



JORNADA “HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA DE SEDIMENTOS DE EMBALSES”

GESTIÓN INTEGRAL DE SEDIMENTOS DE EMBALSES

Propuesta de Guía para su Desarrollo

Justo Mora Alonso-Muñoyerro
Vocal Asesor Comité Sedimentos Embalses SPANCOLD
Dr. Ing. CCyP jmora@ciccp.es

INTRODUCCIÓN

Finalidad de la comunicación

Propuesta del Comité de Sedimentos de SPANCOLD de un nuevo concepto para Gestión Integral de Sedimentos:

- XII Jornadas Españolas de Presas/Las Palmas/Sept 2021
- Propuesta Guía Metodológica

Inicio redacción Guía Primera fase: trabajos batimétricos y de caracterización de sedimentos

Enfoque tradicional: los **problemas** que suponen los sedimentos para la seguridad de la **presa** y de sus órganos funcionales

Preocupación histórica

Interés creciente
Atención decreciente

Motivado por :

- Pérdida progresiva de capacidad útil
- Los efectos del CC en el régimen hidrológico y la revisión de nuevas necesidades de regulación. Recuperación volúmenes
- El interés en los PESequía para movilizar fondos muertos ?

SEDIMENTACIÓN EN EMBALSES (I)

Cuenca	Núm. de embalses estudiados	Capacidad total inicial (hm ³)	Capacidad total última batimetría (hm ³)	Pérdida de capacidad (hm ³)	Pérdida de capacidad (% del volumen inicial)	Periodo de tiempo medio (años)	Pérdida de capac. media anual (% del vol. inic.)
Norte I	6	517	499	18	3	31	0,11
Norte II	3	314	256	58	18	33	0,56
Norte III	2	64	62	2	3	36	0,10
Duero	5	899	875	24	3	34	0,08
Tajo	12	3.970	3.892	77	2	28	0,07
Guadiana I	5	2.082	1.932	150	7	29	0,25
Guadiana II	0	-	-	-	-	-	-
Guadalquivir	22	3.706	3.581	124	3	28	0,12
Sur	6	558	544	15	3	24	0,11
Segura	12	951	855	95	10	49	0,20
Júcar	16	1.474	1.420	55	4	30	0,12
Ebro	17	3.075	2.805	271	9	35	0,25
C.I. Cataluña	4	211	199	12	6	36	0,16
Galicia Costa	0	-	-	-	-	-	-
Total	110	17.321	16.921	901	5	31	0,16

SEDIMENTACIÓN EN EMBALSES (II)

Situación en 2003

Rafael Cobo Ingeniería del Agua Diciembre 2008

Cuenca Hidrográfica	Capacidad inicial (hm ³)	Aterramiento en 2003 (hm ³)	Cuenca Hidrográfica	Capacidad inicial (hm ³)	Aterramiento en 2003 (hm ³)
1 Norte			6 Med. Andaluza	1.319	74,20
2 Duero	7.667	496,09	7 Segura	1.223	124,97
3 Tajo	11.135	430,88	8 Júcar	3.349	188,32
4 Guadiana	9.619	1.228,40	9 Ebro	7.702	917,50
5 Guadalquivir	8.867	796,65	10 C.I. Cataluña	772	77,90

