes, Camaná, Chincha y Pisco tienden a tener sedimentos acumulados. Esta tendencia es comprensible intuitivamente a través de las encuestas locales y la comparación del estado del lecho (refiérase a la tabla 2.1-2). Por otra parte, en el río Yauca es pequeña la cantidad de entrada de sedimentos en comparación con otros ríos, lo cual se debe principalmente a que el caudal (fuerza externa) que puede desplazar los sedimentos es escaso.
- En el río Cañete, aunque la superficie de la cuenca es grande, resulta pequeña la cantidad total de sedimentos que entran. Esto es el resultado de la evaluación general del pronóstico de la variación del lecho del río Cañete y del estudio local. Los detalles del resultado obtenido se mencionan más abajo.
- La cantidad de sedimentos en los ríos Majes y Camaná es grande en comparación con otros ríos, debiéndose la razón de esto a que la superficie de la cuenca es bastante grande en comparación con otros ríos, siendo grande también la magnitud de inundaciones (refiérase a la figura 2.1-3), por lo que pueden ser transportados una gran cantidad de sedimentos hacia aguas abajo. Por otra parte, la cantidad de variación del lecho (cantidad de sedimentos) es grande; sin embargo, la altura media del lecho alcanza sólo 0.2m en 50 años, y la variación de la altura es más pequeña que la del río Chincha.

Tabla 2.1-1 Resultado de análisis (1)

Río	Total sedimentos ingresados (mil m ³)	Sedimentos ingresados/año (mil m ³)	Total variación del lecho (mil m ³)	Variación media del lecho (m)	Observaciones
Cañete	3,000	60	673	0.2	
Chincha	5,759	115	2,610	0.5	Suma de los ríos Chico y Matagente
Pisco	8,658	173	2,571	0.2	
Yauca	1,192	24	685	0.1	
Chira	5,000	100	-1,648	-0.01	Se consideran cero los sedimentos que entren en el río acusa de la presencia de la presa.
Majes-Camaná	20,956	419	5,316	0.2	

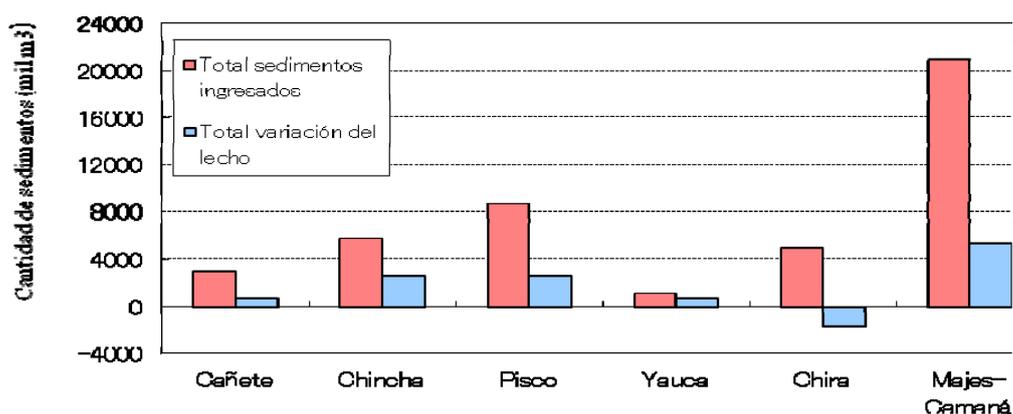


Figura 2.1-1 Resultado de análisis 1 (comparación de la cantidad de sedimentos)

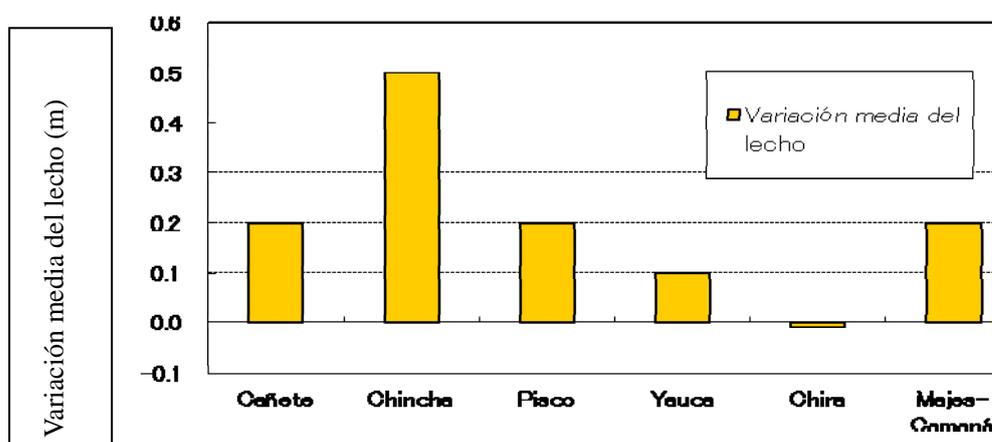
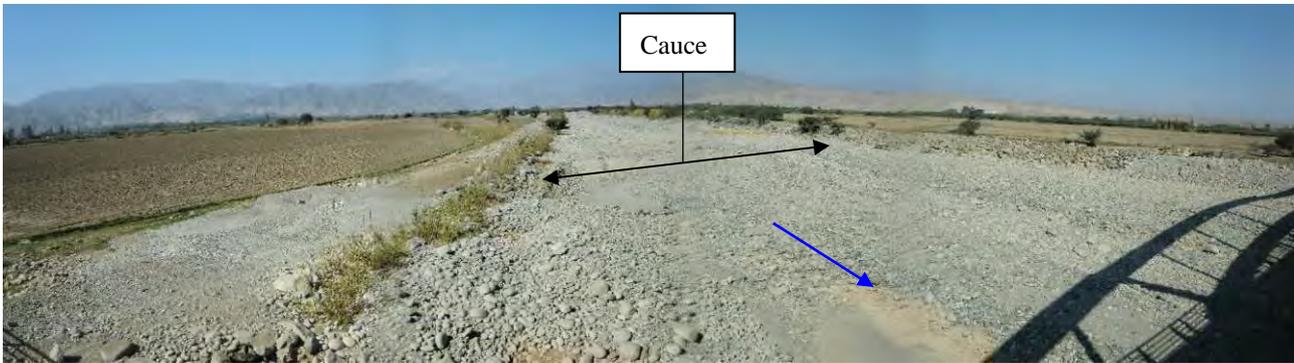
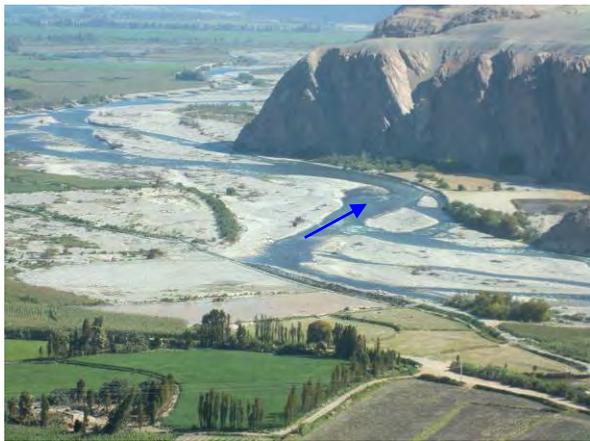


Figura 2.1-2 Resultado del análisis 2 (comparación de la variación de la altura del lecho)

Tabla 2.1-2 Situación de los lugares con subida notable del lecho

Cauce enterrado por los sedimentos acumulados en el río Chincha (16km de Matagente)	
	
Sedimentos depositados aguas arriba del estrangulamiento del río Pisco (14.5km).	Sedimentos depositados en el tramo de ensanchamiento de los ríos Majes y Camaná (60km).
	

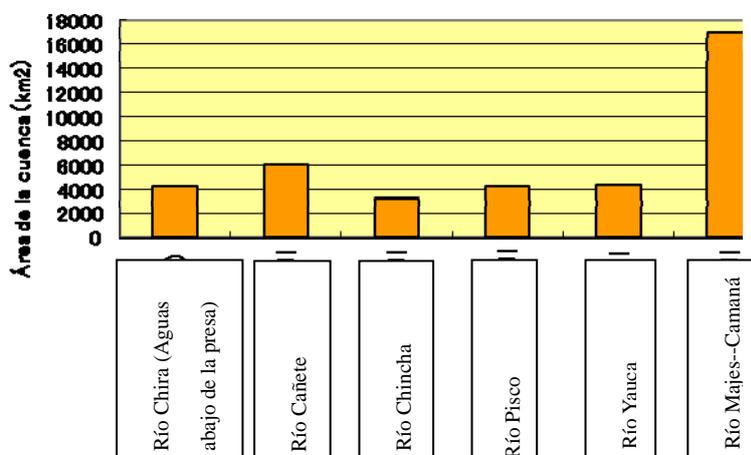


Figura 2.1-3 Comparación de la superficie de la cuenca

2.2 Tendencia de la variación futura del lecho en los ríos

En las figuras de 2.2-1 a 2.2-11 se muestra el resultado del análisis sobre la variación del lecho de cada río, cuyos detalles se explican a continuación.

(1) Río Chira

Según el resultado del análisis del río Chira, se puede suponer lo siguiente:

- En el río Chira se retiene la salida de sedimentos por la Presa Poechos, por lo que la bajada del lecho es muy notable aguas abajo, muy próximo a dicha presa.
- Por otra parte, en la Presa Sullana, ubicada en el curso medio, se depositan los sedimentos transportados de los cauces y afluentes de aguas arriba, por lo que sube el lecho fluvial. Se considera que, de momento, no existen problemas; sin embargo, si no se realiza la excavación de mantenimiento, cabe la posibilidad de que resulte insuficiente la capacidad de conducción de agua en el futuro.
- En las cuencas de aguas abajo existen numerosos tramos donde no se produce normalmente una variación grande del lecho, sin embargo, hay algunos lugares donde se producirá una bajada del lecho justo después de grandes inundaciones. Este resultado coincide con la tendencia de los testimonios obtenidos in situ, por lo que se ha confirmado la efectividad del presente modelo.

(2) Río Cañete

Como resultado de análisis comparativo, en el caso 1 se prevé una subida máxima del lecho de 3.5m en el tramo del 27km a 31km. Se considera que esto se debe a que el cauce de dicho tramo es muy estrecho, por lo que no puede ser transportada la totalidad de sedimentos ingresados río arriba hacia río abajo. Sin embargo, teniendo en cuenta las preguntas y respuestas realizadas in situ y el estudio local, existe poca posibilidad de que los sedimentos ingresados puedan dar lugar a la subida del lecho en los tramos de aguas arriba del río Cañete. Además de esto, se construyó una presa aguas arriba de este río. En vista de esta situación, se ha realizado estudio de otros 2 casos, en que se ha disminuido la cantidad de sedimentos. Como resultado de este estudio, se puede considerar que el caso 2 es el que se acerca relativamente más a la situación actual.

En el río Cañete últimamente fue construida curso arriba la prese Plantanal, presa exclusiva para la generación eléctrica, y los impactos de dicha presa sobre la futura variación del lecho fluvial se describen a continuación.

