CONSORCIO
INFRAESTRUCTURA
2024

06 de Noviembre de 2024

**DT – CAS – CI2024 – 004**

Ingeniero
**GILBERTO GALINDO ALVARADO**
**Interventor**

**Referencia: Contrato N°. 4229 DE 2024** cuyo objeto es **"ATENDER SITIOS CRÍTICOS DE LA RED TERCIARIA A CARGO DE INVIAS, A TRAVÉS DEL SISTEMA DE MONTO AGOTABLE, EN VÍAS A CARGO DE LA DIRECCIÓN TERRITORIAL CASANARE EN EL DEPARTAMENTO DE CASANARE"**

**Asunto: Aprobación alternativa diseño**

Cordial saludo

Teniendo en cuenta el numeral 12 de la Cláusula 9 – Obligaciones del Contratista del contrato de la referencia que indica: "Comunicarle a la Entidad cualquier circunstancia política, jurídica, social, económica, técnica, ambiental o de cualquier tipo, que pueda afectar la ejecución del Contrato", nos vemos en la obligación de informar a la Interventoría para que a su vez está informe al Supervisor del contrato las siguientes situaciones que pueden afectar de manera significativa la ejecución del contrato de obra:

- **REVISIÓN OBRAS PROYECTADAS**

Una vez realizada la visita de obra conjunta con la Interventoría y la Supervisión en la cual se indicó las obras proyectadas a construir en los puntos críticos establecidos en el Anexo Técnico evidenciamos que las obras proyectadas para Punto Crítico de Sabanalarga – Casanare no son las adecuadas para solucionar la problemática que se presenta en el mismo. Para este punto se proyectó la construcción de dos alcantarillas de concreto reforzado y tubería de concreto de 36 pulgadas con el fin de captar las aguas de escorrentía provenientes del predio aledaño y conducirlas a la Quebrada la Piñalera.

Realizando una aproximación para determinar el caudal de diseño que deberán evacuar las alcantarillas se tiene que:

La Microcuenca aproximada que aportará aguas de escorrentía a las obras de drenaje proyectadas se puede apreciar en la siguiente ilustración:




Las características de la microcuenca hidrográfica son las siguientes considerando que el cauce estará ubicado en el centro de la microcuenca:

Área de la Microcuenca = 0.74 $Km^2$
Longitud del Cauce = 1.53 Km
Pendiente = 0.212 m/m
Tiempo de concentración = 10 minutos
Coeficiente de Escorrentía = 0.36

El tiempo de concentración se calculó a partir de la siguiente ecuación:

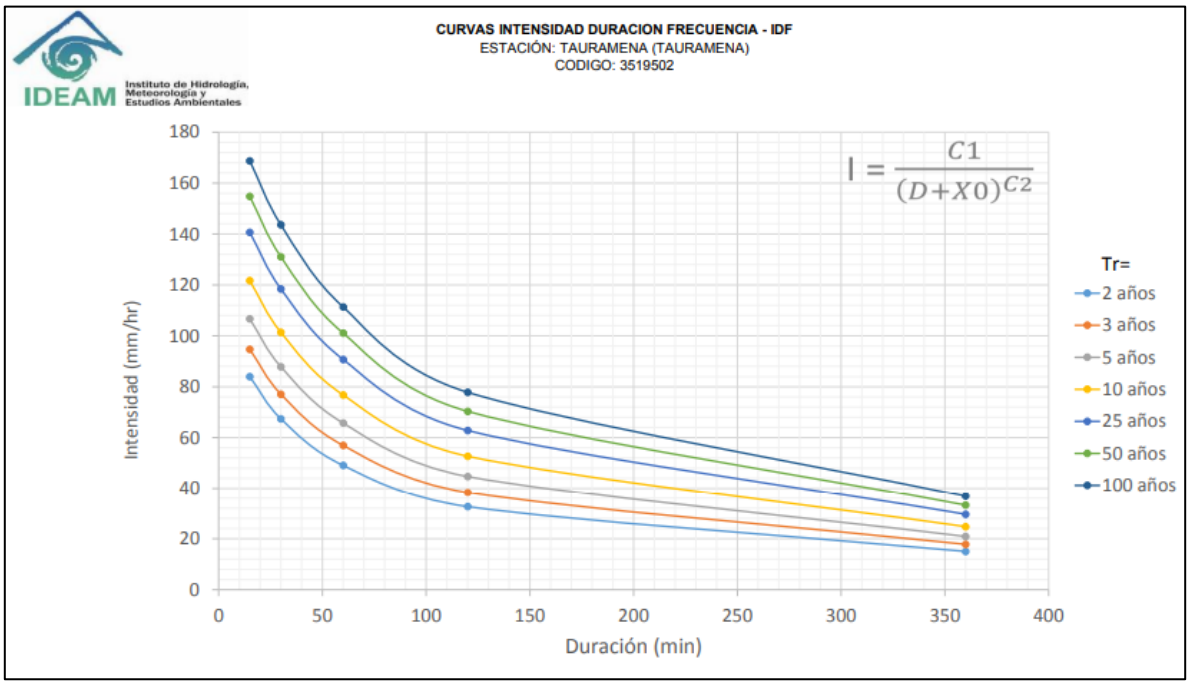
$$T_C = 0.06628 \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

