

ANEXO H: COMENTARIOS AL PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL Y SEDIMENTOLÓGICO

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 H: COMENTARIOS AL PROBLEMA MEDIOAMBIENTAL Y SEDIMENTOLOGICO

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 ÓN	RESPONSABLE ELABORACIÓN	Número de revisión		
		0	1	2
		Nombre: <u>G.H.J.</u>		
		Firma:		
		Fecha: XII-2008		
	REVISIÓN	Nombre: <u>J.I.O</u>		
		Firma:		
		Fecha: XII-2008		
	VoBo DIRECTOR DEL CONVENIO	Nombre: <u>R.O.O.M.</u>		
		Firma:		
		Fecha: XII-2008		
	G.H.J.: Gerhard H. Jirka J.I.O.: Jaime Iván Ordóñez		R.O.O.M.: Rafael Orlando Ortiz Mosquera	

CONTENIDO

	Pág.
H.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	4
H.2. OBJETIVOS	5
H.3. MEDIDAS ESPECIFICAS Y RECOMENDACIONES EN EL MANEJO DEL SEDIMENTO.....	7

H.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Cuando se consideran problemas medioambientales y su remediación para este proyecto, claramente, la pregunta que inicialmente se debe formular es: "Es el Canal del Dique un sistema ecológico natural?". Estrictamente hablando si que lo es, por supuesto, es un sistema hecho por el hombre, construido por los españoles en el 1650 y con subsecuentes modificaciones y rectificación a lo largo de los siglos. Sin embargo, el criterio usual en ecología cuando se pregunta que constituye un especie exótica opuesta a una especie indígena. Aquí el aniversario de Colón se suele tomar como el instante de referencia, por que un gran número de especies han sido intercambiadas entre países y continentes debido al sistema de comercio colonial. Desde la fecha de 1650 (cerca de 4 siglos) no es muy diferente al sistema de referencia indicado (5 siglos atrás), se sugiere que el canal del Dique sea considerado como un sistema ecológico natural, la capacidad de flujo entre el río Magdalena y el mar Caribe que ha existido a lo largo de varias generaciones de hombres y que esta constituido por un sistema de lagos, estuarios y humedales. Por tanto es una obligación de mantener y preservar este sistema, y no, cerrar el canal como punto de vista extremo.

El canal del Dique fue construido inicialmente para la navegación, y en los diferentes informes se confirma que ha seguido siendo este su propósito. Sin embargo, no esta claro cual es la importancia de éste en la actividad de la vida actual. No se presenta ningún dato sobre el número de Barcos y su tonelaje que están circulando, la importancia económica regional o nacional, y la proyección futura (si la hay) de la navegación. Estos datos son importantes para la planeación de las opciones del Canal del Dique.

Otros usos e impedimentos se han mencionado para el Canal del Dique. Estos son fuente de agua y nutrientes para los humedales, una fuente de abastecimiento de agua para las diferentes poblaciones y para la Ciudad de Cartagena, un factor de control de la intrusión salina dentro de los humedales y aparentemente como mayor impacto negativo, la continua sedimentación y eutrofización en las costas de las bahías especialmente en la Bahía de Cartagena.

H.2. OBJETIVOS

Una serie de objetivos se sugieren como guía principal para la consideración de medidas de remediación y mantenimiento en el Canal del Dique.

El Canal del Dique es un sistema que funciona por gravedad influenciado por la variabilidad de los niveles de agua en el Río Magdalena y por las mareas en el mar Caribe. El comportamiento hidrológico e hidráulico global del sistema natural está dirigido por estas influencias, por lo que grandes avenidas (inundaciones) y períodos de sequía están íntimamente ligados a períodos de alta/baja en el río Magdalena. Este estado natural debe ser mantenido. Lo que implica ninguna estructura de control, como compuertas de control de avenidas o de paso, deben ser introducidas en el hidrosistema del canal del dique, ya que su operación inevitablemente conducirá a desviaciones diferentes a la de la variabilidad natural, dependiendo del tipo de reglas de operación que sean usadas.