 Sobre un total de 51.653 hm³ se habían perdido 4.335 hm³

Situación en 2025

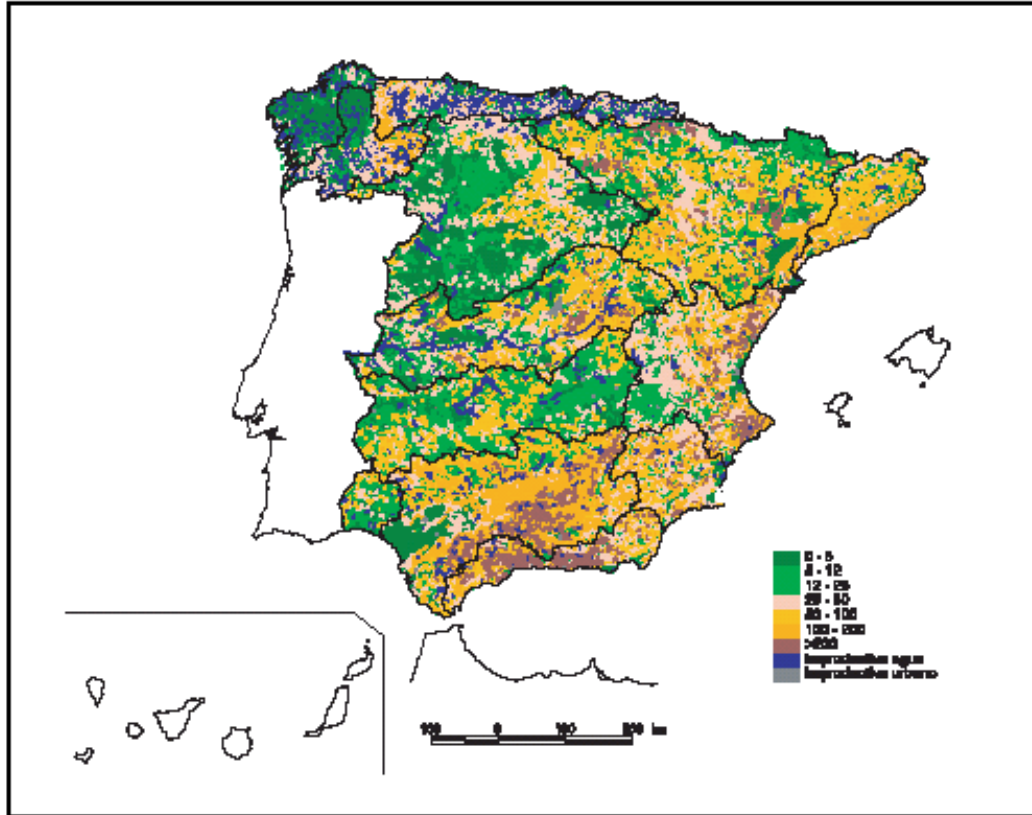
0,18% de volumen perdido /año
 Pérdidas de 2.049 hm³ a un ritmo 93 hm³/año

Cuenca Hidrográfica	Capacidad inicial (hm ³)	Aterramiento en 2025 (hm ³)	Cuenca Hidrográfica	Capacidad inicial (hm ³)	Aterramiento en 2025 (hm ³)
1 Norte			6 Med. Andaluza	1.319	139,13
2 Duero	7.667	700,26	7 Segura	1.223	148,54
3 Tajo	11.135	637,88	8 Júcar	3.349	293,69
4 Guadiana	9.619	1.878,68	9 Ebro	7.702	1.330,75
5 Guadalquivir	8.867	1.137,35	10 C.I. Cataluña	772	118,16

 Sobre un total de 51.653 hm³ se habrán perdido 6.384 hm³

Extrapolando resultados de 109 embalses representan el 30% de la capacidad total embalse

PÉRDIDAS POTENCIALES SUELO



Estimación media

25 t/ha año

→ 1.235 Mt

Densidad 2 → 617 M m³/año

(*)Densidad 1,086 → 1.137 M m³/año

Estimación sedimentos Júcar Efrén Hz. Ojeda

~1.000 hm³ /año

INTRODUCCIÓN

Finalidad de la comunicación

Propuesta del Comité de Sedimentos de SPANCOLD de un nuevo concepto para Gestión Integral de Sedimentos:

- XII Jornadas Españolas de Presas/Las Palmas/Sept 2021
- Propuesta Guía Metodológica

Inicio redacción Guía Primera fase: trabajos batimétricos y de caracterización de sedimentos

Enfoque tradicional: los **problemas** que suponen los sedimentos para la seguridad de la **presa** y de sus órganos funcionales

Preocupación histórica

Interés creciente Atención decreciente

Motivado por :

- Pérdida progresiva de capacidad útil
- Los efectos del CC en el régimen hidrológico y la revisión de nuevas necesidades de regulación. Recuperación volúmenes
- El interés en los PESequía para movilizar fondos muertos ?