$$T_C = 0.06628 \left(\frac{1.53}{0.212^{0.5}}\right)^{0.77}$$

$$T_C = 0.167\ horas \approx 10\ minutos$$

Para el caso de alcantarillas de 0.90 metros de diámetro, el periodo de Retorno estipulado en el Manual de Drenaje del INVIAS es de 10 años.

A partir de las curvas de Intensidad – Duración – Frecuencia (Curvas IDF) elaboradas por el IDEAM se obtiene la intensidad de precipitación para calcular el caudal de diseño para la estructura de drenaje. A continuación se presenta la curva IDF de la estación meteorológica del IDEAM localizada en el Municipio de Tauramena (Estación más cercana y que cuenta con las Curvas IDF):




Para este caso la intensidad de la precipitación para determinar el caudal es de 120 mm/hora.

Aplicando la fórmula del método racional para calcular caudales cuando el area de la cuenca es menor a 2.5 km$^2$ se obtiene un caudal de diseño de:

$$Q = 0.278 * C * i * A$$

$$Q = 0.278 * 0.36 * 120 \frac{mm}{h} * 0.74\ Km^2$$

$$Q = 2.47\ m^3/s$$

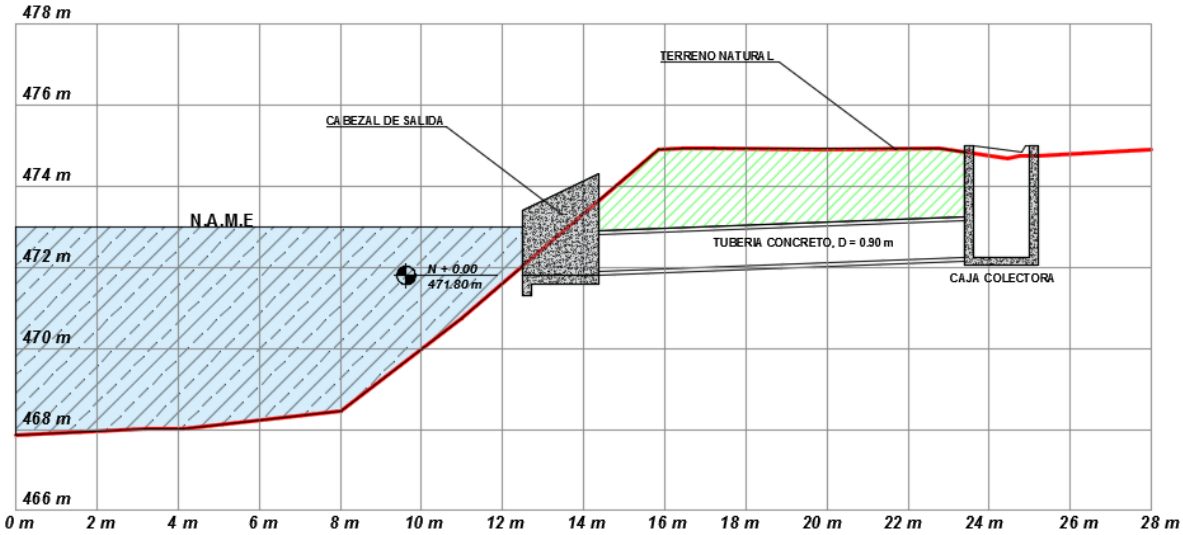
Teniendo en cuenta la Cartilla de Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales del INVIAS, el caudal máximo de diseño para que una alcantarilla en tubería de concreto reforzado funcione a flujo libre con una pendiente longitudinal máxima de 5% es de 1.25 m$^3$/s como se puede apreciar en la siguiente tabla:

**Tabla 4-1. Funcionamiento hidráulico de alcantarilla D=0.9 m**

| Material | Pendiente (S) | Caudal ($m^3/s$) | Profundidad a la entrada (m) | Profundidad normal (m) | Profundidad crítica (m) | Profundidad a la salida | Velocidad de salida (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concreto Reforzado | 0.5% | 1.17 | 1.07 | 0.72 | 0.64 | 0.64 | 2.42 |
| | 2.0% | 1.20 | 1.06 | 0.45 | 0.65 | 0.53 | 3.08 |
| | 5.0% | 1.25 | 1.09 | 0.36 | 0.66 | 0.47 | 3.77 |
| Plástico | 0.5% | 1.22 | 1.08 | 0.61 | 0.65 | 0.63 | 2.58 |
| | 2.0% | 1.23 | 1.09 | 0.40 | 0.66 | 0.52 | 3.21 |
| | 5.0% | 1.25 | 1.09 | 0.31 | 0.66 | 0.46 | 3.87 |

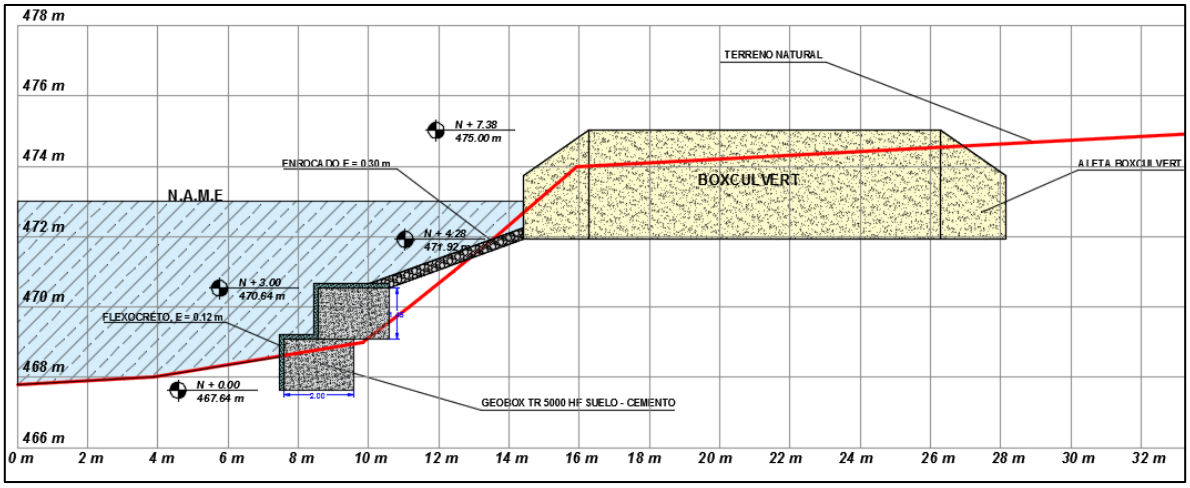
Fuente: Cartilla de obras menores de drenaje y estructuras viales – INVIAS