Tabla 2.2-1 Casos de Cañete objeto de estudio

Caso	Cantidad total de sedimentos ingresados	Subida máxima del lecho en los tramos de aguas arriba	Evaluación
Caso 1	5820 mil m ³ 116 mil m ³ /año	3.5m (después de 50 años) 1.7m (después de 10 años)	Se aprecia la subida del lecho en los tramos de aguas arriba y una subida de 0.6m en la totalidad del cauce de aguas abajo. ×
Caso 2	3000 mil m ³ 60 mil m ³ /año	2.1m (después de 50 años) 1.2m (después de 10 años)	La subida del lecho en los tramos de aguas arriba es más pequeña que en el caso 1. Se aprecia una subida media de 0.2m en la totalidad del cauce. ○
Caso 3	1500 mil m ³ 30 mil m ³ /año	1.5m (después de 50 años) 0.9m (después de 10 años)	La subida del lecho en los tramos de aguas arriba es más pequeña que en los casos 1 y 2. Se aprecia la bajada del lecho en el tramo de 19km a 25km. Δ

(Impactos de la presa Plantanal sobre la variación del lecho fluvial en el curso bajo)

La presa Plantanal es una presa que aprovecha el agua para la generación eléctrica y se puso en servicio desde septiembre de 2009. Es una presa de pequeña magnitud con una altura de 35.7m y una capacidad de acumulación de agua de 0.8 – 0.9 x 10⁶ m³ (800 – 900 mil m³) (véase la foto). La presa está ubicada a 60 km curso alto de la desembocadura y un poco más arriba de los tramos objeto del estudio, pero la cantidad de sedimentos descargados será de un nivel similar. Teniendo en cuenta que los sedimentos descargados del río Cañete son del orden de 60 mil m³/año, la presa quedará llena en los próximos 10 años y muy posiblemente descargará de nuevo los sedimentos río abajo. Por tanto, en los próximos 10 años la altura del lecho bajará temporalmente por la interrupción del suministro de sedimentos, pero a la larga, será provisional el impacto de la presa sobre el canal fluvial en el curso bajo. Aunque la presa haya quedado llena de sedimentos, mantendrá las funciones reguladoras de descarga de sedimentos que es la función de una presa de control de sedimentos. Por lo tanto, al producirse grandes descargas de sedimentos en la cuenca alta en el futuro, la presa regulará el volumen de descarga y pese a que ocurra un aumento de la altura del lecho en una velocidad estimada en el pronóstico de la variación del lecho a largo plazo, será difícil que se presente una subida drástica del lecho en un corto periodo.

Tabla 2.2-2 Elementos de la presa Plantanal

Objetivo	Generación eléctrica
Altura de la presa	35.7m
Capacidad de agua	0.8 – 0.9 x 10 ⁶ m ³
Año de puesta en operación	Septiembre de 2009
Superficie de la cuenca	3,280km ²

Tabla 2.2-3 Estado de las instalaciones de la presa Plantanal

Instalaciones de la presa Plantanal	Embalse (curso arriba)
	

(3) Río Chíncha

En cuanto al río Chíncha, **se desconoce la proporción de distribución de sedimentos, mediante la obra actual de derivación, que entran al río Chico y río Matagente.** En vista de esta situación, para el pronóstico futuro se han estudiado 2 casos que son: ① Caso de entrar la totalidad de sedimentos a cada uno de los 2 ríos, respectivamente, y ② Caso de entrar la mitad de los sedimentos a cada uno de los 2 ríos, con una proporción de 1 : 1. (El caso ① se basa en que la obra de derivación no funciona, y el caso ② se basa en que dicha obra funciona.) En las tabla 1.1 se muestra el resultado del caso ①.

Según el resultado obtenido, se puede considerar lo siguiente:

- Cuando se rehabilite la presa de derivación en el río Chíncha, que permitirá distribuir los sedimentos y el caudal de agua en una proporción equitativa de 1:1, se supone que la subida del lecho será aproximadamente de 20 a 30cm, como promedio, dentro de 50 años. Por otra parte, en el caso de que no se realice la rehabilitación de dicha presa, y los sedimentos y el caudal se concentren en un río, la subida del lecho dentro de 50 años será de 40 a 60cm, resultando casi doble que en el caso anterior. Por consiguiente, se ha confirmado que la subida del lecho puede ser frenada mediante la rehabilitación de la presa de derivación.
- Observando la relación entre los puntos críticos y la variación del lecho, justo por debajo de los puntos C-1 y C-2 del río Chico se acumulan los sedimentos, siendo alto el riesgo de producirse inundaciones aguas arriba. Por otra parte, en el río Matagente se acumulan los sedimentos en los puntos M-3 y M-4, por lo que también es alto el riesgo de inundaciones en dichos puntos. Se considera necesario realizar un mantenimiento periódico en todos estos puntos.

(4) Río Pisco

Según el resultado del análisis del río Pisco, se supone lo siguiente:

- Se estima que en el río Pisco puede haber una subida del lecho de aproximadamente 20cm, como promedio, en los próximos 50 años. Observando sólo el valor medio, es relativamente pequeña la cantidad de subida; sin embargo, una observación minuciosa revela que, justo abajo del estrangulamiento se ha producido una subida aproximada máxima de 1m, siendo alto el riesgo de inundaciones. Es deseable que se realice un mantenimiento periódico para excavar los sedimentos en los puntos de estrangulamiento.
- En el punto 30km se observa una bajada del lecho, que se produce muy parcialmente, sin embargo, es difícil considerar dicho punto como lugar crítico en el momento actual, en que no existen datos que permitan hacer una verificación, teniendo en cuenta, además, la precisión del cálculo unidimensional de la variación del lecho.

(5) Río Yauca

Según el resultado del análisis del río Yauca, se supone lo siguiente:

- Se supone que en el río Yauca se produce una subida del lecho de aproximadamente 10cm, como promedio, en los próximos 50 años. Aunque se produce parcialmente la subida del lecho en la desembocadura y aguas arriba del río, se puede decir que el lecho, en general, se encuentra en una tendencia a la estabilización. Esto se debe principalmente a que el caudal del río que transporta los sedimentos es pequeño, más bien que a que la cantidad de suministro de los sedimentos sea pequeña.
- Por otra parte, se están acumulando sedimentos en el punto más abajo del río, sin embargo, se considera que esta acumulación, de momento, no puede causar demasiado problema, ya que en dicho punto no hay lugares críticos.

(6) Ríos Majes y Camaná

Según el resultado del análisis de los ríos Majes y Camaná, se supone lo siguiente:

- Se supone que en los ríos Majes y Camaná puede haber una subida del lecho de aproximadamente 20cm, como promedio, en los próximos 50 años. Observando los valores medios, la posibilidad de producirse grandes problemas es pequeña respecto a la prevención de inundaciones; sin embargo, se prevé una subida del lecho de aproximadamente 0.8m y 1.0m en las cercanías de los puntos 13km y 101km, respectivamente.
- Se supone que la subida del lecho en el punto 13km se debe a que los sedimentos acumulados en el área de ensanchamiento, que se encuentra aguas abajo del área de estrangulamiento del punto 13km, se ha extendido hacia aguas arriba. En el punto 12.8km existe una bocatoma de agua, y dichos sedimentos pueden causar inconvenientes para la captación del agua, razón por la cual se puede decir

que es un lugar donde se requiere realizar la excavación. Asimismo, el punto 101km también es un área de ensanchamiento, que se encuentra aguas abajo del punto de estrangulamiento, habiéndose producido inundaciones en el pasado, por lo que se puede decir que es un lugar donde se necesita hacer la excavación, desde el punto de vista de la prevención de desastres.

- Se aprecia la subida del lecho también en otros tramos, además de los puntos 101km y 13km, sin embargo, se considera que la necesidad de excavación es pequeña, ya que se trata de una subida por termino medio.
- ~~Por todo lo anterior, en cuanto a los ríos Majes y Camaná, se puede decir que los tramos alrededor de los puntos 101km y 13km requieren excavación, desde el punto de vista de la prevención de inundaciones y del aprovechamiento del agua.~~

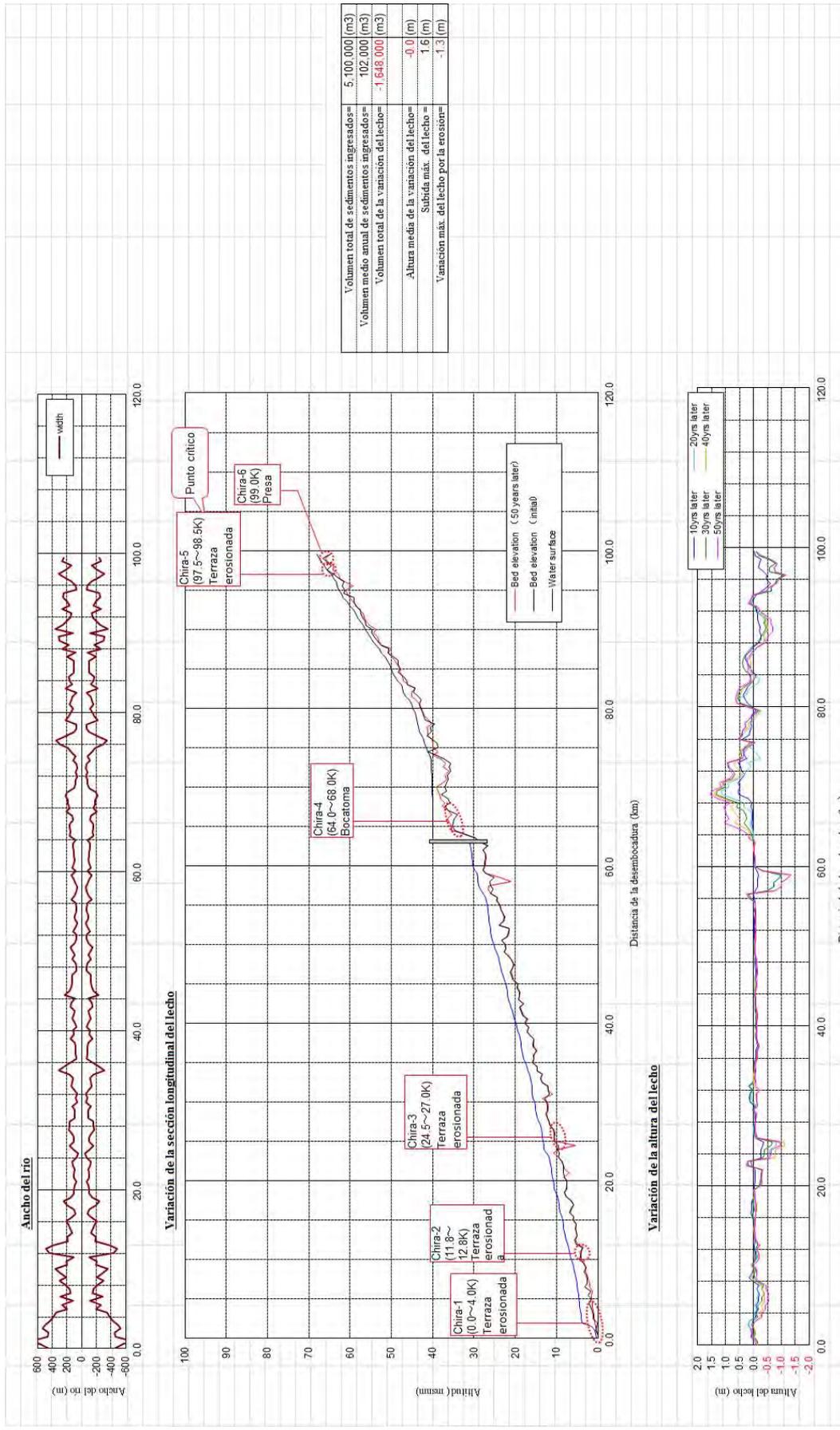


Figura 2.2-1 Resultado del análisis (Río Chira)

