

ANEXO C: MODELACIÓN DEL CANAL DEL DIQUE CON HEC-RAS

REGISTRO DE REVISIÓN DE DOCUMENTO No. CM-513

NOMBRE DEL PROYECTO

ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DEL CAUDAL EN EL CANAL DEL DIQUE MEDIANTE ANGOSTAMIENTO DE LA SECCIÓN POR SECTORES Y CONSTRUCCIÓN DE LA ESCLUSA DE PARICUICA. ANEXO C: MODELACIÓN DEL CANAL DEL DIQUE CON HEC-RAS

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

Dos (2) copias impresas, Dos (2) copias en medio digital en formato cerrado y Dos (2) copias en medio digital en formato abierto, de este documento han sido entregadas a la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL RÍO GRANDE DE LA MAGDALENA-Cormagdalena y una (1) al LABORATORIO DE ENSAYOS HIDRÁULICOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL-LEH-UN. Todas aquellas observaciones que resulten de su revisión y aplicación, deben ser informadas al LEH-UN para proceder a ejecutar sus modificaciones.

INSTITUCIÓN

Copia Impresa No 1 Y 2	Cormagdalena
Copia digital No. 1 y 2	Cormagdalena
Copia No 3	Biblioteca LEH-UN

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

Índice revisión	Capítulo Modificado	Fecha de modificación	Observaciones
0		XII-2008	INFORME FINAL
1			
2			

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

A P R O B A C I Ó N	RESPONSABLE ELABORACIÓN	Número de revisión		0	1	2
		Nombre:	L.A.C.			
		Firma:				
	REVISIÓN	Fecha:	XII-2008			
		Nombre:	J.I.O			
		Firma:				
	VoBo DIRECTOR DEL CONVENIO	Fecha:	XII-2008			
		Nombre:	R.O.O.M.			
		Firma:				
		Fecha:	XII-2008			
L.A.C.: Luis Alejandro Camacho B. J.I.O.: Jaime Iván Ordoñez		R.O.O.M.: Rafael Orlando Ortiz Mosquera				

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABLAS	5
C.1. MODELACIÓN DEL CANAL DEL DIQUE CON HEC-RAS	6

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura C- 1: Curva de calibración estación INCORA (Condición 1, Marea 0.0 m.s.n.m.)	6
Figura C- 2: Ubicación de las contracciones propuestas para el Canal del Dique	7
Figura C- 3: Hidrógrafas de entrada al Canal del Dique.....	8
Figura C- 4: Perfil de la lámina del agua del Canal del Dique sin compuerta.....	10
Figura C- 5: Perfil de velocidades del Canal del Dique sin compuerta (Marea 0.0 m.s.n.m.)	10
Figura C- 6: Contracción 1 - Marea 0.0 m.s.n.m.....	11
Figura C- 7: Contracción 2 - Marea 0.0 m.s.n.m.....	12
Figura C- 8: Contracción 3 - Marea 0.0 m.s.n.m.....	13

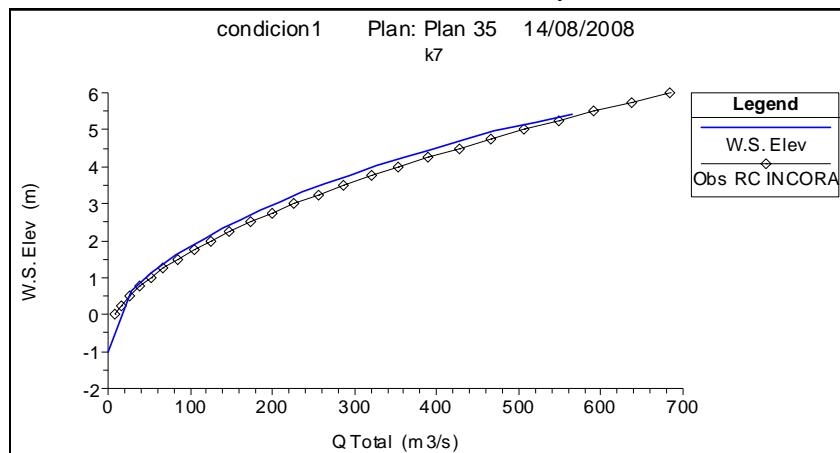
LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla C- 1: Caudales a la entrada del Canal del Dique (Marea 0.0 m.s.n.m.)	8
Tabla C- 2: Porcentaje del caudal promedio transportado por el Canal del Dique y los Caños Correa, Matunilla con respecto a la condición de referencia	9
Tabla C- 3: Porcentaje del caudal promedio transportado por el Canal del Dique y los Caños Correa y Matunilla con respecto al caudal en Calamar en cada condición	9
Tabla C- 4: Variaciones promedio de energía, nivel y velocidad en la contracción 1.....	11
Tabla C- 5: Variaciones promedio de energía, nivel y velocidad en la contracción 1.....	12
Tabla C- 6: Variaciones promedio de energía, nivel y velocidad en la contracción 1.....	13