Concepción moderna y sostenible acorde con el marco normativo y la sensibilidad social actual

Nuevo Impulso

Problemas: efectos de la retención de sólidos en embalses

Seguridad, operatividad y funcionalidad de las presas

- Efectos sobre la seguridad y funcionalidad presas
- Pérdida capacidad útil y de garantía demandas agua
- Laminación avenidas/control inundaciones
- Producción hidroeléctrica

Geomorfológicas y ambientales en el DPH

- Alteración régimen erosivo/sedimentario fluvial
- Calidad del agua
- Cambios morfología cauce y la hidráulica fluvial → impacto ictiofauna Condiciones freza y desove
- Vegetación ribera
- Consolidación de barras y otras formaciones fluviales afectan a la inundabilidad

Otros aspectos a considerar

I. Nuevos conceptos de RIESGO derivados de la Directiva 2000/60/CE marco de aguas (DMA).

II. Costas: reducción de aporte sólidos y consecuencias sobre los procesos litorales . Erosión litoral y regresión de playas

III. Consecuencias del Cambio Climático (CC) sobre los procesos erosivo sedimentarios y estrategias de adaptación

Directrices a tener en cuenta en acciones futuras sobre sedimentos

Doble perspectiva, efectos sedimentos sobre:



-Seguridad y funcionalidad de las presas, y usos del agua

-Cauces (DPH)



-Alteración hidromorfológica

-Riesgo Objetivos PPHH

incumplimiento Medioambientales

No pueden gestionarse de forma individual sin considerar el cauce y embalses aguas abajo.



Es necesaria una estrategia a nivel de **cuenca hidrográfica** que optimice su gestión

Afectan también a **formaciones costeras** influenciadas por sólidos aportados desembocaduras ríos (deltas, flechas litorales...)



Imagen: Atlas de los ríos de España y sus afluentes. 1978. Ministerio de Medio Ambiente.

Esa estrategia debe extenderse también a las **aguas costeras y de transición** → **Demarcación Hidrográfica**

Cambio Climático: intensificación de los procesos erosivos y de los procesos de transporte y sedimentación fluvial.

Nuevos aspectos a incluir I.a)

Alteraciones morfológicas cauce

Retención sedimentos embalses

Variaciones en los depósitos sedimentarios en confluencias

Reducción de las barras de grava aguas abajo y desarrollo de su vegetación riparia

- Incremento riesgo de inundación
- Reducción de nutrientes en las desembocaduras de los ríos.

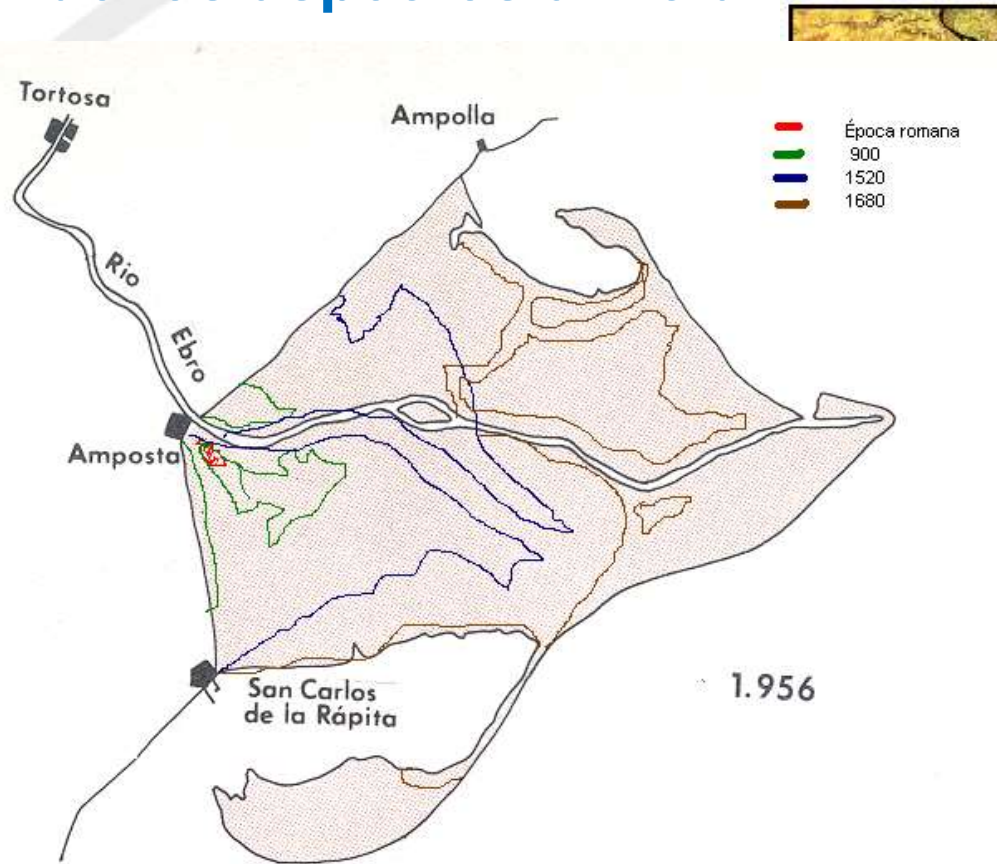
Estado de las Masas de Agua aguas abajo (DMA)