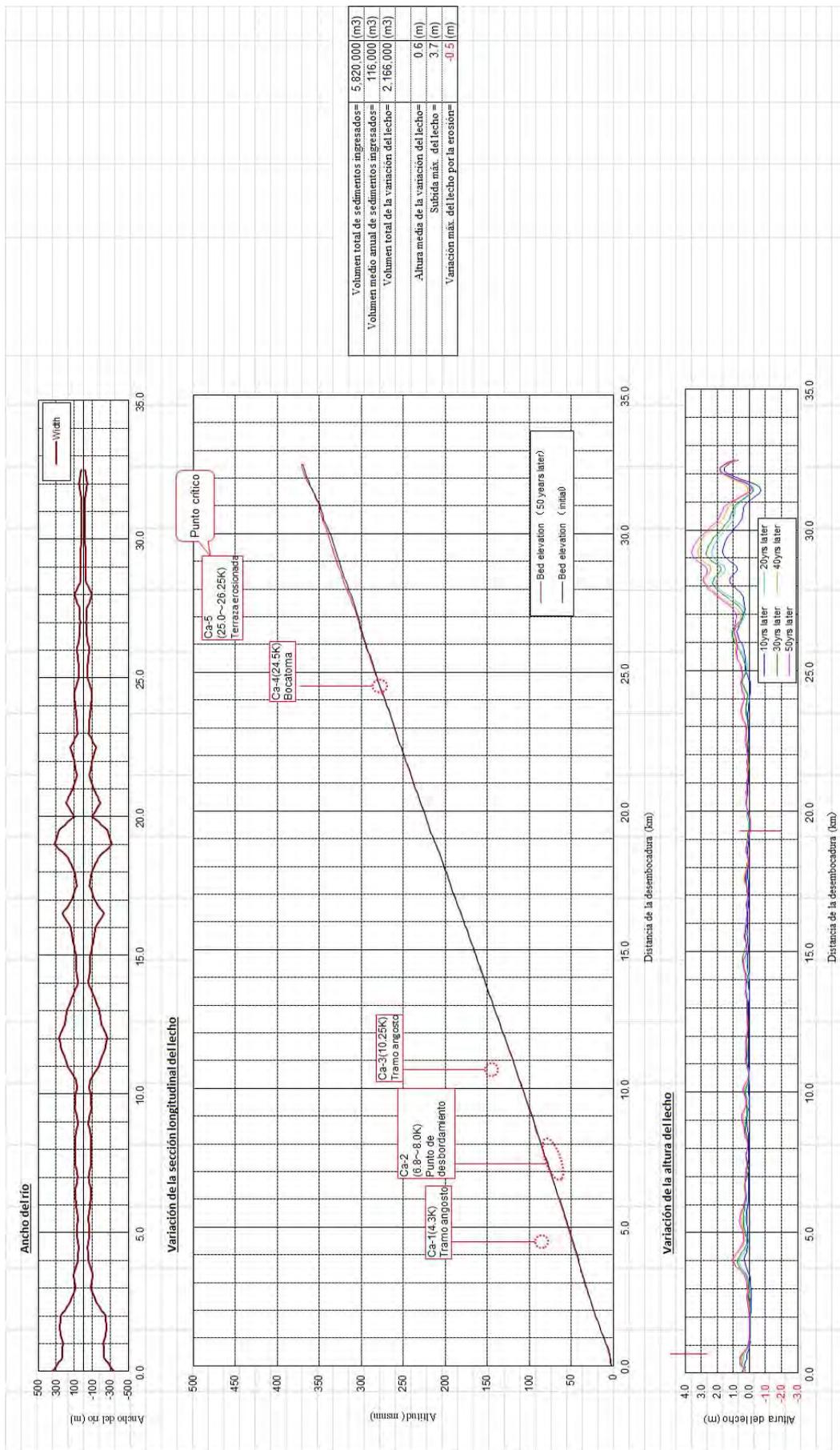


Figura 2.2-2 Resultado del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos ingresados en una cantidad equilibrada)

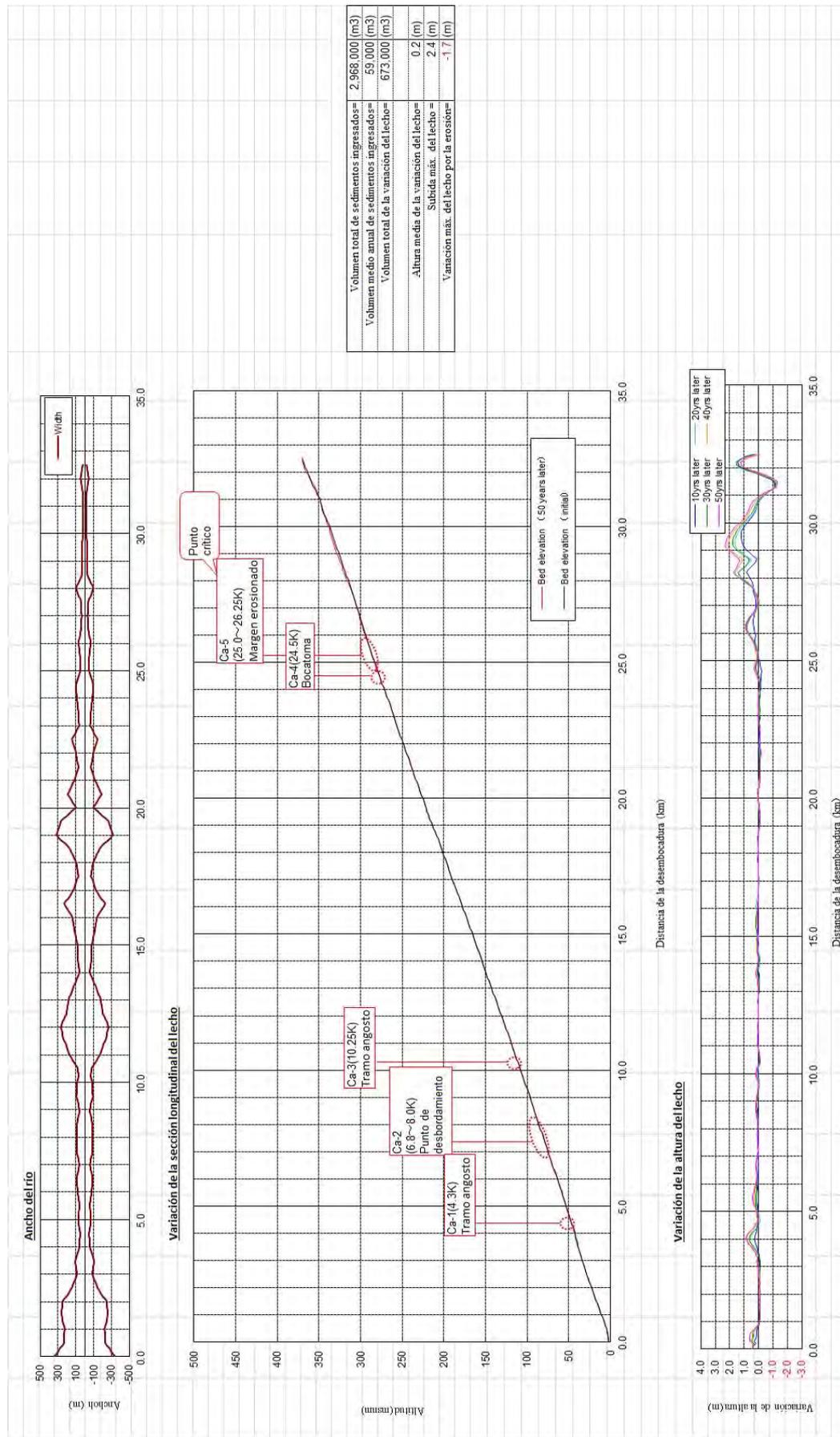


Figura 2.2-3 Resultado del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos ingresados en la mitad de la cantidad equilibrada)

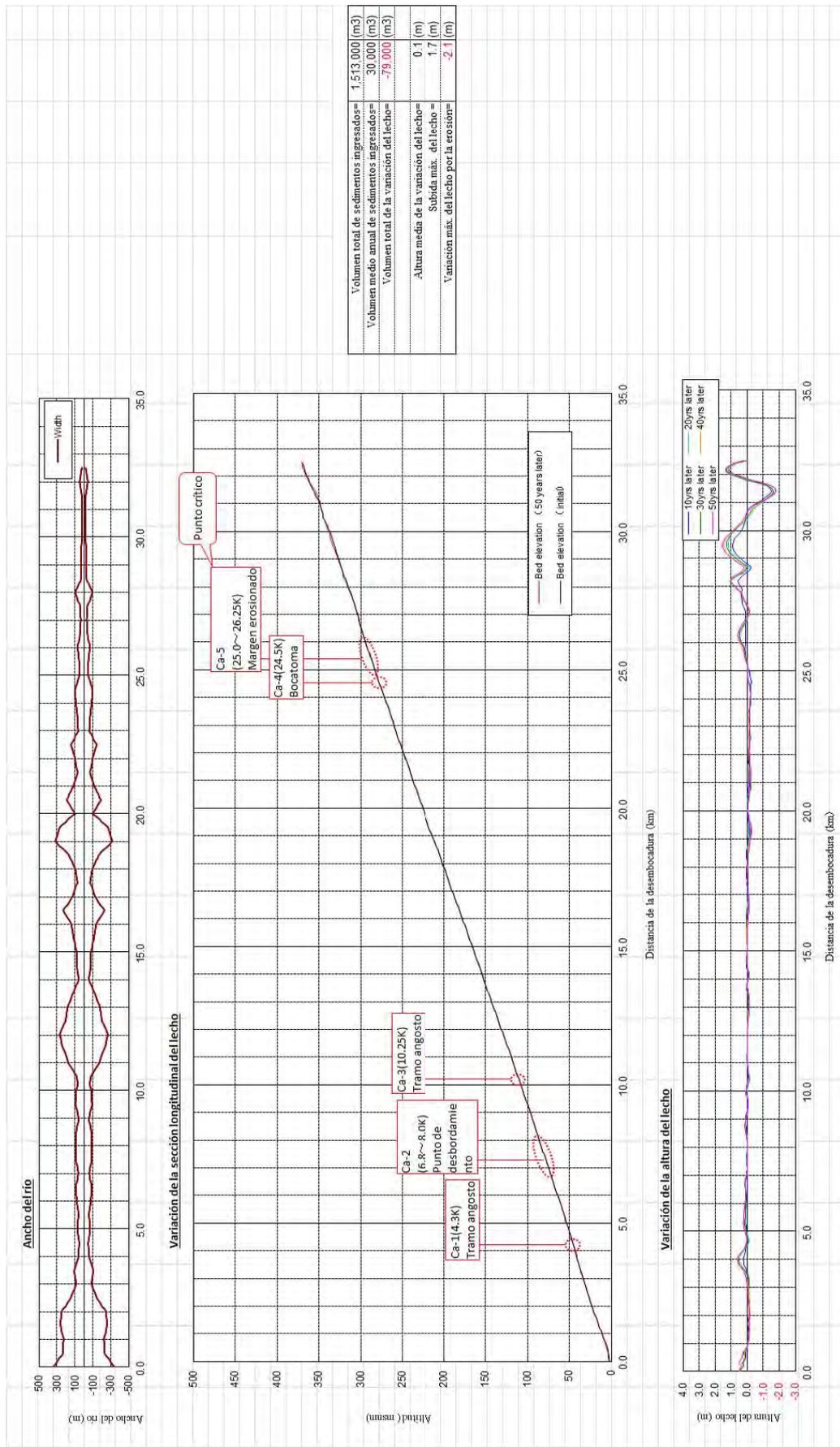


Figura 2.2-4 Resultado del análisis (Río Cañete: Caso de establecer la cantidad de sedimentos ingresados en una 1/4 parte de la cantidad equilibrada)