C.1. MODELACIÓN DEL CANAL DEL DIQUE CON HEC-RAS

El programa HEC-RAS fue utilizado para realizar la simulación hidráulica preliminar del Canal del Dique. El canal se modeló sin la interacción Canal-Ciénagas, tomando solo los caudales derivados por el río Magdalena en un rango en el cual no se producen desbordes laterales. Se simuló el río Magdalena como un embalse cuya descarga coincidiera con la curva de calibración registrada en la estación hidrométrica INCORA, ubicada en el kilómetro 7 aguas abajo del inicio del Canal del Dique (ver Figura C- 1).

Figura C- 1: Curva de calibración estación INCORA (Condición 1, Marea 0.0 m.s.n.m.)



Después de varios ajustes realizados sobre la ubicación potencial de las contracciones de la sección transversal del Canal del Dique, se evaluaron en detalle 3 escenarios que incluían 3 contracciones con diferentes combinaciones de longitud, cada una con una compuerta en el K104 en el sitio conocido como Paricuica.

Las condiciones evaluadas en el programa fueron (ver Figura C- 2):

Condición 1: Con compuerta en el K104

Contracción 1:	Km 0 - Km 8	L = 8 Km
Contracción 2:	Km 45 - Km 48	L = 5 Km
Contracción 3:	Km 72 - Km 77	L = 5 Km

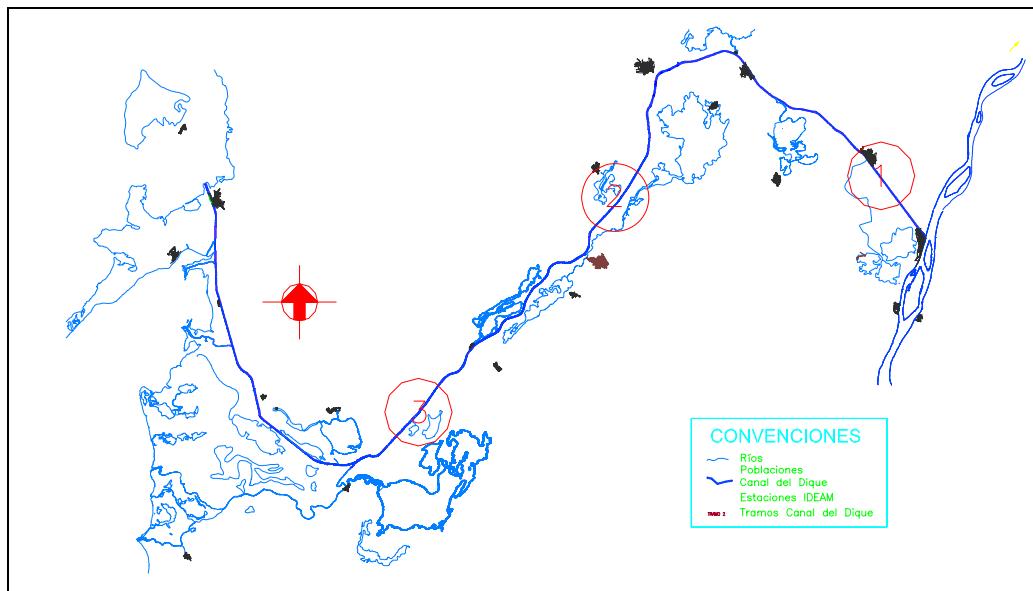
Condición 2: Con compuerta en el K104

Contracción 1:	Km 0 - Km 6	L = 6 Km
Contracción 2:	Km 45 - Km 48	L = 5 Km
Contracción 3:	Km 72 - Km 77	L = 5 Km