Teniendo en cuenta que se debe proveer al menos una pendiente del 5% a la tubería de la alcantarilla para evacuar 1.25 $m^3/s$ de agua, la alcantarilla alcanzará una cota en la estructura de salida muy cercana al nivel máximo de aguas esperado (NAME) requiriendo que se construya obras de protección para evitar la erosión en la base de la estructura de salida de la alcantarilla y por otra parte se puede presentar empozamiento de las aguas debido a que durante una posible avenida del rio al estar la cota de salida tan baja se regresen las aguas como se puede apreciar en la siguiente ilustración:




En conclusión, consideramos que este tipo de obras de drenaje no garantiza el adecuado manejo de las aguas de escorrentía provenientes de la finca adyacente a la vía y por lo tanto proponemos la construcción de un Box culvert que garantice un adecuado manejo de las aguas de escorrentía. Adicionalmente, como se mencionó anteriormente, los cálculos aquí presentados son aproximados y se realizan solamente para corroborar si las alcantarillas proyectadas cumplen con la capacidad hidráulica requerida para el manejo de las aguas evidenciándose que la capacidad de desagüe es muy cercana al 100% de la requerida.

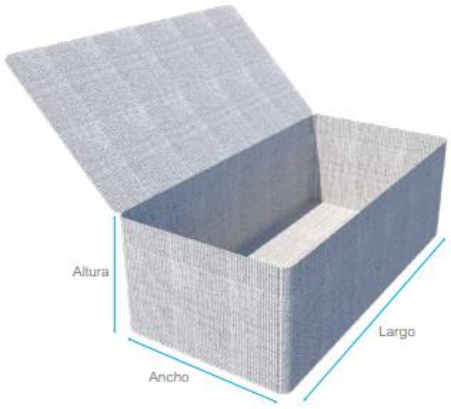
A continuación, se presenta un esquema de las obras recomendadas por el Especialista hidráulico para garantizar el manejo de las aguas de escorrentía y por otro lado proteger la ribera del rio debido:




La solución planteada comprende la construcción de un Box culvert para el adecuado manejo de las aguas de escorrentía, la construcción de un enrocado a la salida del Box culvert para evitar la socavación del suelo natural, la protección de la ribera del rio contra la erosión hidráulica con la instalación de Geobox a lo largo de la zona afectada que se protegerán con un Flexocreto de 12 cm de espesor. A continuación, se presentan las características de los geosinteticos propuestos para la protección de la ribera del rio:

- **Geobox**

Los Geobox son elementos flexibles alargados, elaborados a partir de Geotextil Tejido de poliéster o polipropileno de alta resistencia. Al ser llenados con material de sitio o de cantera permiten la conformación de barreras de protección. Para el proyecto proponemos el uso de Geobox fabricados en geotextil TR 5000 HF conformados con una mezcla suelo – cemento y material de sitio. A continuación se puede apreciar en la ilustración la configuración de los Geobox fabricados por PAVCO:







Cómo se puede evidenciar en la ilustración anterior, este tipo de soluciones se ha utilizado recientemente en Colombia para proteger las riberas de los rios como en el caso de los espigones conformados en el Municipio de Salamina – Magdalena y que han demostrado ser efectivas y economicamente viables. En la siguiente ilustración se puede apreciar la construcción de la protección de la ribera de un rio usando Geobox:



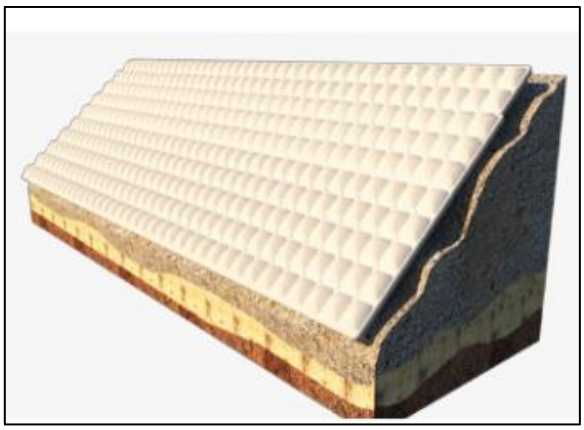


Las dimensiones del Geobox serán las calculadas mediante el diseño que debe realizarse de acuerdo con las condiciones geotécnicas, hidráulicas e hidrológicas del sitio.