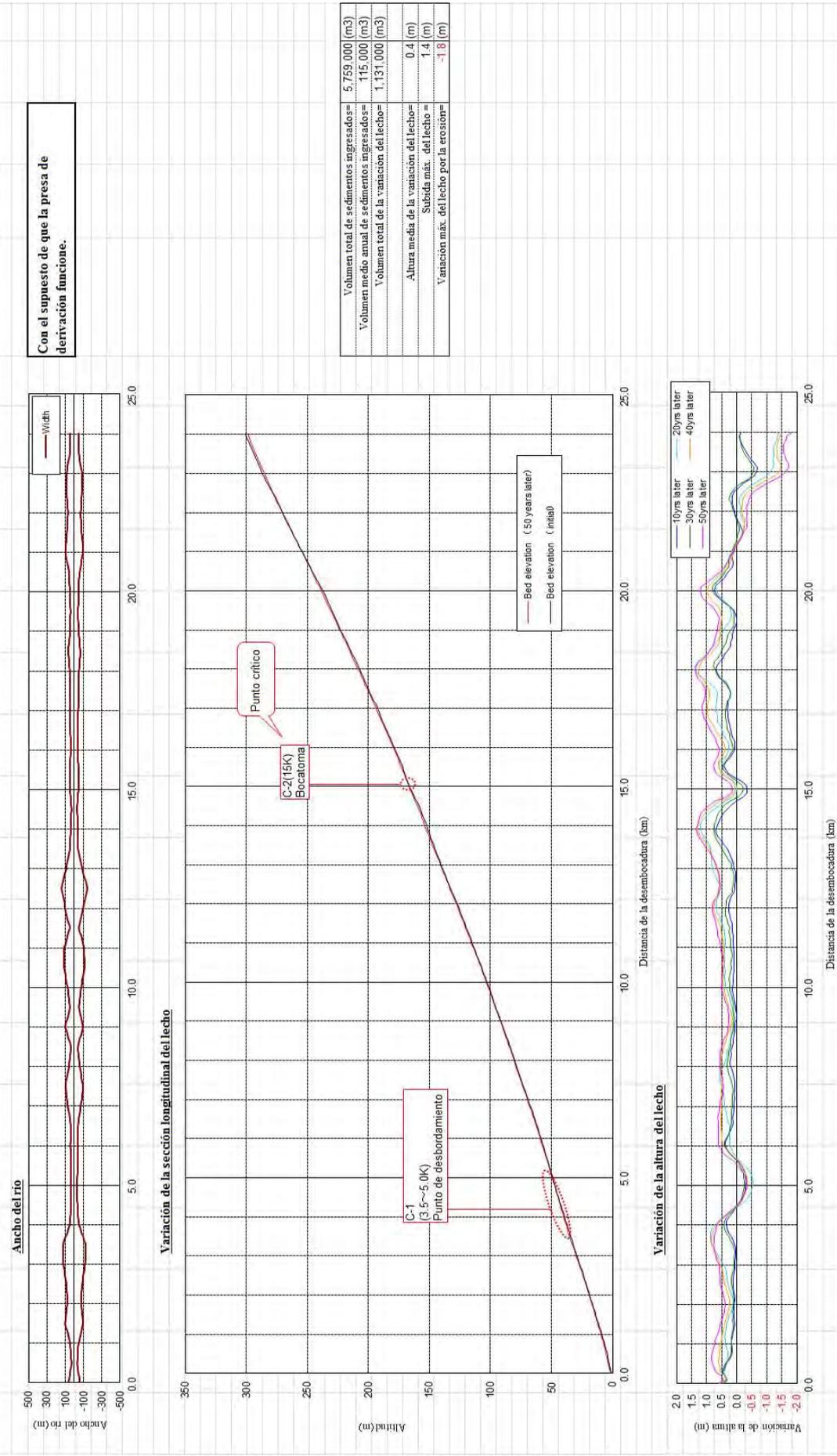


Figura 2.2-5 Resultado del análisis (Río Chinchá (Chico): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Chico)

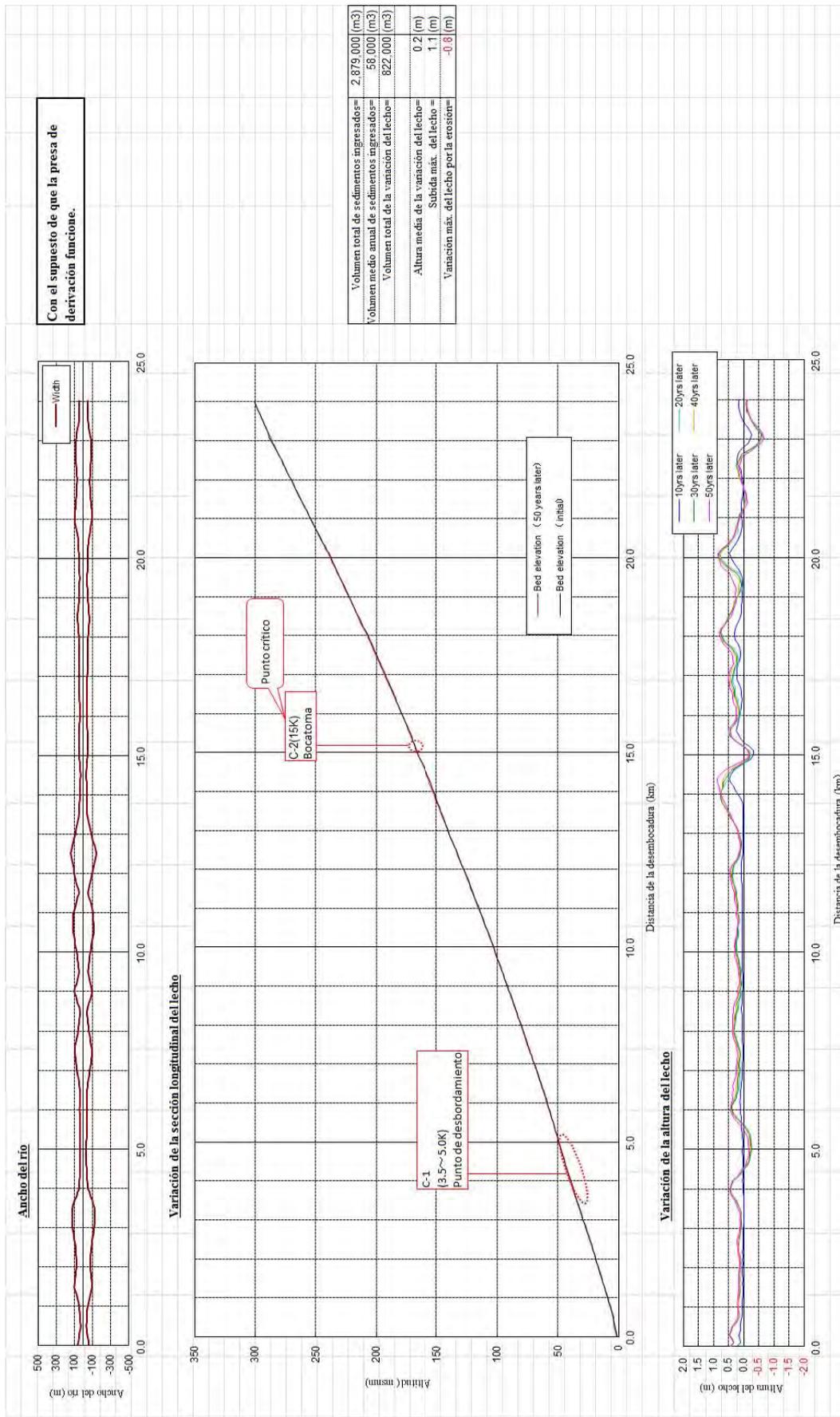


Figura 2.2-6 Resultado del análisis (Río Chinchica (Chico): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Chico)

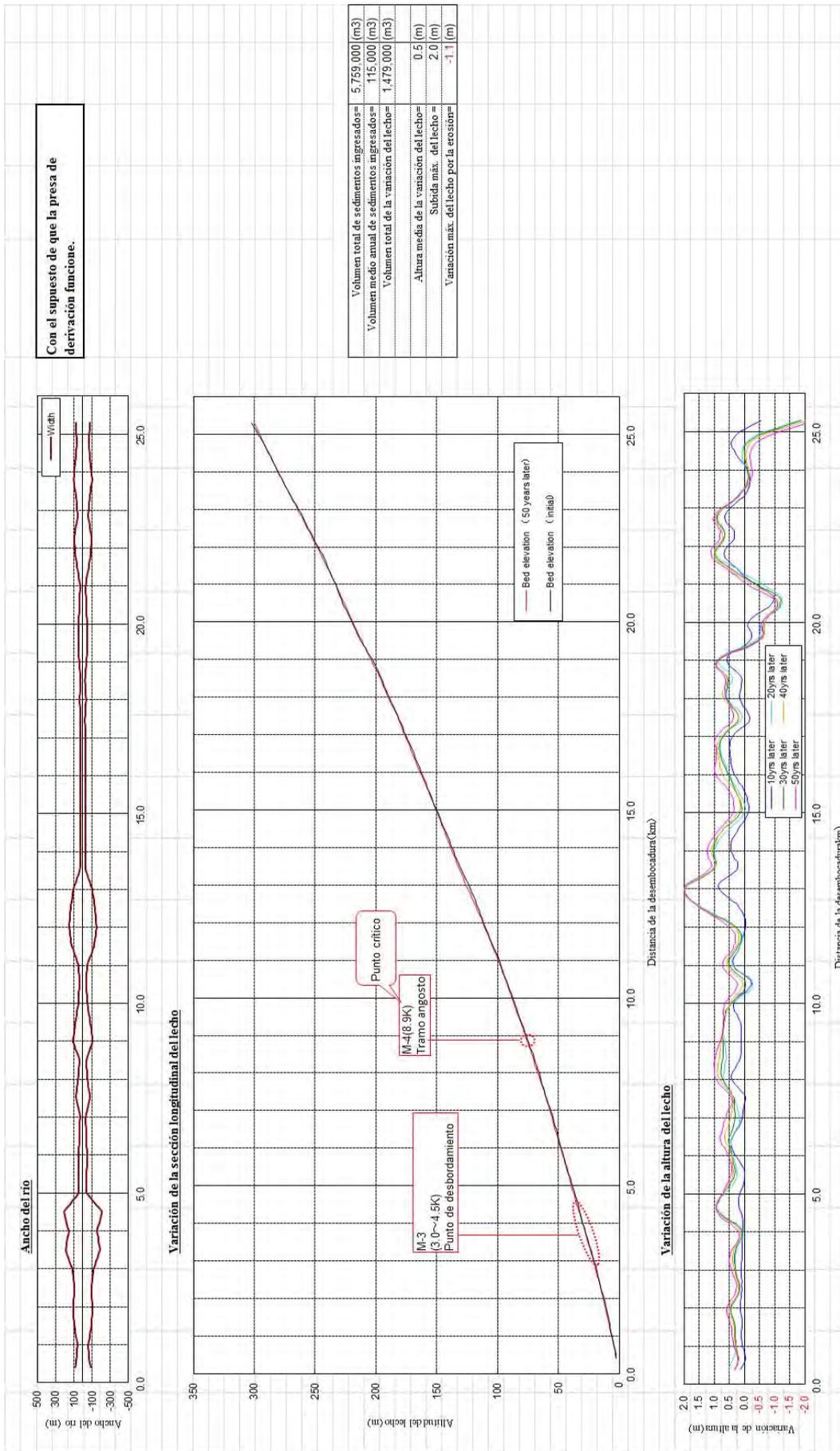


Figura 2.2-7 Resultado del análisis (Río Chincha (Matagente): Caso de que la totalidad de los sedimentos entre al río Matagente)