Deterioro del hábitat acuático y ripario

Riesgo de NO alcanzar el **Buen Estado Ecológico (DMA)** por alteración morfológica del cauce

- Exceso de acumulación de sedimentos en algunos tramos, afectando el hábitat de invertebrados e ictiofauna
- Afecciones a la vegetación de ribera

Nuevos aspectos a incluir II. formaciones costeras singulares



Nuevos aspectos a incluir: CC III.

PROYECCIONES REGIONALIZADAS PARA ESPAÑA A PARTIR DEL SEXTO INFORME IPCC 2022 AR6 WG II

Ascenso del nivel medio del mar

Aumento temperatura del mar

Mayor número de días cálidos/olas de calor

Aumento temperaturas máximas

Disminución precipitaciones

Previsiones modelos hidrológicos y consecuencias

Aumento Evapotranspiración

Disminución Q ríos /recarga aguas subterráneas

Menos precipitación pero lluvias más torrenciales

Incremento aridez y erosión

Frecuencia e intensidad sequías

Afectará a la erosión y sedimentos

Contribución de la Gestión Sedimentos a la Adaptación al CC

Aportes sólidos procesos litorales

Mantenimiento capacidad embalses

Laminación avenidas

Gestión de sedimentos/conservación de cauces

Disponibilidad recurso hídrico

Lo que se viene haciendo: tratamiento histórico levantamientos batimétricos

Objeto

Sedimentos
como
problema para
la seguridad y
funcionalidad
presas

No considera el efecto
sobre el río (**alteración
hidromorfológica cauces**)

Falta de **sistematización** e
insuficiente **representatividad**.

Desconocimiento de los
procesos de transporte y
sedimentación fluvial

Descoordinación. Falta
de visión de cuenca
hidrográfica

Acciones

Campañas
batimétricas

Medidas

Individuales y
esporádicas



Plan de Gestión Integral de Sedimentos: justificación

Razones:

- Los sedimentos de un embalse no pueden gestionarse de forma individual sin afectar al cauce y embalses aguas abajo. Es necesaria una estrategia a nivel de cuenca hidrográfica que optimice su gestión
- Afecta a la totalidad de la cuenca hidrográfica y zona costera de influencia → Demarcación Hidrográfica
- Eficiencia: la gestión de sedimentos tiene menor coste económico y medioambiental que la creación de nuevas infraestructuras que compensen la pérdida de capacidad útil y reducción recursos disponibles
- Se ha visto que los efectos de la sedimentación en embalses afecta al cumplimiento de la DMA y pone en RIESGO el conseguir los Objetivos Medioambientales de los Planes Hidrológicos
- **Incorporación del Plan de Gestión Integral de Sedimentos de Embalses en la planificación hidrológica : programa de medidas**

Planes Gestión Integral Sedimentos

Ámbito geográfico

Se propone el articular las distintas acciones en materia de control y gestión de sedimentos, en el marco de **Planes Integrales de Gestión de Sedimentos** por Demarcaciones Hidrográficas o partes sustanciales de ellas que tengan el carácter de unidad fisiográfica a estos efectos.