Condición 3: Con compuerta en el K104

Contracción 1:	Km 0 - Km 4	L = 4 Km
Contracción 2:	Km 45 - Km 48	L = 5 Km
Contracción 3:	Km 72 - Km 77	L = 5 Km

Figura C- 2: Ubicación de las contracciones propuestas para el Canal del Dique



Círculos rojos

Para cada una de las 3 condiciones evaluadas se tomaron 12 valores del caudal transportado por el Canal del Dique, los cuales estaban condicionados por los niveles de energía del embalse que simulaba el Río Magdalena (Niveles del embalse). En la Tabla C- 1 se muestran los resultados de la descarga del Río Magdalena para las condiciones evaluadas con un nivel de marea en 0.0 m.s.n.m.

Los resultados de la Tabla C- 1 indican una disminución en el caudal de entrada al Canal del Dique bajo las diferentes combinaciones en las contracciones consideradas. Para establecer el porcentaje de disminución en cada una de las condiciones evaluadas de manera más exacta, se evaluaron 27 condiciones de caudales transportados por el canal con un rango entre 150 m³/s y 650 m³/s que cubren los valores registrados históricamente por las estaciones que no generan desborde. Con estas simulaciones y tomando un valor conservador se estableció que para las condiciones evaluadas se tiene el siguiente porcentaje de reducción de caudal respecto a la condición actual o de referencia.

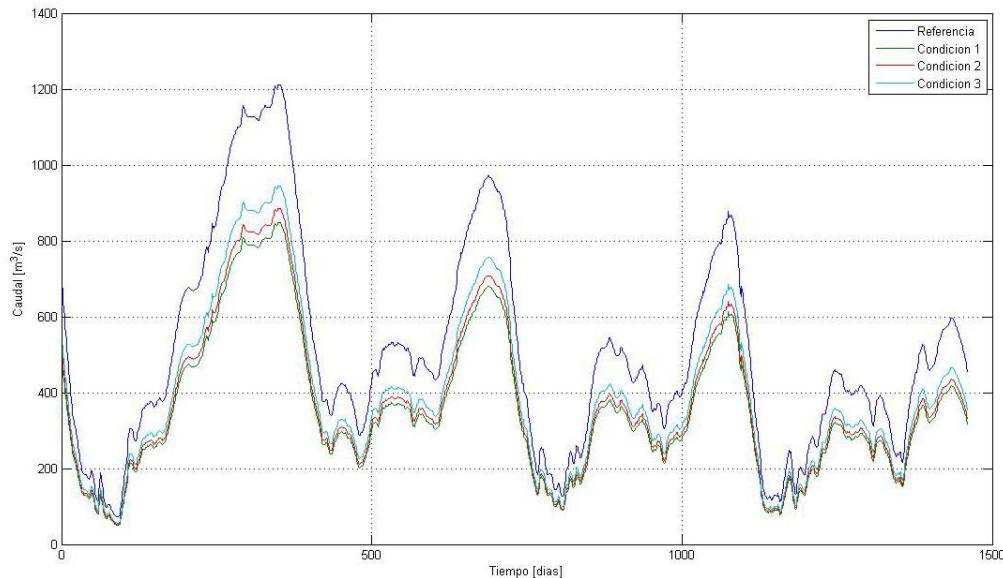
- Condición 1: 30%
- Condición 2: 27%
- Condición 3: 22%

Las hidrógrafas de entrada al Canal del Dique después de la reducción inicial de la sección del Canal se muestran en la Figura C- 3.