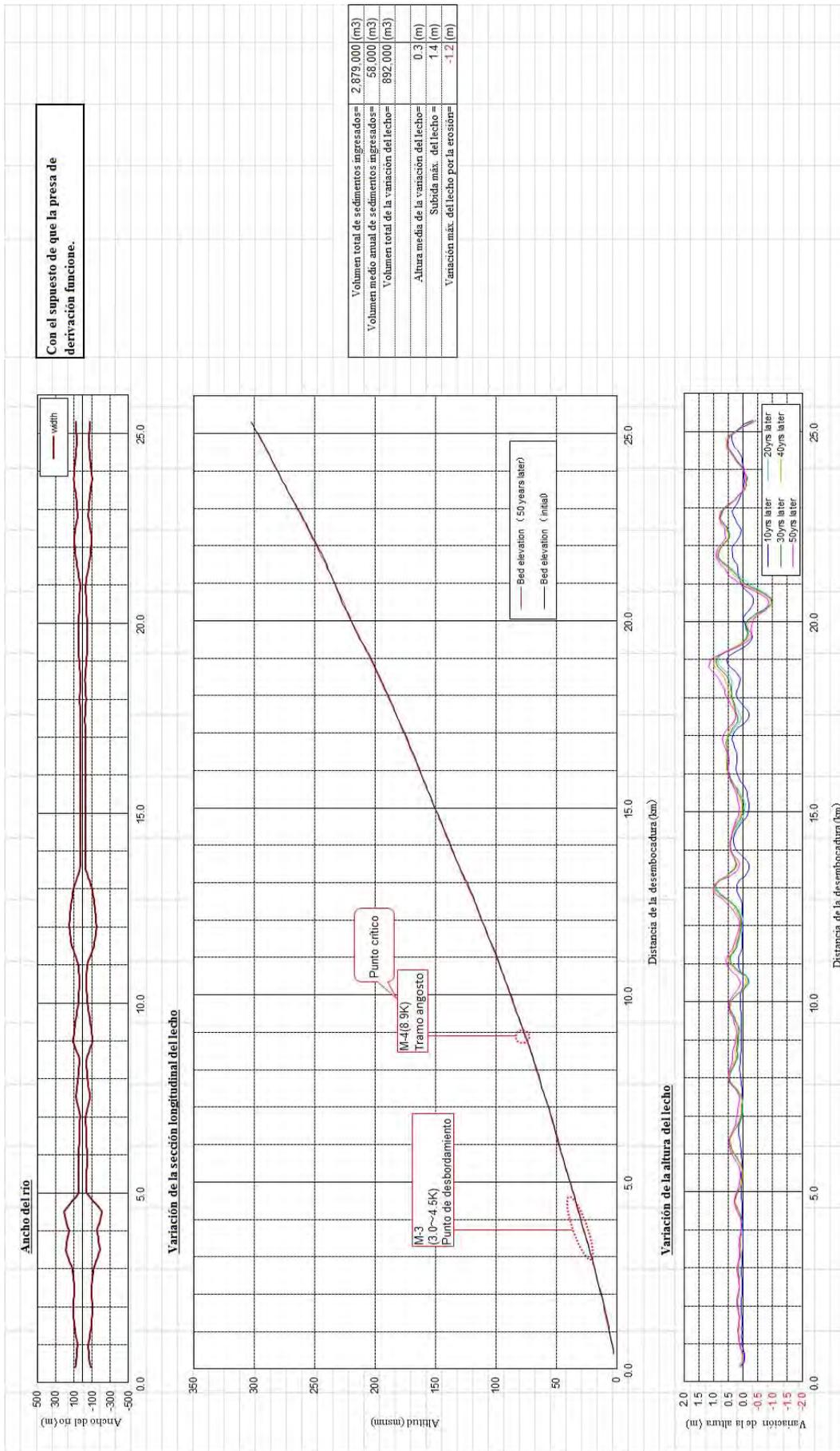


Figura 2.2-8 Resultado del análisis (Río Chincha (Matagente): Caso de que la mitad de los sedimentos entre al río Matagente)

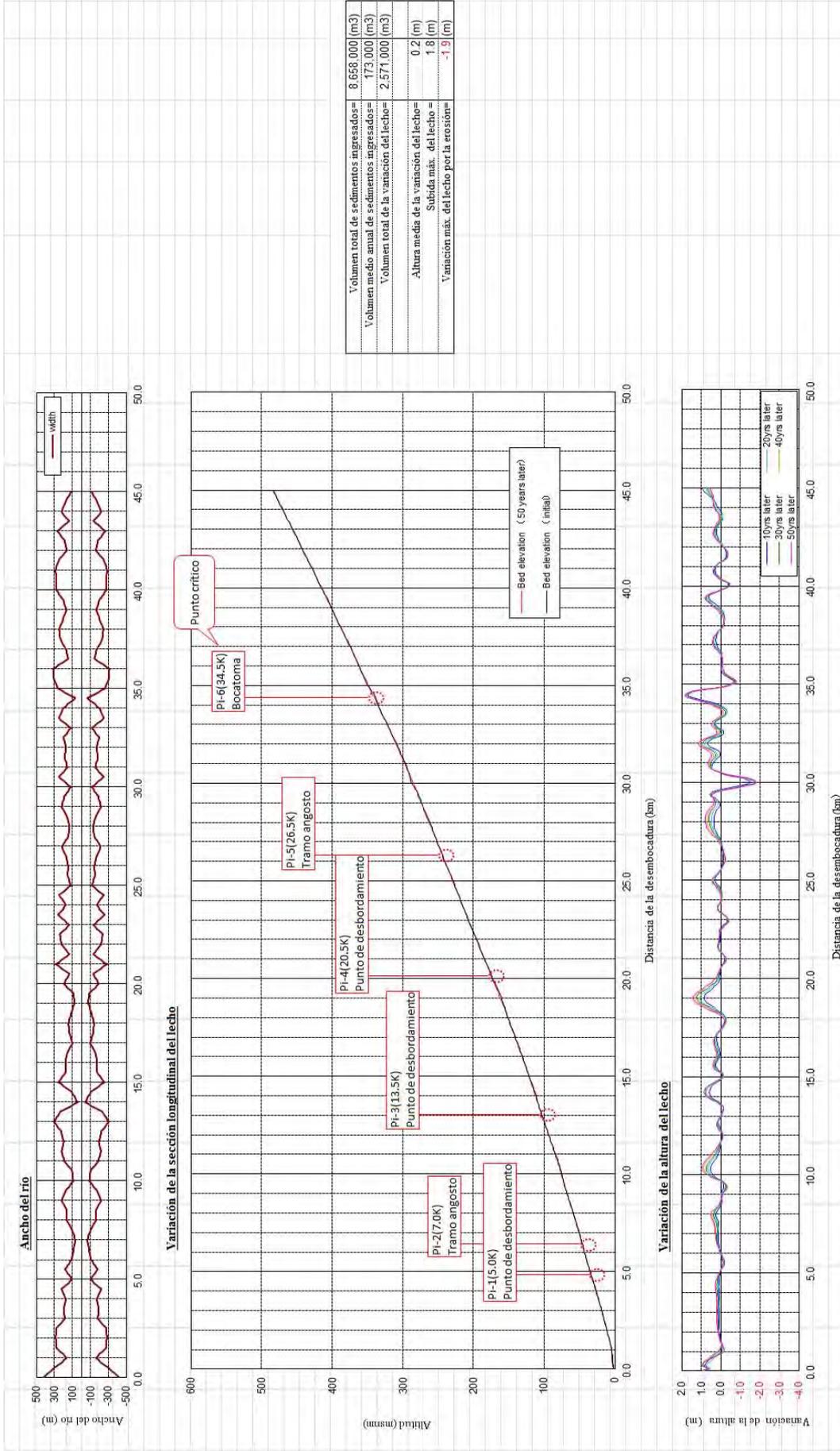


Figura 2.2-9 Resultado del análisis (Río Pisco)

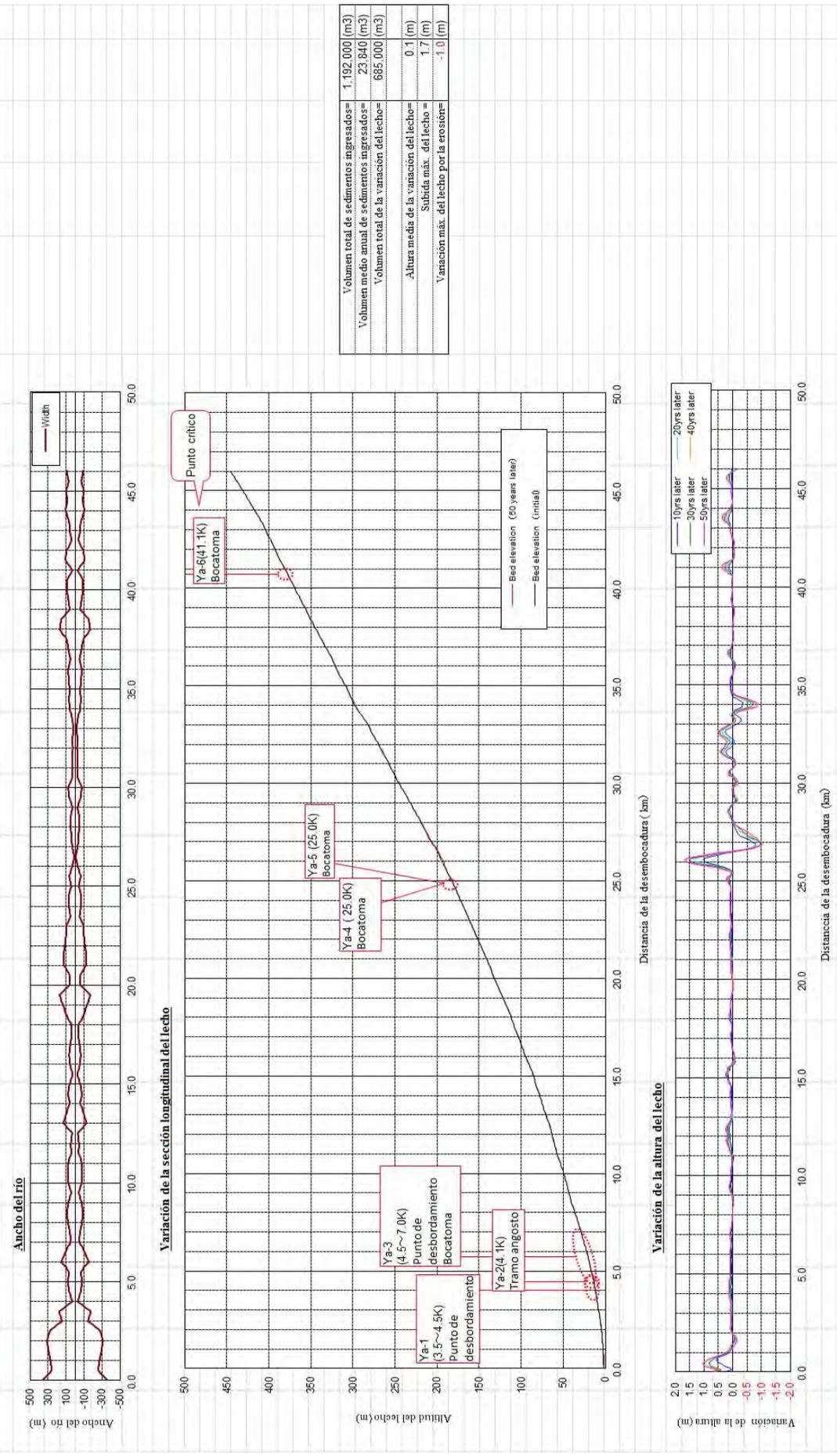


Figura 2.2-10 Resultado del análisis (Río Yauca)