Objetivos

El **objetivo** del plan integral de gestión de sedimentos es el de *recuperar la continuidad sedimentos interrumpida por los embalses, mitigando los riesgos y efectos* no deseados sobre la seguridad y funcionalidad de las presas, usos del agua y el estado de nuestros ríos

Planes Gestión Integral de Sedimentos: fases

Primera fase: trabajos batimétricos y de caracterización de sedimentos

GUÍA SPANCOLD en REDACCIÓN

En esta fase se pretende adquirir el conocimiento y la información necesaria sobre la situación y tendencia sedimentológica de los embalses, que proporcionen una adecuada comprensión del proceso y la problemática asociada

Segunda fase: ¿guía para la elaboración de los Planes Integrales de Gestión de Sedimentos?



Gestión Sedimentos y Directiva Marco Agua (DMA/WFD)



COMMON IMPLEMENTATION STRATEGY
FOR THE WATER FRAMEWORK DIRECTIVE
(2000/60/EC)

Integrated sediment management
Guidelines and good practices in the context of the Water Framework
Directive

Publicada el 16 septiembre 2022

“Planificación de la gestión integrada de sedimentos”



- Un enfoque que reconoce la escala del sistema (de la fuente al mar)
- En la que operan los procesos relacionados con los sedimentos, y los alinea, de manera coherente con los **objetivos medioambientales**, así como con los que se derivan de **actividades socioeconómicas** riesgo inundación, hidroelectricidad, riego, navegación
- Tales planes deberían formar parte o estar alineados con los **Planes Hidrológicos de las Demarcaciones Hidrográficas**

GUÍA SPANCOLD GESTIÓN INTEGRAL SEDIMENTOS de *EMBALSES*

La Guía CIS en redacción no interfiere con la Guía (1ª parte) de SPANCOLD.

La estrategia propuesta por SPANCOLD es para la Gestión Integral de Sedimentos de *Embalses*

Ésta debe incardinarse con la Guía CIS sobre Gestión Integral de Sedimentos (*en general*) en el contexto de la Directiva Marco sobre el AGUA (DMA) , sin entrar en colisión con sus criterios



GUÍA GESTIÓN INTEGRAL SEDIMENTOS EMBALSES

Primera Fase: trabajos batimétricos y de caracterización de sedimentos

1. Introducción y objetivos.
 2. Criterios para definición ámbitos geográficos de los estudios.
 3. Trabajos topográficos, batimétricos y de caracterización de los sedimentos en embalses.
 - 3.1. Trabajos batimétricos y topográficos.
 - 3.2. Trabajos complementarios a la caracterización topobatimétrica. Geofísica. Sísmica de reflexión
 - 3.3. Toma de muestras.
 - 3.4. Análisis de las muestras obtenidas
 4. Estudios hidrológicos
 5. Estudio sedimentológico de cada embalse.
 6. Análisis e interpretación previa de los procesos erosivo-sedimentarios.
 7. Descripción y análisis de las medidas correctoras adoptadas hasta la fecha
 8. Recopilación de información básica sobre los efectos de la retención de sedimentos en deltas y formaciones costeras influenciadas por las desembocaduras de ríos.
 9. Propuestas para la monitorización del seguimiento de caudales sólidos
 10. Análisis de riesgo medioambiental.
 11. Documentación a presentar
- APÉNDICE:** Recomendaciones y medidas de urgente implementación
- A1. Recomendaciones para la operación de los órganos de desagüe para la prevención.
 - A2. Medidas de urgente implementación.

ÍNDICE GUÍA G.I.S.E. (I)

Introducción y objetivos.