Tabla C- 1: Caudales a la entrada del Canal del Dique (Marea 0.0 m.s.n.m.)

	Nivel Embalse (m.s.n.m)	Q Referencia (m ³ /s)	Cond. 1 (m ³ /s)	Cond. 2 (m ³ /s)	Cond. 3 (m ³ /s)
P1	3.25	230.78	142.23	146.89	157.70
P2	3.50	262.65	162.61	168.55	180.24
P3	3.75	295.92	184.05	191.47	204.18
P4	4.00	330.73	206.97	216.22	229.07
P5	4.25	367.73	230.63	240.97	255.30
P6	4.50	405.98	255.72	267.38	282.64
P7	4.75	445.66	281.82	295.00	311.10
P8	5.00	486.57	309.00	323.70	340.21
P9	5.25	529.22	336.49	352.84	371.17
P10	5.50	573.50	366.46	384.53	401.54
P11	5.75	619.04	395.17	414.55	432.44
P12	6.00	665.62	425.34	446.61	465.15

Figura C- 3: Hidrógrafas de entrada al Canal del Dique



En la Tabla C- 2 se muestran los porcentajes de los caudales promedios transportados en cada uno de los tramos respecto al caudal de la condición de referencia, y en la Tabla C- 3 se muestran los porcentajes de los caudales promedios transportados en cada uno de los tramos, respecto al caudal a la entrada del Canal del Dique en cada condición.

Tabla C- 2: Porcentaje del caudal promedio transportado por el Canal del Dique y los Caños Correa, Matunilla con respecto a la condición de referencia

	Calamar	Correa	Matunilla
Referencia	100%	100%	100%
Condición 1	63%	130%	110%
Condición 2	66%	127%	112%
Condición 3	70%	132%	124%

Tabla C- 3: Porcentaje del caudal promedio transportado por el Canal del Dique y los Caños Correa y Matunilla con respecto al caudal en Calamar en cada condición

	Calamar	Correa	Matunilla
Referencia	100%	18%	40%
Condición 1	100%	34%	66%
Condición 2	100%	33%	67%
Condición 3	100%	32%	68%

Las diferencias entre los porcentajes de derivación del presente estudio para la condición 1 y los reportados en el informe de Hidrología CM-CD-04 de la Universidad Nacional, donde se determinó que la distribución es del 14% para el Caño Correa, 21% para el Caño Matunilla, 5% para el Caño Lequerica, y 24% en Pasacaballos, son debidas a la no consideración en estas corridas preliminares con HEC-RAS de las interacciones Canal – Ciénaga en la modelación.

En la Figura C- 4 y Figura C- 5 se muestra el efecto de las contracciones sobre el nivel de la superficie del agua y la velocidad del flujo en el Canal del Dique, y el efecto de la compuerta sobre el comportamiento de esas mismas variables en el K104. Los perfiles de esas figuras son generados por el caudal del perfil 9 de la Tabla C- 1 ($529.22 \text{ m}^3/\text{s}$), el cual está muy cercano al caudal medio del Canal del Dique.