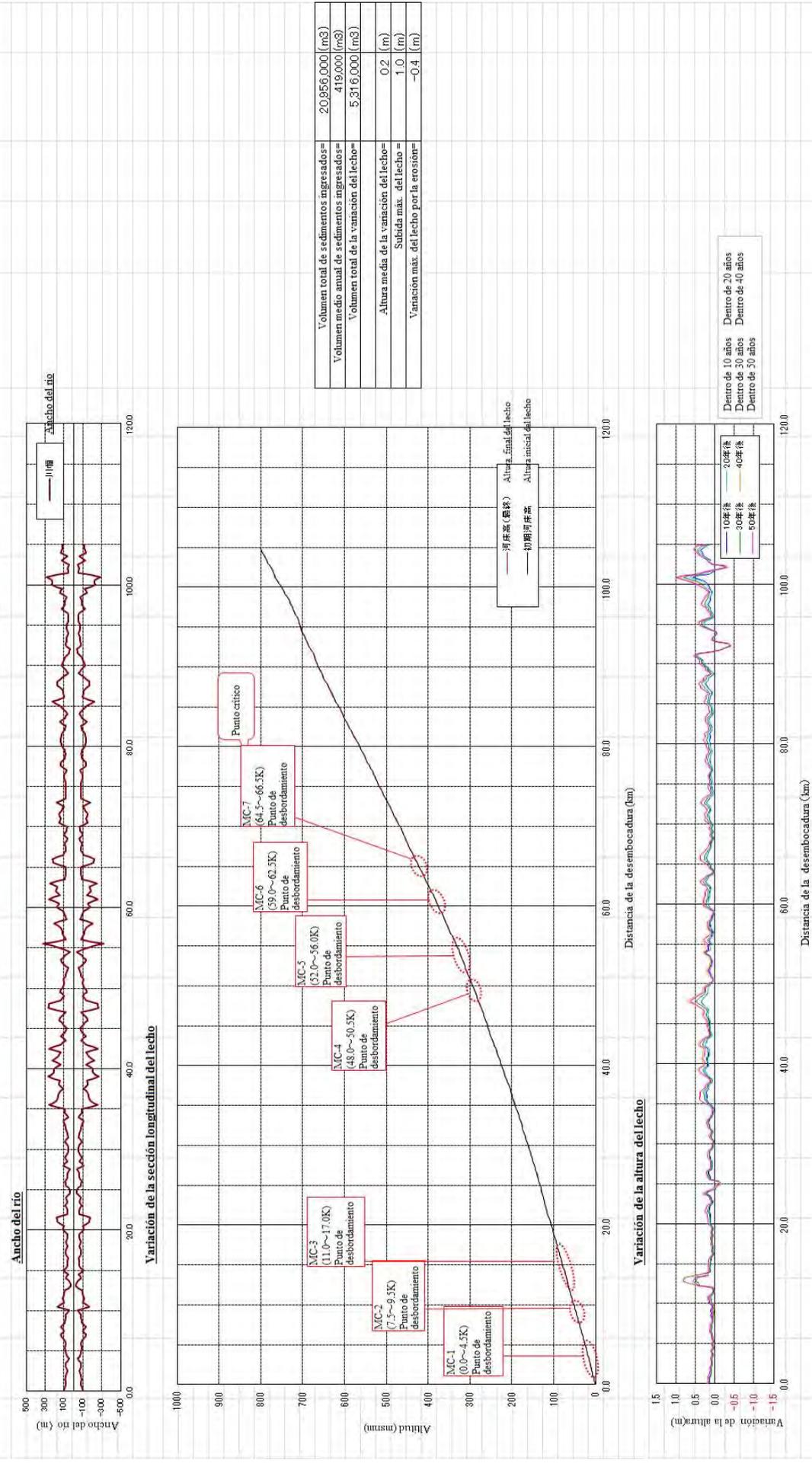


Figura 2.2-11 Resultado del análisis (Ríos Majes y Camaná)

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES
RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO*

2.3 Estudio sobre la necesidad de mantenimiento del lecho

En base al resultado del pronóstico sobre la variación del lecho en los 5 ríos objetivos para los próximos 50 años, se extraen los lugares donde se considera necesario realizar un mantenimiento futuro a largo plazo.

Tabla 2.3-1 Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 1)

Río		Extensión de la excavación		Método de mantenimiento
Río Chira		1 tramo	Tramo: 64,0 km-68,0 km Volumen: 2.500.000 m ³	Se considera necesario eliminar periódicamente los sedimentos que se acumularán aguas arriba de la presa Sullana. Dado que va a ser imposible eliminar la totalidad de los sedimentos por su elevado volumen, se dará mayor prioridad a la parte inmediatamente arriba de la presa fija por su importancia.
Río Cañete		1 tramo	Tramo: 3,0km-7,0km Volumen: 135.000m ³	Existen tramos desde donde se desbordó el agua del río. Se considera necesario realizar la excavación periódica en estos tramos porque su lecho irá elevándose gradualmente con el tiempo.
		2 tramo	Tramo: 27,0km-31,0km Volumen: 287.000m ³	El lecho en el tramo identificado puede elevarse debido a la falta de capacidad para discurrir suficientemente los sedimentos arrastrados. Se considera necesario realizar la excavación periódica en estos tramos porque su lecho irá elevándose gradualmente con el tiempo.
Río Chincha	(Chico)	1 tramo	Tramo : 3,5km-4,5km Volumen : 53.000m ³	Es un tramo desde donde se desbordó el agua del río. Se considera necesario realizar la excavación periódica en estos tramos porque su lecho irá elevándose gradualmente con el tiempo.
	(Matagente)	1 tramo	Tramo : 10,5km-13,5km Volumen : 229.000m ³	
			2 tramo	Tramo : 21,0km-23,5km Volumen : 197.000m ³
Río Pisco		1 tramo	Tramo: 18,0km-20,5km Volumen: 314.000m ³	Se considera necesario realizar la excavación periódica del lecho para prevenir el posible desbordamiento por su elevación gradual.
		2 tramo	Tramo: 34,0km-35,0km Volumen: 255.000m ³	La parte aguas arriba de las bocatomas existentes donde se amplía el río, es propensa a la acumulación de sedimentos y convendría realizar periódicamente la excavación del lecho con el fin de reducir el riesgo de elevación del lecho aguas abajo.
Río Yauca		1 tramo	Tramo: 25,5km-26,5km Volumen: 60.000m ³	Corresponde a la parte inmediatamente aguas arriba de la bocatoma existente. Se considera necesario realizar la excavación periódica para mantener el adecuado funcionamiento de la bocatoma.

* Volumen de sedimentos que se acumularán en 50 años

*ESTUDIO PREPARATORIO SOBRE EL PROGRAMA DE PROTECCIÓN DE VALLES Y POBLACIONES
RURALES Y VULNERABLES ANTE INUNDACIONES EN LA REPÚBLICA DEL PERÚ
INFORME FINAL INFORME PRINCIPAL I-6 INFORME DE SOPORTE
ANEXO- 3 ANÁLISIS DE VARIACIÓN DEL LECHO*

Tabla 2.3-2 Lugares donde se necesita un mantenimiento periódico en el futuro (parte 2)

Río	Extensión de la excavación		Método de mantenimiento
Majes-Camaná	Tramo 1	Tramo: km 12,0- km 13,0 Volumen de tierra: 70.000 m ³	Es un tramo donde puede elevarse considerablemente el lecho con poca cantidad de sedimentos por su angostura. Se recomienda realizar el dragado periódico anualmente para reducir su impacto a la bocatoma.
	Tramo 2	Tramo: km100,0-km 101,0 Volumen de tierra: 460.000 m ³	Es un tramo ensanchado donde se deposita fácilmente grandes cantidades de sedimentos. El dragado periódico de este tramo ayudaría también a controlar la elevación del lecho en la cuenca media. Es un punto donde debe realizar el dragado periódico desde el punto de vista del control de inundaciones.

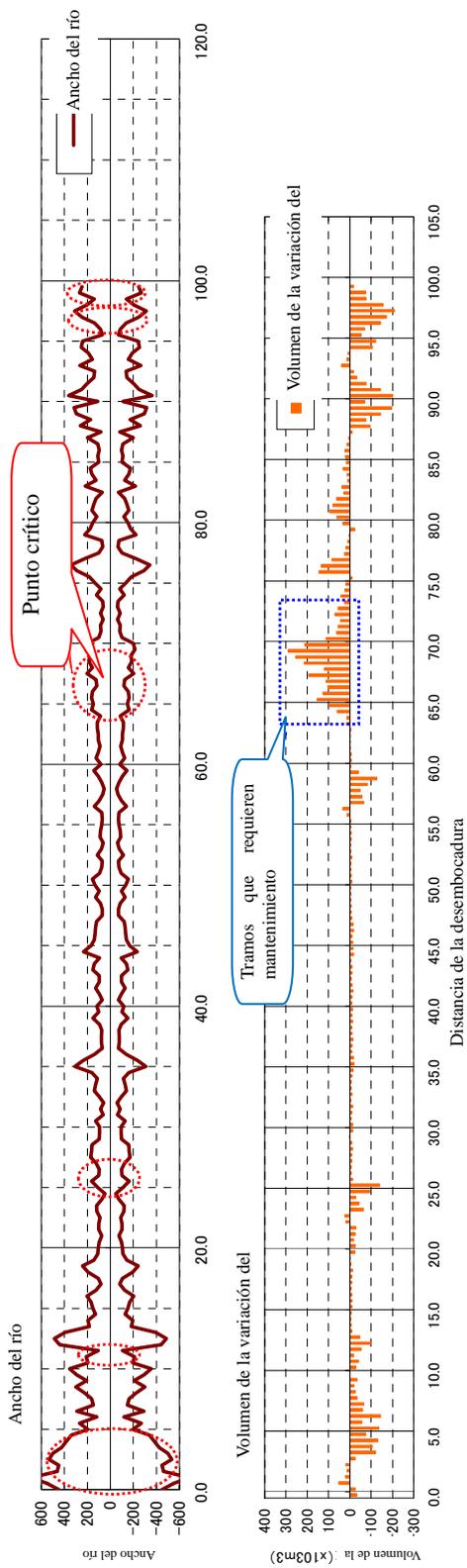


Figura 2.3-1 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Chira)