Criterios para definición ámbitos geográficos de los estudios

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA
Cuenca hidrográfica + zona costera

ZONIFICACIÓN

Tramo 1

Tramo (i)

Tramo final

Tramo fluvial(n)
Zona costera

UNIDADES FISIAGRÁFICAS
Fuentes sedimento Transporte Sedimentación Presas

UNIDADES FISIAGRÁFICAS
+ Formaciones costeras influenciadas

ÍNDICE GUÍA G.I.S.E. (I)

Trabajos topográficos, batimétricos y de caracterización de los sedimentos en embalses.

Recopilación curvas H-V anteriores
Evolución (t). Velocidad aterramiento
Tramo inmediato a. arriba /a. abajo

Trabajos batimétricos y topográficos.

Trabajos complementarios a la caracterización tropobatimétrica.

Geofísica. Sísmica de reflexión

Toma de muestras.

Análisis de las muestras obtenidas

Extracción totalidad columna
estratigráfica
En zonas emergidas/sumergidas
Malla de muestreo
Toxicidad

ÍNDICE GUÍA G.I.S.E. (II)

Estudios hidrológicos



Estudio sedimentológico de cada embalse

Análisis e interpretación previa de los procesos erosivo-sedimentarios.

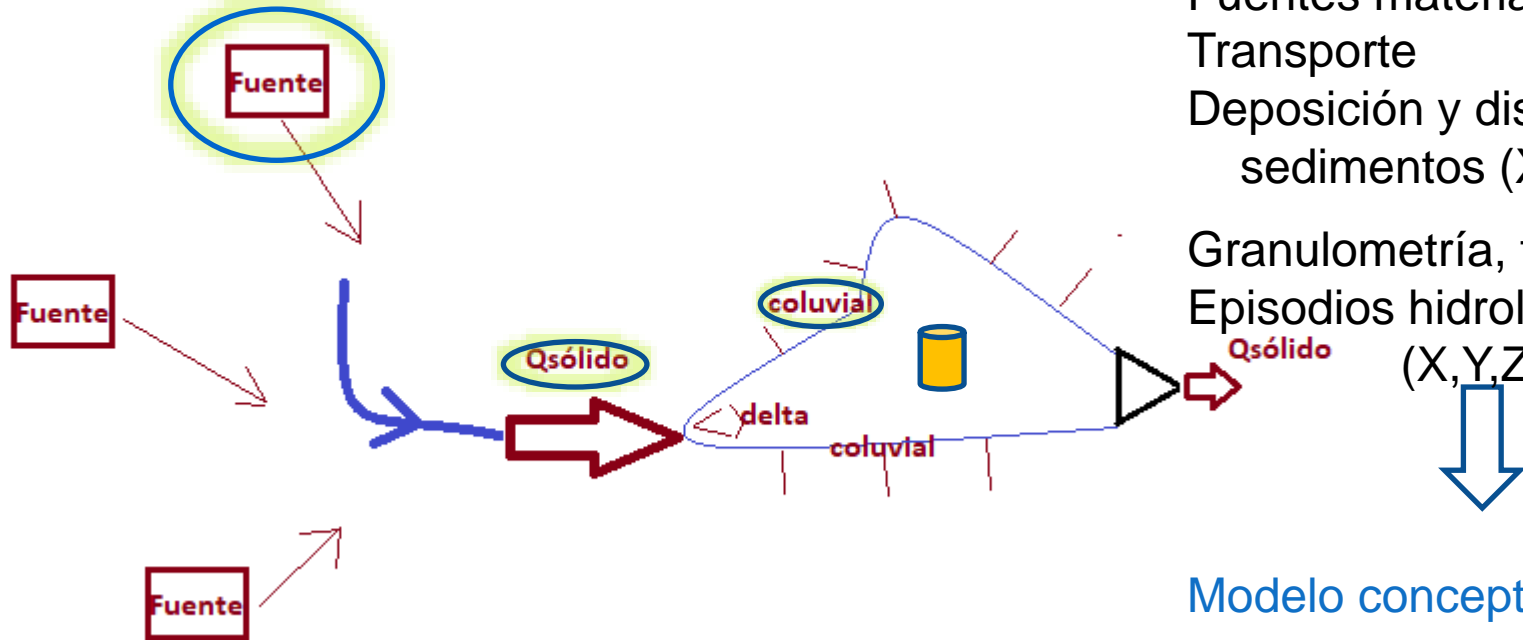
Relacionar régimen hidrológico con las secuencias deposicionales (crecidas, aguas bajas,...)