Figura C- 4: Perfil de la lámina del agua del Canal del Dique sin compuerta

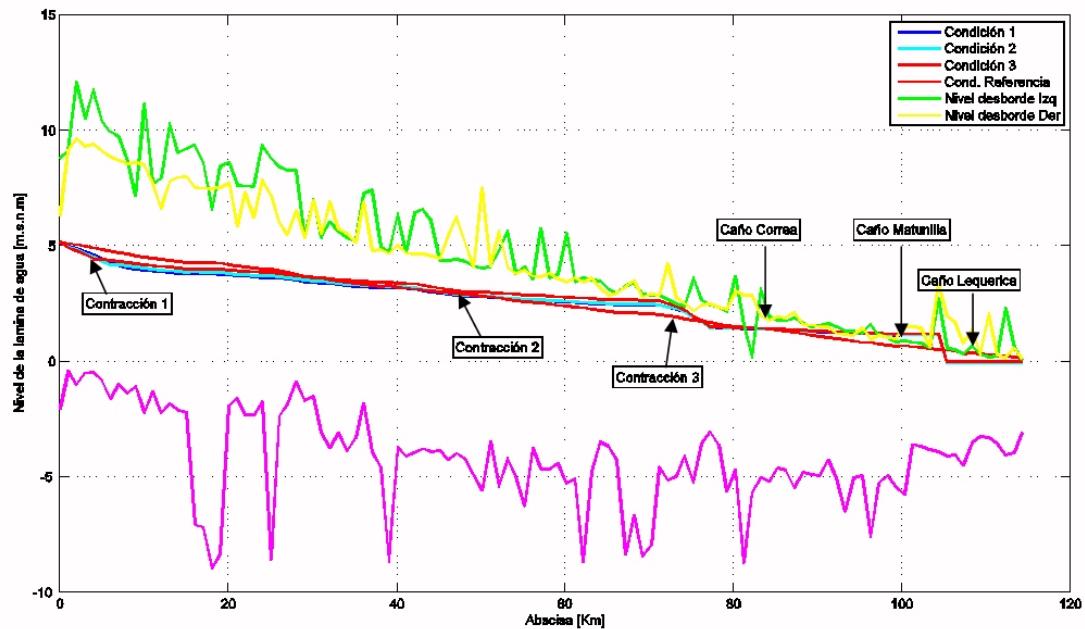
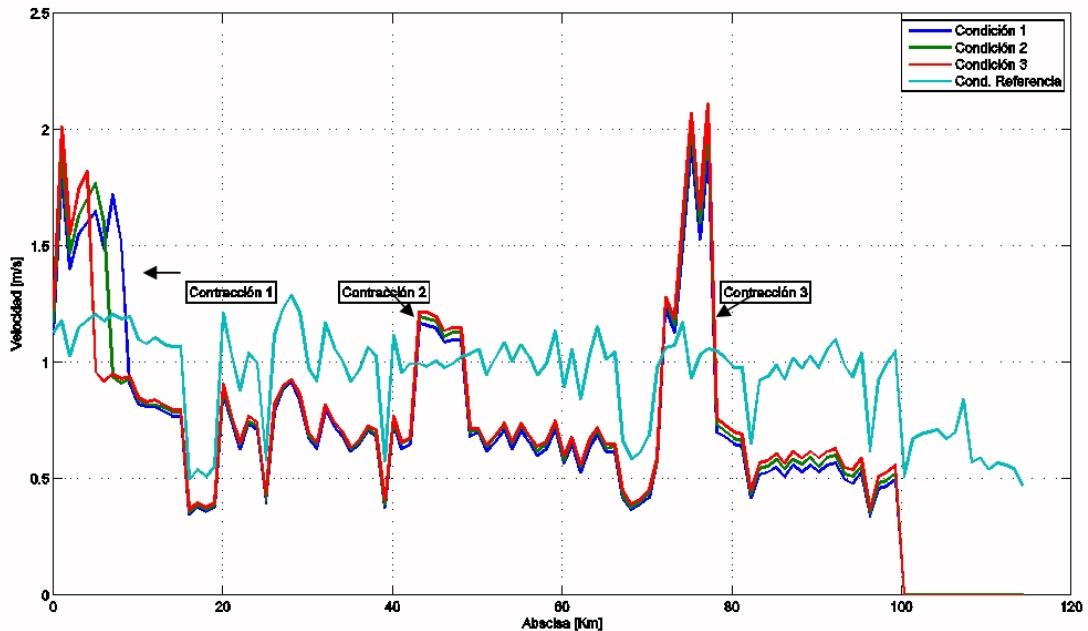