- Los flujos medios de agua en este sistema controlado por la gravedad son 1) las condiciones de entrada en la unión con el río Magdalena, y 2) las condiciones geométricas y de resistencia el flujo a todo lo largo del canal. El caudal medio anual para las condiciones actuales ($540 \text{ m}^3/\text{s}$) deben ser mantenidas, por que condiciones de flujo menores conducirán a una sedimentación generalizada en el canal del Dique, mayor intrusión salina, y una reducción de cargas de aguas y nutrientes hacia los humedales y bahías.
- Los datos proporcionados indican que la velocidad de abstracción de sedimento es cerca del 8.6% que es cerca a la de agua (del orden de 7.5%) en media anual. La carga total de sedimentos que penetran hacia el canal del Dique es de 13.1Mton/a podría no ser reducida de forma drástica. Cualquier reducción fuerte deriva en una gran erosión y una profundización del canal del dique y, debido a la unión fuerte con la carga de nutrientes, una reducción de los nutrientes en el sistema de humedales. Por otro lado, una reducción moderada, que se puede conseguir a través de medidas apropiadas del control del flujo a la entrada del canal del Dique, tendría beneficios en la carga final en la bahía de Cartagena que sería reducida apreciablemente. El objetivo de reducir la carga de sedimentos del 60% al 80% de la carga presente se propone como una realística y manejable empresa.
- Con el fin de lograr disminuir la carga de sedimento en el canal del Dique mientras se mantienen los caudales de agua en los valores presentes es necesario una mejora del flujo en la entrada del Canal del Dique y en la bifurcación con el río Magdalena. Sin embargo, las condiciones a la entrada del canal del Dique deben ser modificadas o manipuladas sólo con el mínimo impacto intrusivo en el río Magdalena. Medidas a gran escala u obras de ingeniería que interfieran con el régimen de flujo en el Río Magdalena no se deben permitir, ya que este río está en un estado activo y altamente dinámico y puede reaccionar con cambios bruscos de erosión y sedimentación afectando drásticamente a las orillas y al propio cauce. Estos cambios se evidencian por los movimientos dramáticos que sufre el río Magdalena, i.e. creación y crecimiento de la isla

La Loca y las masivas modificaciones en la orilla derecha cerca de Puerto Niño, como se puede ver en la secuencia de fotografías de 1960 a 1980.

- De manera similar, medidas correctoras y de manutención continuas a lo largo del canal deben ser mínimas y pueden preservar las características de los derrames de agua del canal del Dique durante la avenidas y asegurar la conexión con los humedales aledaños.
- El sistema río Magdalena - canal del Dique es un sistema altamente dinámico, por lo que no hay medidas de remediación que puedan curar todos los males o encontrar optimas medida por largo periodo, considerando aspectos globales como el cambio climático. Sin embargo, cualquiera de las medidas propuestas arriba pueden ser evaluadas para una vida sostenible de unos cincuenta años.

H.3. MEDIDAS ESPECIFICAS Y RECOMENDACIONES EN EL MANEJO DEL SEDIMENTO

Si los objetivos se consideran razonables, entonces el problema es netamente sedimentológico: Como se puede reducir la abstracción de sedimentos en un 60 a 80% (digamos un 70% como objetivo medio) de los sedimentos que actualmente se abstraen del río mientras se mantiene en nivel del flujo en los valores actuales?. Entonces, un sistema de abstracción tiene que funcionar de forma selectiva. El sistema es claramente no selectivo i.e. los niveles de abstracción de agua y sedimentos rondan el 8%

Una abstracción reducida de sedimentos – el objetivo puede ser un 70% del 8%, i.e. cerca del 5 al 6% puede, por supuesto, ser obtenido mediante sistemas masivos de sedimentación fuera del río (i.e. cuencas de sedimentación), pero con grandes costos técnicos, o por masivas obstrucciones en el río en su aproximación a la entrada del canal (i.e. bloqueo de uno de los brazos del río, creación de lagunas, etc.), pero esto no es sostenible por que al final el resultado es la modificación de la morfología del cauce, afectando a las poblaciones ribereñas.

Un manejo exitoso de bajo coste debe ser una solución “sobre la marcha”, i.e. una separación de parte del líquido que contiene las concentraciones altas y bajas de sedimento en suspensión mientras se aproxima a la entrada del canal. Este tipo de gestión del flujo depende crucialmente en la existencia de una distribución vertical de la concentración de sedimento en el río. Desafortunadamente no se encontraron datos en los informes de mediciones directas de en el Río Magdalena. ¿Se han desarrollado campañas en diferentes zonas a lo largo del río Magdalena , en el flujo de aproximación o en el mismo canal del Dique?. ¿También para diferentes condiciones hidrológicas? La evidencia podría ser muy importante para la eficacia de cualquier tipo de esquema de manejo que se proponga.

La gestión para el control del sedimento significa en primer lugar gestión de la capa límite, i.e. inducir el flujo en diferentes regiones, notablemente cerca del fondo, guiar parte del flujo de la capa límite de alta concentración o bien mediante gradientes de presión, inducir al flujo a alejarse de la entrada del canal. Así en sentido estricto, la gestión del flujo/sedimento con la L invertida propuesta por Ordoñez (1974) es un ejemplo de gestión de la capa límite, y claramente trabaja satisfactoriamente tal y como se muestra en los diferentes experimentos realizados antes y ahora en los ensayos de laboratorio (LEH-UN). Sin embargo, en el presente caso, creemos que no es una solución sustentable, por que causa un bloqueo de gran tamaño que abarca sobre el 50% del ancho del cauce morfológicamente activo del río Magdalena. Aunque se ha mostrado su eficiencia en laboratorio en una escala de tiempo corta, probablemente falle a largo plazo decenas de años, tanto por la deposición de material en la parte bloqueada como en la erosión de la parte no bloqueada.