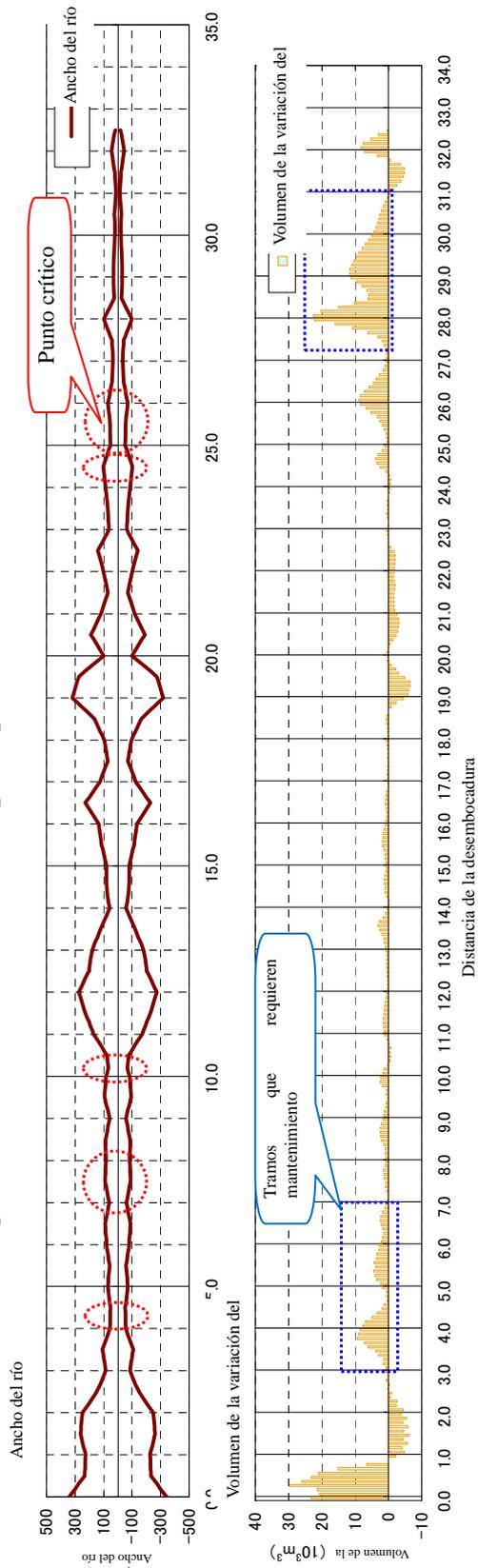


Figura 2.3-2 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Cañete)

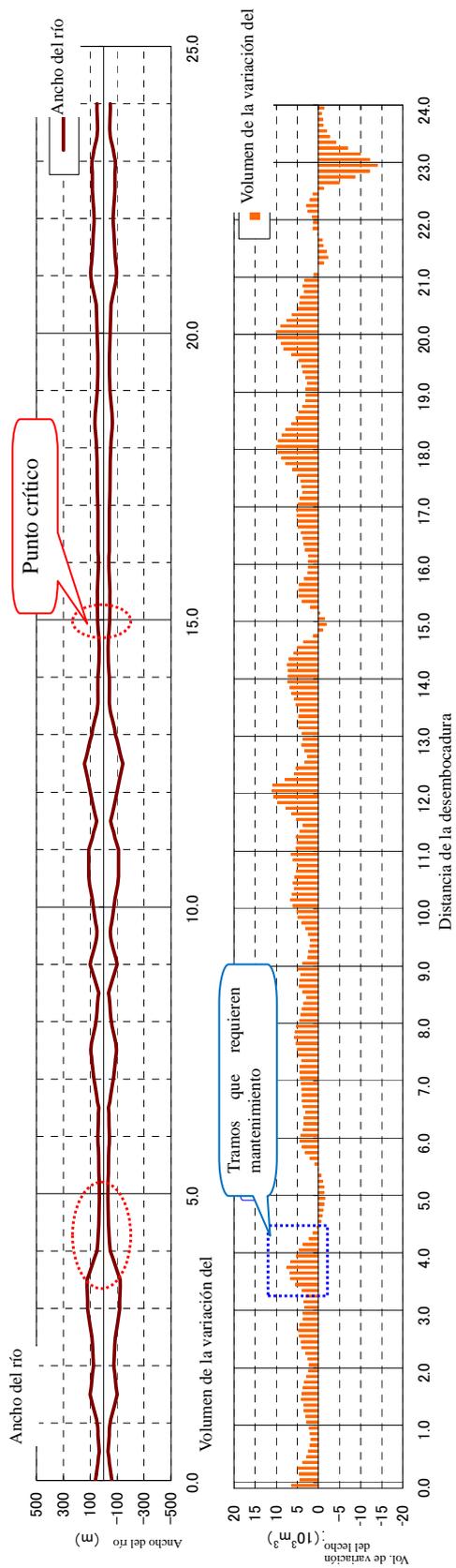


Figura 2.3-3 Tramo que requiere de mantenimiento (Río Chinchá - Chico)

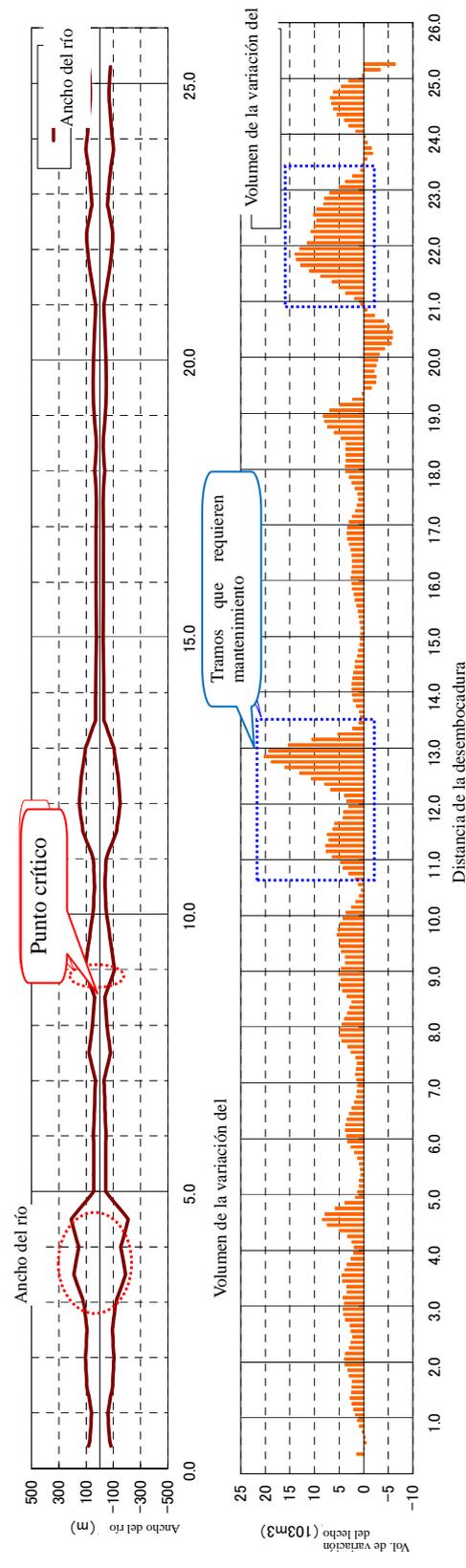


Figura 2.3-4 Tramo que requiere de mantenimiento (Río Chinchá - Matagente)

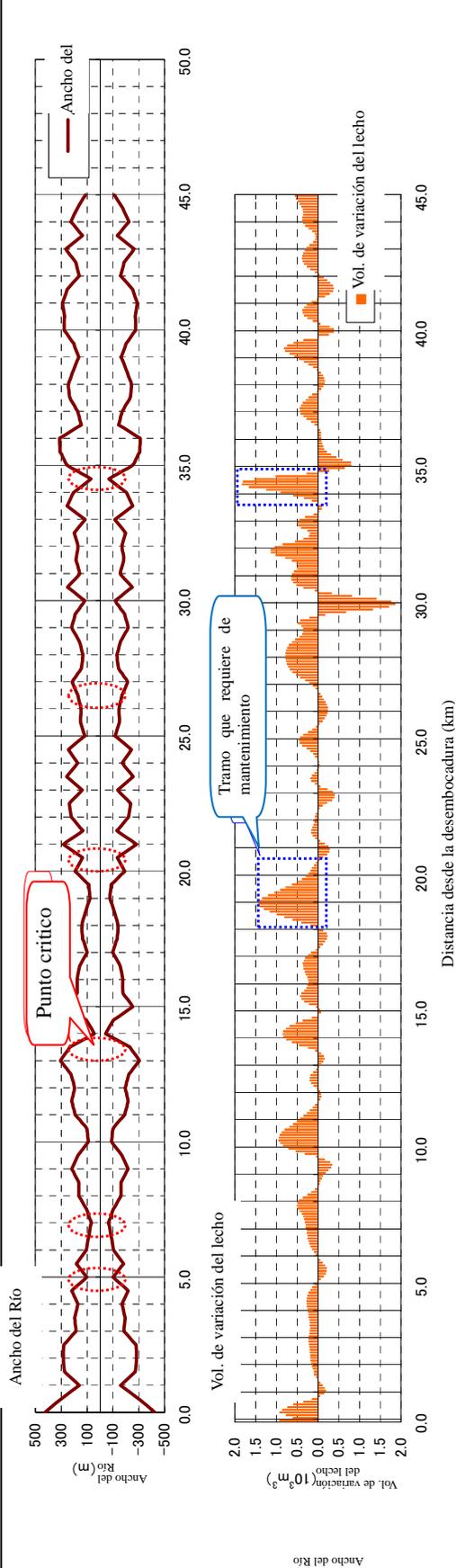


Figura 2.3-5 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Pisco)

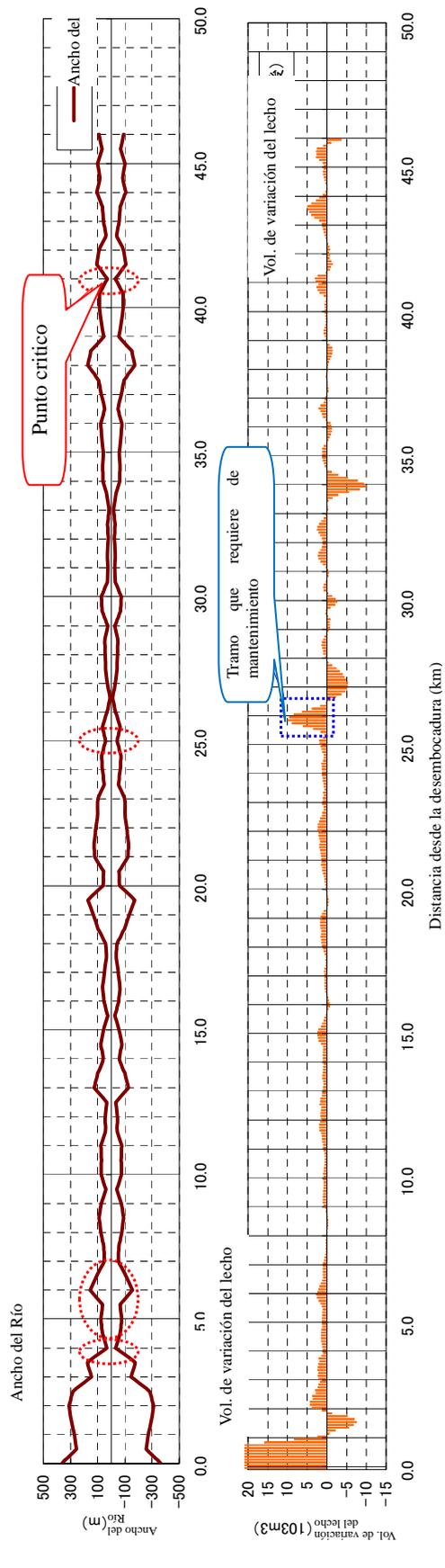


Figura 2.3-6 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Yauca)