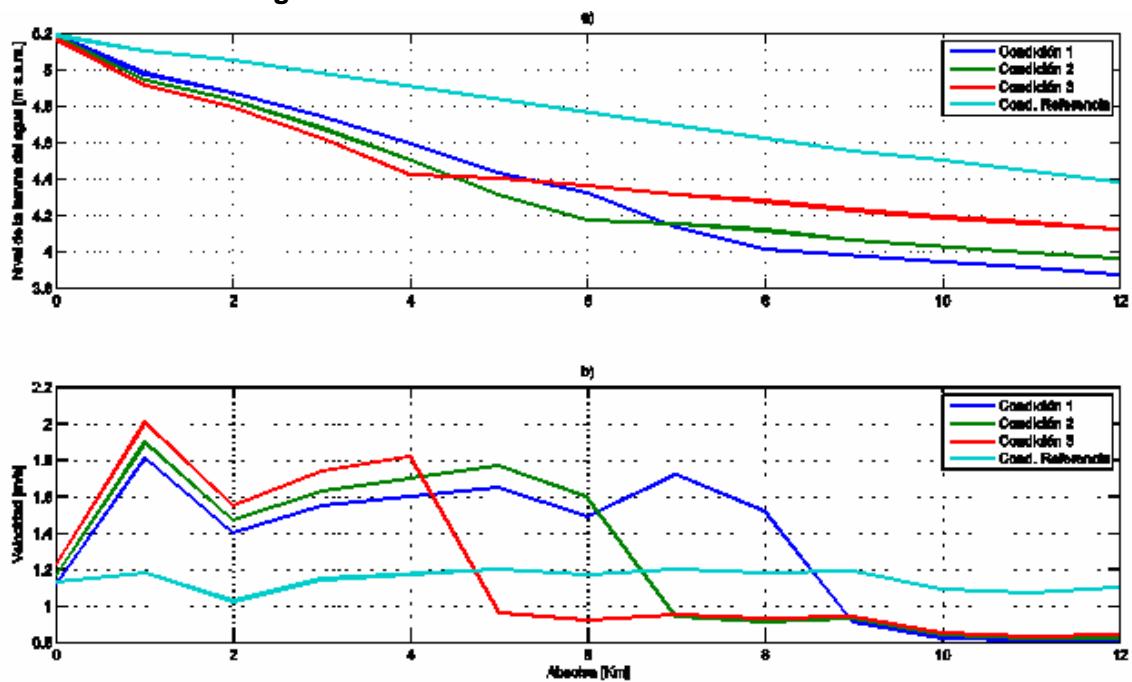
Figura C- 5: Perfil de velocidades del Canal del Dique sin compuerta (Marea 0.0 m.s.n.m.)



La Figura C- 6, Figura C- 7 y Figura C- 8 muestran el comportamiento detallado del nivel de la lámina del agua y perfil de velocidades en el canal para cada una de las contracciones. Asimismo, en la Tabla C- 4, Tabla C- 5 y Tabla C- 6 se presentan los valores promedio de las pérdidas de energía, cambios de nivel, pendiente de la línea de energía SE (%), pendiente de la lámina del agua S_w (%) y de velocidad en cada una de las contracciones.

En la Figura C- 6 se puede observar que a pesar del estrechamiento de la sección del canal se no se presenta un aumento considerable en el nivel de la lámina del agua, debido a la reducción que se presenta en el caudal a la entrada. También se observa que hay un aumento generalizado en las pérdidas de energía, nivel y velocidad respecto a la condición de referencia.

Figura C- 6: Contracción 1 - Marea 0.0 m.s.n.m.



a) Perfil de la lámina del agua en el Canal del Dique.
 b) Perfil de velocidades del Canal del Dique

Tabla C- 4: Variaciones promedio de energía, nivel y velocidad en la contracción 1

	Delta de Energía			Delta de Nivel			Delta de Velocidad		
	Condición evaluada	Ref	Aumento	Condición evaluada	Ref	Aumento	Condición evaluada	Ref	Aumento
		(m)	(m)		(m)	(m)		(m)	%
Cond 1	1.04	0.54	48	1.09	0.55	49	1.40	1.07	23
Cond 2	0.89	0.41	54	0.94	0.41	56	1.44	1.06	26
Cond 3	0.63	0.28	56	0.71	0.28	61	1.53	1.05	31

En la Figura C- 7 se puede observar que la disminución del nivel de la lámina del agua mantiene una forma parecida a la condición de referencia, pero con una elevación mayor. También se observa que hay un pequeño aumento de la velocidad del flujo respecto a la condición de referencia, pero se tiene un aumento de más del 100% respecto a la velocidad del flujo en cada una de las condiciones evaluadas.