- **Flexocreto**

Es una formaleta flexible en tela sintética de doble capa, unida por puntos de filtración entretejidos, que se fabrica con fibras de poliéster de alta tenacidad. Al llenarse con concreto o mortero fluido, se convierte en una solución práctica y económica para el revestimiento y control de erosión. Para el caso del proyecto se propone la instalación de Flexocreto de 12 cm de espesor sobre los Geobox con el fin de proteger los mismos de posibles afectaciones por impactos o

punzonamiento causado por rocas de tamaña significativo durante las avenidas que se puedan presentarse. A continuación se puede apreciar la configuración del Flexocreto 12000 fabricado por PAVCO:





En la siguiente ilustración se puede apreciar la instalación de Flexocreto para la protección de la ribera de un rio:





Por otra parte, el Especialista hidráulico recomendó las siguientes alternativas adicionales:

- **CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERT Y CONSTRUCCIÓN DE ESPOLÓN PIEDRA - PEDRAPLÉN**

**ESPOLONES**

Los espolones son estructuras lineales permeables e impermeables que son proyectadas dentro del canal con el propósito de alterar la dirección del flujo, inducir la sedimentación, y/o reducir las velocidades del flujo a lo largo de la orilla del canal.

Su uso en el sitio crítico, es una opción recomendada por que estos estarían interpuestos a la corriente, con el propósito de alejar de la orilla las líneas de corriente con alta velocidad, evitando así que el material de la margen pueda ser transportado y la orilla se erosione. Adicionalmente promueven la deposición en la parte anterior dando una protección adicional a la orilla y estructura a construir; sin embargo, en la parte posterior se crea una zona de vórtices o de mayor erosión si la orientación y la distancia al espolón siguiente no son técnicamente correctas. Para su implementación se requiere de mayor información topo batimétrica en cuanto a longitud del cauce aguas arriba y aguas abajo, campaña geotécnica y estudios geológicos para alimentar un modelo más robusto y poder modelar correctamente.

A continuación se puede apreciar la configuración de espolones para protección contra erosión en la ribera del rio:





- **MUROS MASIVOS FLEXIBLES**

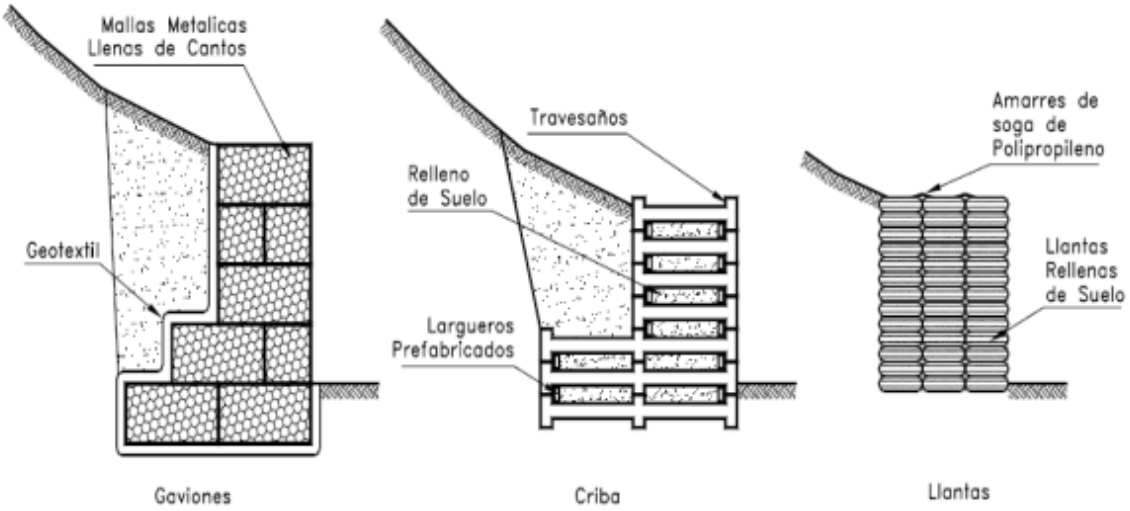
Son estructuras masivas, flexibles. Se adaptan a los movimientos. Su efectividad depende de su peso y de la capacidad de soportar deformaciones importantes sin que se rompa su estructura. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de las ventajas y desventajas, extrapolando para el sitio critico se puede afirmar que esta solución es inviable debido a la zona donde se emplazarían por cuestiones constructivos sin embargo el sistema de PIEDRA – PEDRAPLEN puede ser utilizado como medida paliativa con la premisa que el material será arrastrado por el cauce.