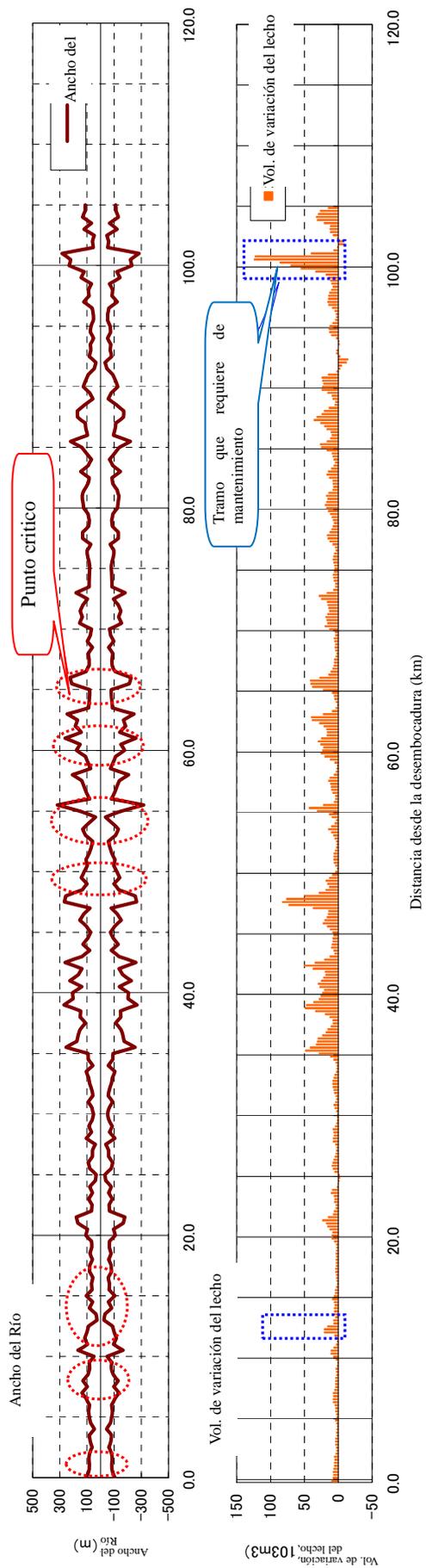


Figura 2.3-7 Tramos sedimentados que requieren mantenimiento (Río Majes-Camaná)

2.4 Estudio sobre la necesidad de tomar medidas

Finalmente, de acuerdo con el resultado del levantamiento en los 5 ríos objetivos, se realiza un resumen de los lugares donde se requiere tomar medidas en vista del estado actual de acumulación de sedimentos, cuyo resultado se muestra en tabla 2.4-1. Por otra parte, para conocer dicho estado, se han tenido en cuenta la forma longitudinal del lecho y la inclinación longitudinal del mismo.

Tabla 2.4-1 Lugares de sedimentos acumulados en el cauce actual

No.	Río	Punto	Situación	Observaciones
1	Chira	64.0km aguas arriba (aguas arriba de la Presa Sullana)	La inclinación media del lecho curso arriba de la presa Sullana es muy suave, y se puede confirmar claramente el estado en que se acumulan los sedimentos curso arriba de la misma.	Refiérase a la figura 2.4-1.
2	Cañete	4.0km	La inclinación media del lecho es suave en comparación con la que se aprecia en los cursos arriba y abajo, razón por la cual se puede suponer que hay sedimentos acumulados.	Refiérase a la figura 2.4-2.
3	Cañete	10.0km	- ídem -	Refiéranse a la figura 2.4-2.
4	Chincha (Matagente)	9.0km	- ídem -	Refiéranse a la figura 2.4-3.
5	Pisco	7.5km	- ídem -	Refiéranse a la figura 2.4-4.
6	Yauca	4.5km	La inclinación media del lecho se hace muy suave desde el punto 5km hacia aguas abajo, razón por la cual se supone que hay sedimentos acumulados justo por debajo de dicho punto de transición.	Refiérase a la figura 2.4-5.
7	Majes y Camaná	96.0km	La inclinación media del lecho es suave en comparación con la que se aprecia en los cursos arriba y abajo, razón por la cual se supone que hay sedimentos acumulados.	Refiérase a la figura 2.4-6.

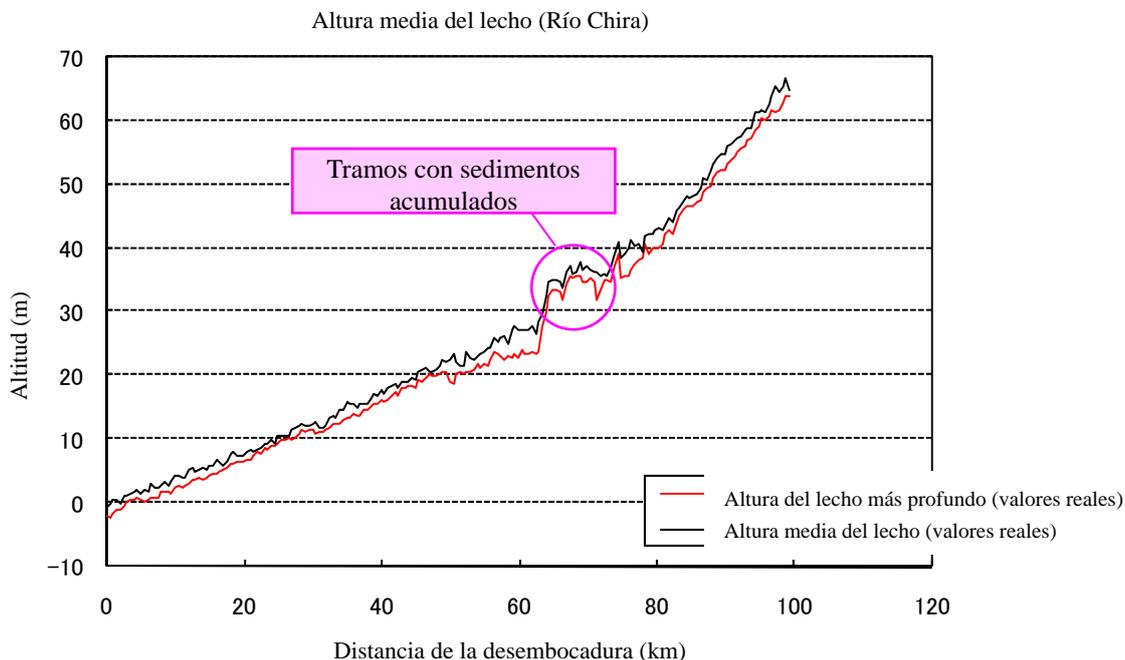


Figura 2.4-1 Forma longitudinal respecto a la altura media del lecho del río Chira

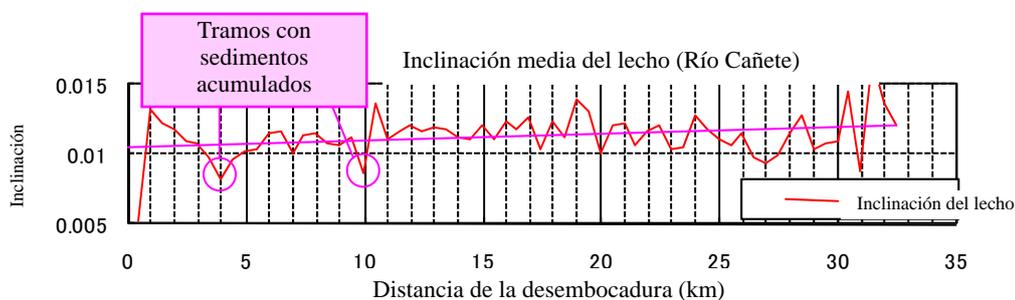


Figura 2.4-2 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Cañete

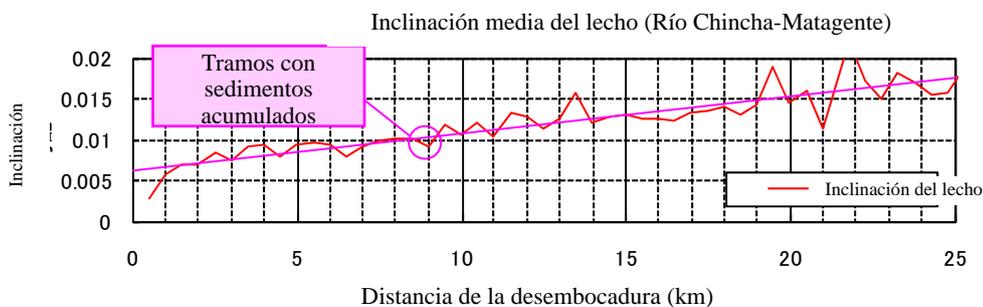


Figura 2.4-3 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Matagente

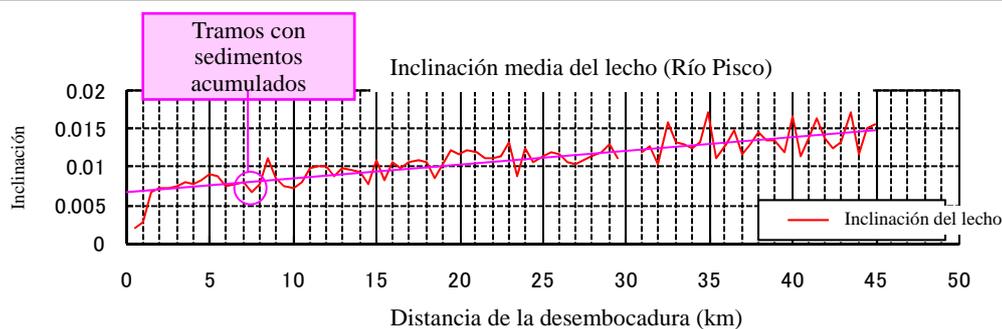


Figura 2.4-4 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Pisco

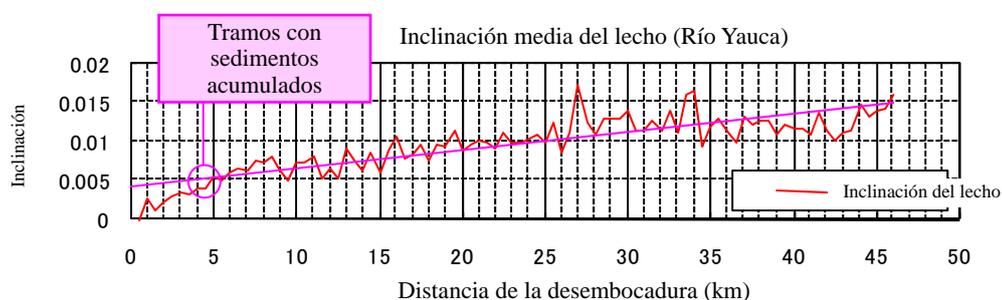


Figura 2.4-5 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Yauca

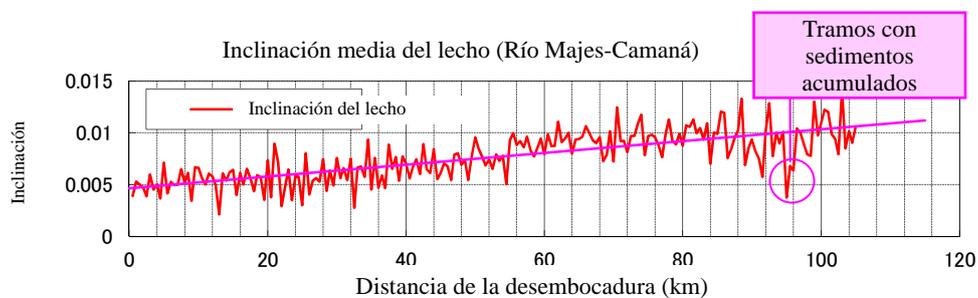


Figura 2.4-6 Cambio longitudinal de la inclinación media del lecho del río Majes y Camaná