Figura C-7: Contracción 2 - Marea 0.0 m.s.n.m.

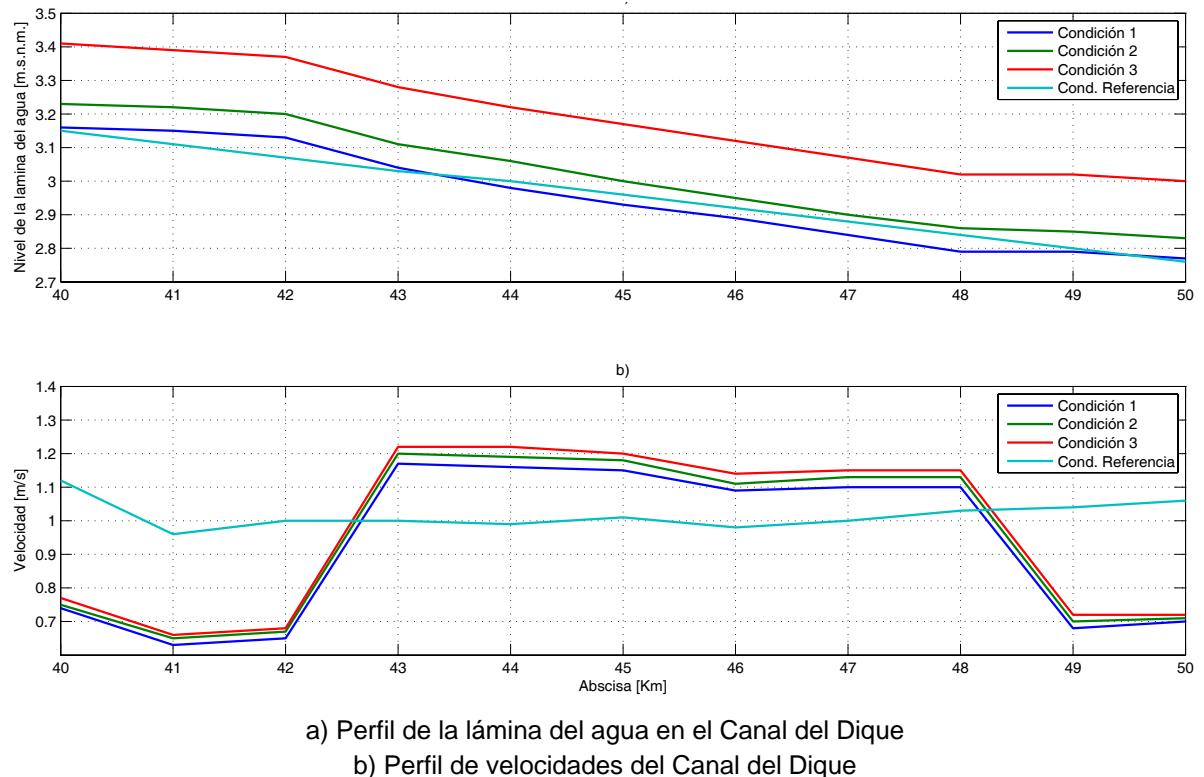
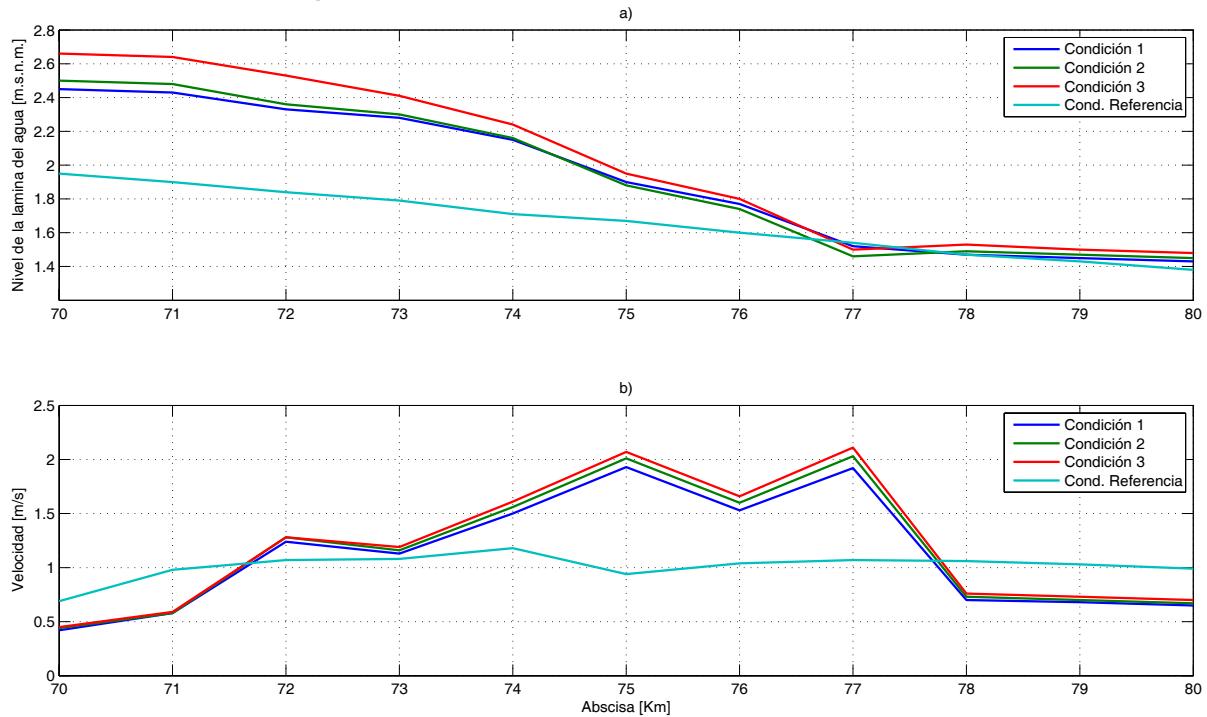