**Tabla 1-1. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros flexibles**

| Muro | Ventajas | Desventajas |
|---|---|---|
| Piedra - Pedraplén | Son fáciles de construir y económicos cuando hay piedra disponible. | Requieren de la utilización de bloques o cantos de tamaño relativamente grande. |

Fuente: Cárdenas, Obras de protección de orillas, 2012 Univalle.

En la siguiente ilustración se presentan algunos ejemplos de Muros Flexibles Masivos:




- **MUROS DE TIERRA REFORZADA**

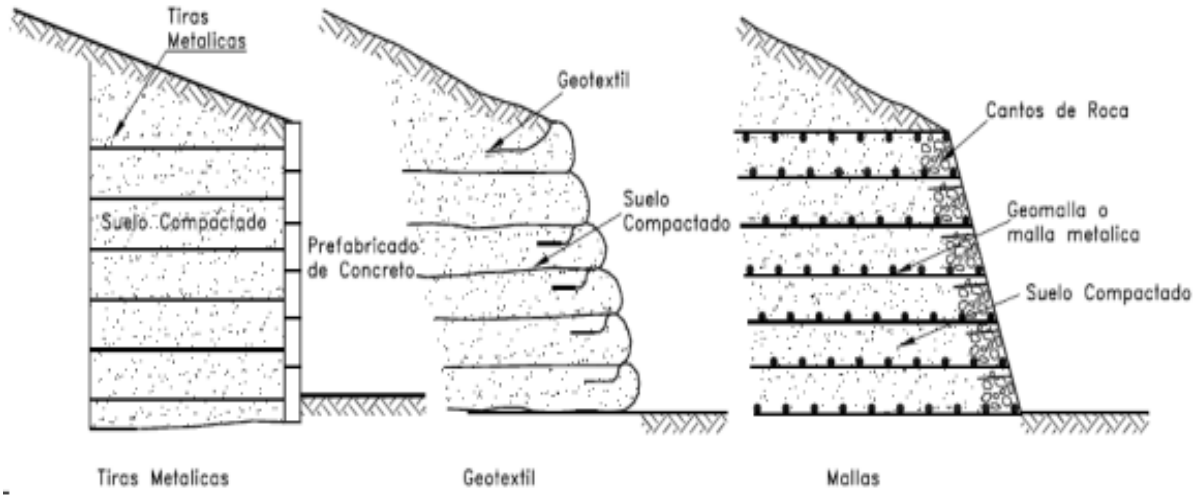
Las estructuras de tierra reforzada son terraplenes donde el suelo es su principal componente; y dentro de este, en el proceso de compactación, se colocan elementos de refuerzo para aumentar su resistencia a la tensión y al cortante. Internamente deben su resistencia principalmente, al refuerzo y externamente actúan como estructuras masivas por gravedad. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presenta un resumen de las ventajas y desventajas, al extrapolar el sitio critico se puede afirmar que esta solución es viable, aunque son fáciles de construir este tipo de muros utilizan el suelo como su principal componente, pero se requiere espacio disponible superior al de cualquier otra estructura de contención de realizarse afectaría la vía existente.