Granulometría y Q de movilización

Identificación facies sedimentarias
Distribución en profundidad/superficie

ÍNDICE GUÍA G.I.S.E. (II BIS)

JORNADA "HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA DE SEDIMENTOS DE EMBALSES" Análisis e interpretación procesos erosivo-sedimentarios RELACIONAR



Fuentes material

Transporte

Deposición y distribución
sedimentos (X,Y,Z)

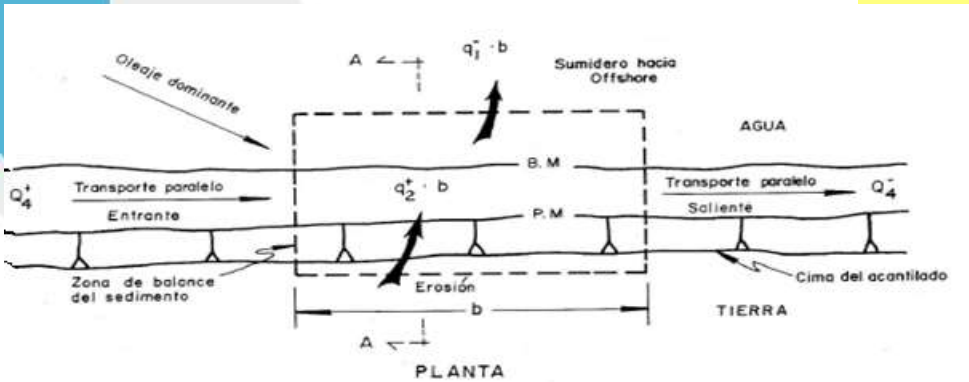
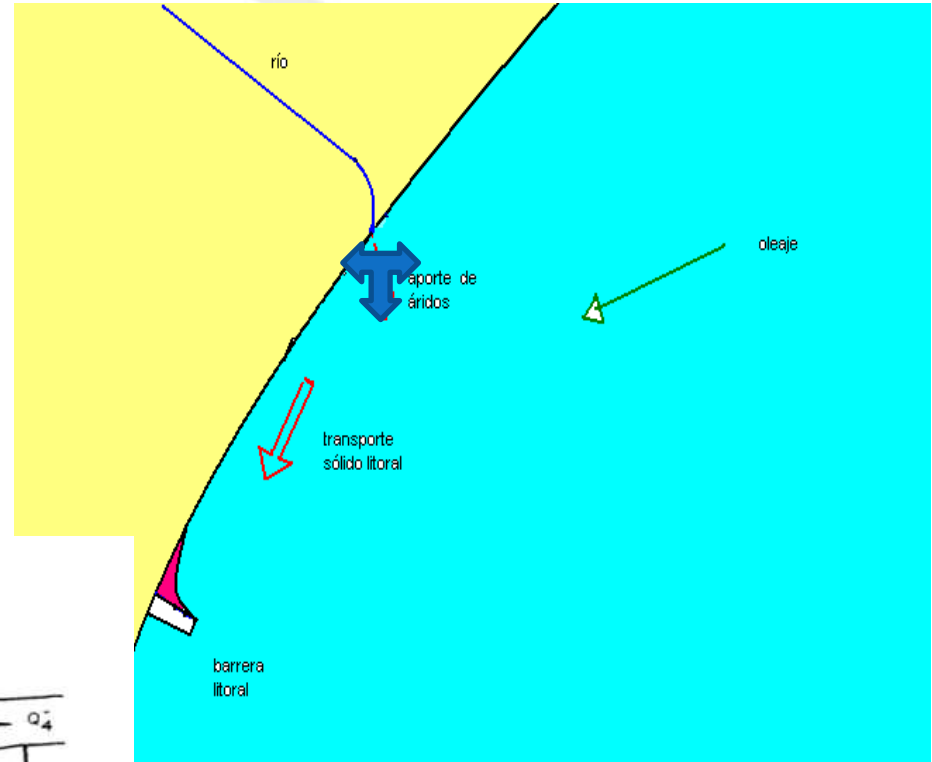
Granulometría, facies sedim.