Tabla C-5: Variaciones promedio de energía, nivel y velocidad en la contracción 1

	Delta de Energía			Delta de Nivel			Delta de Velocidad		
	Condición evaluada	Ref	Aumento	Condición evaluada	Ref	Aumento	Condición evaluada	Ref	Aumento
		(m)	(m)		(m)	(m)		(m)	%
Cond 1	0.20	0.16	21	0.20	0.16	16	0.97	0.88	9
Cond 2	0.21	0.16	23	0.20	0.16	18	0.98	0.88	9
Cond 3	0.22	0.16	28	0.21	0.16	23	1.03	0.88	14

Figura C- 8: Contracción 3 - Marea 0.0 m.s.n.m.



a) Perfil de la lámina del agua en el Canal del Dique
 b) Perfil de velocidades del Canal del Dique

Tabla C- 6: Variaciones promedio de energía, nivel y velocidad en la contracción 1

	Delta de Energía			Delta de Nivel			Delta de Velocidad		
	Condición evaluada	Ref	Aumento	Condición evaluada	Ref	Aumento	Condición evaluada	Ref	Aumento
		(m)	(m)		(m)	(m)		(m)	%
Cond 1	0.61	0.26	58	0.70	0.26	63	1.28	0.93	27
Cond 2	0.62	0.26	58	0.72	0.26	64	1.31	0.93	29
Cond 3	0.71	0.26	64	0.83	0.26	69	1.36	0.93	32

En la Figura C- 5y Figura C- 6a se puede observar que la pendiente de la lámina del agua es muy grande respecto a la condición de referencia y podría representar un problema para el tránsito de las embarcaciones, lo cual se solucionó con el aumento de las secciones transversales planteando algunos dragados (ver Anexo D).