Antes de sugerir ninguna alternativa, solución acerca del manejo de bajo impacto del flujo/sedimento, una evaluación crítica del método del laboratorio ha de hacerse. Claramente, un buen ensayo de laboratorio con fondo móvil es el método preferido a la hora de estudiar un problema extraordinariamente complejo con flujo y sedimento como la abstracción en el

sistema del río Magdalena y Canal del dique. (puede ser que un modelo numérico de alta resolución en 3D con turbulencia y sedimento puede ser la otra alternativa, pero esto aún está en estado de investigación, con una cantidad de incertidumbres adicionales). Sin embargo, dada la complejidad de los requerimientos, y la incapacidad para satisfacerlos todos, los resultados han de tomarse sólo desde el punto de vista cualitativo, nunca cuantitativamente correcto. En el caso presente las discrepancias se presentan en un modelo distorsionado geométricamente, número de Froude mejorado, y desviaciones y distorsiones granulométricas! Sin embargo aunque algunas tienen que ser adoptadas han de evitarse por razones prácticas. Los resultados del modelo son útiles desde un punto de vista cualitativo y comparativo, i.e. ellos muestran como una alternativa se comporta respecto a otra, en particular acerca de la línea de base, que pueden ser calibradas con datos disponibles en condiciones del prototipo. Sin embargo, brotan un número de cuestiones y preguntas en el que las respuestas no se ven inmediatamente en los informes:

- Se han realizado comparaciones entre los datos observados en el campo y el modelo?
- El modelo sólo se ha comprobado en condiciones de flujo medio, o también con las variaciones hidrológicas características del río Magdalena?
- Y lo más importante para estar seguro acerca de la reproducción la selección del sedimento durante la abstracción: Se han medido perfiles de concentración vertical en el modelo? Si así es, los perfiles son de igual forma y magnitud que las medidas en el río?

Los siguientes esquemas de gestión local del sedimento se sugieren para futuras investigaciones en la entrada del canal del dique: (Todas las alternativas presentadas suponen que la distribución vertical del sedimento en el flujo de aproximación está estratificado).

- Punto A: gestión del flujo
 - Fijar la entrada del canal tanto taludes como fondo, a lo largo de una longitud de 100 m, colocando material grueso formando una coraza, y favorecer las zonas altas del flujo.
 - Si el flujo en la entrada disminuye (tal como se espera ya que se ha estrechado la sección a la entrada con la capa de material grueso), colocar un corto espolón aguas debajo de la entrada (hasta unos 50 m de longitud). Se hace notar el estudio de la alternativa CNR variante IV que muestra la sensibilidad del flujo de abstracción inducido por tal espolón. En ningún caso el espolón deberá ser de más del 5% a través del cauce del Magdalena. En particular, estructuras que se extienden por más del 10% del ancho del cauce pueden causar alteraciones masivas en la morfología del cauce.
- Punto B: Gestión del Sedimento
 - Instalar vanos sumergidos (siguiendo la misma idea de los vanos de Iowa) en la aproximación del flujo en frente de la entrada del canal. El objeto de esto es guiar la capa límite inferior en el río Magdalena que pase derecho de la entrada del canal. En la práctica, estas son de muy bajo coste y pueden ser construidas con tabla estacas.
 - Para asegurar el pase óptimo del flujo de sedimento el espolón debe ser permeable en su parte inferior, permitiendo el paso de la parte alta del flujo de sedimento y viceversa.

Esta estructura se puede optimizar en sus dimensiones relativas para adaptarse a las condiciones locales. En la práctica podría ser una estructura de hormigón fija, similar a un muelle de desembarque, cimentado en profundidad para evitar la erosión local en las pilas.

Estas opciones, pueden ser ensayadas en el laboratorio UNC-LEH. Si son exitosas las propuestas, en un rango elevado de condiciones de operación, estas pueden ser usadas para futuras estrategias para reducir en ultimas la carga de sedimento que llega a la Bahía de Cartagena, es decir instalar en las diferentes entradas de los tres pasajes (Caño Correa, Caño Matunilla, Caño Lequerica) las estructuras de gestión de flujo y sedimentos, evidentemente todas con las dimensiones reducidas. Esto permite disminuir la carga de sedimentos que llega a la Bahía de Cartagena sin disminuir el caudal líquido y evitar así la intrusión salina.