**Tabla 1-2. Ventajas y desventajas de los diversos tipos de muros de tierra reforzada**

| Muro | Ventajas | Desventajas |
|---|---|---|
| Refuerzo con tiras metálicas | Los refuerzos metálicos le dan rigidez al terraplén y los prefabricados de concreto en su cara de fachada los hace presentables y decorativos. Existen empresas especializadas dedicadas a su construcción. | Las zonas de refuerzo requieren protección especial contra la corrosión. Se requieren características especiales en el relleno utilizado con los elementos de refuerzo. Algunos tipos de muro de tierra armada están cubiertos por patentes. |
| Refuerzo con geotextil | Son generalmente muy económicos y fáciles de construir. | Son muy flexibles y se deforman fácilmente. Las capas de geotextil se pueden convertir en superficies de debilidad para deslizamientos. El geotextil se descompone con la luz solar |
| Refuerzo con malla | La malla le da cierta rigidez al terraplén y las capas no constituyen superficies de debilidad. El efecto de anclaje es mejor. | Dependiendo del material constitutivo la malla puede descomponerse o corroerse. |

Fuente: Cárdenas, Obras de protección de orillas, 2012 Univalle.

En la siguiente ilustración se presentan algunos ejemplos de Muros de Tierra Reforzada:



- **CONSTRUCCIÓN DE BOX CULVERT, ESPOLONES, DIQUE EN TIERRA ARMADA CON RECUBRIMIENTO (BOLSACRETO, COLCHOGAVIONES, COLCHACRETO)**

Los Colchogaviones son gaviones anfibios, de bajos espesores que permiten adaptarse al terreno natural, para la conformación de estructuras de protección hidráulica. Al igual que los gaviones, las canastas elaboradas en alambre de alta resistencia, se llenan con cantos rodados o piedras. A continuación se puede apreciar la construcción de Gaviones y Colchogaviones para el control de la erosión en la ribera de un rio:



Este tipo de solución es implementada ampliamente sin embargo su costo es relativamente alto comparado con el costo de las opciones planteadas en el presente documento.

Por último, se determina que si necesario el permiso de la ocupación del cauce, teniendo en cuenta que de acuerdo a que se entiende por cauce natural la faja de terreno que ocupan las aguas de una corriente al alcanzar sus niveles máximos por efecto de las crecientes ordinarias; y por lecho de los depósitos naturales de aguas, el suelo que ocupan hasta donde llegan los niveles ordinarios por efectos de lluvias o deshielo[1].", esto quiere decir que es necesario el **permiso de ocupación del cauce**.

Sin embargo, en el numeral 10 del anexo técnico del proceso de referencia "PERMISOS, LICENCIAS Y AUTORIZACIONES: **Las obras a realizarse por tener las características de emergencia no requieren permisos de intervención dado que se realizan sobre el corredor vial existente**, no obstante, frente al suministro de

[1] DECRETO 1541 DE 1978, CAPITULO II, ARTÍCULO 1

materiales, acarreo, disposición de residuos es obligación del contratista tramitar por su cuenta los correspondientes, según lo solicitado por las autoridades que ejercen jurisdicción sobre el tramo vial en intervención."

Teniendo en cuenta esto, solicitamos la aclaración si es necesario los permisos de ocupación del cauce o se establece que no se requieren de acuerdo al documento técnico.

Atentamente,

Firmado en original
**MIGUEL ANGEL TORRES PAIPA**
**C. C. No. 1.052.384.008 de Duitama**
**Representante Legal**
**CONSORCIO INFRAESTRUCTURA**