Episodios hidrológicos
(X,Y,Z,t)

Modelo conceptual proceso

ÍNDICE GUÍA G.I.S.E. (III)

Recopilación de información básica sobre los efectos de la retención de sedimentos en deltas y formaciones costeras influenciadas por desembocaduras de ríos.



Balance del tramo (i) $\sum Q_i^+ + \sum b_i q_i^+ - \sum b_i q_i^- = \sum Q_i^-$

ÍNDICE GUÍA G.I.S.E. (IV)

Descripción y análisis de las medidas correctoras adoptadas hasta la fecha

Propuestas para la monitorización del seguimiento de caudales sólidos

Análisis riesgo ambiental

Tipo de medidas
Descripción /localización
Evaluación eficacia

Criterios para el diseño
Seguimiento composición y caudal sólido entrante y saliente. Evolución depósitos
Relación caudal líquido/sólido.
Previsiones

Guía Técnica SPANCOLD:Análisis de riesgos aplicado a seguridad presas y embalses



APÉNDICE: Recomendaciones y medidas de urgente implementación

A1. Recomendaciones para la operación de los órganos de desagüe para la prevención.

A2. Medidas de urgente implementación

EJEMPLOS DE TÉCNICAS GESTIÓN DE SEDIMENTOS (Annandale G.W. et al. HIDROLINK)

Disminuir el rendimiento generación sedimentos


- Reducir la producción de sedimentos
- Trampas sedimentos aguas arriba del embalse

Mantener el transporte /reducir su deposición:

- By pass
- Descarga sedimentos (flushing/sluicing)

Circulación sedimentos

Remover y redistribuir sedimentos

- Dragado / Excavación en seco
 - Extracción y reincorporación sedimentos aguas abajo. **Mantener continuidad sedimentos**
- 

EJEMPLOS DE MEDIDAS PARA CONTINUIDAD SEDIMENTOS



Reposición de grava aguas abajo

Keswick Dam (río Sacramento California)

- Sedimentos atrapados por las presas de Shasta y Keswick Dams

Carencia aguas abajo

- La carencia de sedimentos provoca tendencia erosiva del río a costa del cauce
- Para restituir el equilibrio erosivo sedimentario alterado artificialmente se instaló un depósito de gravas en la margen derecha del río Sacramento
- Las gravas se transportaron mediante camiones
- Las gravas se reponen paulatinamente

DAMS, SEDIMENT DISCONTINUITY AND MANAGEMENT RESPONSES

G. MATHIAS KONDOLF AND RAFAEL J. SCHMITT (Tomado de hydrolink number 3/2018)



SÍNTESIS

- La propuesta de **Plan de Gestión Integral de Sedimentos de Embalses** orientada a medidas para mitigar los problemas de funcionalidad y seguridad en **presas y embalses contribuyendo a reducir** sus efectos en ríos y costas
- Permite responder a las **obligaciones** de la DMA y normativa de aguas, para evitar el deterioro de las Masas de Agua
- El objetivo **Guía SPANCOLD (1ªfase)** es dar criterios para la realización de los trabajos destinados a adquirir conocimientos para una adecuada **comprensión de los procesos** de generación transporte y deposición de sedimentos en los embalses, esenciales para poder adoptar la medidas necesarias en una segunda fase (redacción de los Planes)





JORNADA “HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA DE SEDIMENTOS DE EMBALSES”

Gestión Integral de Sedimentos de Embalses: propuesta de Guía para su Desarrollo

AGRADECIMIENTO A LOS MIEMBROS DEL
COMITÉ DE GESTIÓN DE SEDIMENTOS DE
EMBALSES QUE SE HAN BRINDADO A SU
REDACCIÓN

