

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO
COLEGIO POLITECNICO**

**Diseño de Diques de Gaviones para el Control de la Erosión en
ríos de montaña.**

John H. Tibanta Tuquerres

Miguel Araque, Ing. Civil, Director de Tesis

Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de
Ingeniero Civil

Quito, diciembre de 2012

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Diseño de Diques de Gaviones para el Control de la Erosión en
ríos de montaña.**

John H. Tibanta Tuquerres

Miguel Araque, Ing.Civil
Director de Tesis

Miguel Araque, Ing.Civil
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc.
Miembro del Comité de Tesis

Fernando Romo, M.Sc.
Decano del Colegio de Ingeniería Civil

Quito, diciembre de 2012

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Nombre: John Tibanta

C. I.: 1712879145

Fecha: diciembre 2012

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo de investigación con estima e intensa gratitud, de manera espiritual a nuestro padre celestial Dios, a la Virgen del Quinche.

Seguidamente a todos los que creyeron en mi, a la gente que me apoyo en esta etapa de mi vida y poder culminar esta meta; mi familia, quienes me apoyaron en todo momento y han sido el eje fundamental para seguir adelante, a mi hijo John Alexander el pilar fundamental de mi vida.

A Ximena Silva por su apoyo incondicional y su compañía en los momentos más difíciles de mi carrera y ser mi anhelo y animo en esta meta.

A mis compañeros y amigos, a los excelentes profesores y profesionales que me instruyeron en esta magnífica universidad.

Dedico este trabajo de igual manera a mi tutor quien me ha orientado en todo momento en la realización de este proyecto que enmarca el último escalón hacia un futuro profesional.

Con Cariño

John Horacio Tibanta

AGRADECIMIENTO

Mi gratitud, principalmente está dirigida al Dios Todopoderoso y al excelentísima Virgen del Quinche, por haberme dado la existencia y permitido llegar al final de mi carrera.

A mis Padres porque sin su apoyo incondicional yo no sería lo que soy en esta vida.

Es grato para mí agradecer a la Universidad San Francisco de Quito, como también a nuestra querida Facultad de Ingeniería Civil, a sus autoridades, maestros, secretarias y todo el personal que labora en tan prestigiosa Institución.

Además agradezco de una manera muy especial al Ing. Miguel Araque mi tutor en este trabajo de investigación quien con su experiencia, sabiduría y excelente calidad humana supo enriquecer mis conocimientos académicos y humanos, facilitándome sugerencias, criterios para la realización de este trabajo.

De igual forma mis más sinceros agradecimientos a todo el sistema facultativo de señores y señoritas alumnos de tan prestigiosa universidad.

A sí mismo un agradecimiento especial a mi noble Institución Policial, la misma que me respaldo otorgando el permiso de estudios.

A todas y todos quienes de una u otra forma han colocado un granito de arena para el logro de este Trabajo de Grado, agradezco de forma sincera su valiosa colaboración.

DE CORAZÓN MIL GRACIAS A TODOS

John Horacio Tibanta

RESUMEN

Las obras de diques de gaviones por su versatilidad de construcción, comportamiento flexible y economía se las ha venido empleando con frecuencia en la construcción, conservación de laderas, taludes y en el control de erosión. El uso de gaviones se ha incrementado en los últimos años sin que haya normas claras de diseño y en ciertos casos sin conocer el comportamiento de las obras así construidas.

Por lo que el presente trabajo pretende establecer criterios que permitan un diseño adecuado y eficiente tomando en consideración aspectos relevantes y principales para la realización de estas construcciones. Su principal funcionalidad es el control de cauces de ríos de montaña principalmente evitando su profundización y proteger en esa forma los taludes aledaños de la erosión. A la vez el diseño de dique de gaviones para ríos de montaña se articulara en las fases de cálculos hidráulicos y cálculos estáticos. Por lo tanto tendremos dimensionamientos adecuados para la optimización de recursos, para efectos de este estudio utilizaremos el criterio de Schoklitsch para el cálculo del cuenco de disipación. Finalmente tendremos en cuenta el impacto ambiental que al ejecutar estas construcciones deben realizar para la conservación y preservación del entorno natural y al ser humano.

ABSTRACT

The works of gabion dam's construction for its versatility, flexible behavior and the economy has often been used in the construction, maintenance of slopes, slopes and erosion control. The use of gabions has increased in recent years with no clear standards of design and in some cases without knowing the behavior works well constructed.

This paper aims to establish criteria for proper design and efficient taking into account relevant aspects and main for conducting these constructions. Its main function is to control mountain riverbeds mainly avoiding deepening and thus protect the surrounding slopes from erosion. While designing gabion dam for mountain rivers are articulated in the phases of hydraulic calculations and structural analysis. So we dimensioning suitable for resource optimization, for purposes of this study we use the criterion for calculating Schoklitsch Bowl dissipation. Finally we will consider the environmental impact when executing these constructions are made for the conservation, preservation of the natural environment and human beings.

TABLA DE CONTENIDOS

	Pag.
Tabla de Contenidos	5
CAPITULO 1	
1 Marco Teórico.	13
1.1 Introducción.	13
1.1.1 Empleo de los gaviones.	13
1.1.2 Ventajas de los gaviones.	14
1.1.3 Composición de gavión.	14
1.1.3.1 Alambres galvanizados.	14
1.1.3.2 Corrosión y abrasión.	15
1.1.3.3 Protección contra la corrosión y abrasión.	15
1.1.3.3.1 Proceso de galvanizado	16
1.1.3.3.2 Recubrimiento con asfalto	16
1.1.3.3.3 Recubrimientos con P.V.C.	16
1.1.3.4 Especificaciones para el alambre.	16
1.1.3.5 Durabilidad	19
1.1.3.6 Mallas	19
1.1.3.6.1 Malla hexagonal o de triple torsión.	19
1.1.3.6.2 Mallas eslabonadas	19
1.1.3.6.3 Mallas Electrosoldadas.	19
1.1.4 Resistencias de las mallas	20
1.1.4.1 Gaviones de base y de cuerpo	20
1.1.4.1.1 Gaviones de base	20
1.1.4.1.2 Gaviones de cuerpo	20
1.1.4.2 Gaviones de recubrimiento	20
1.1.5 Tamaños de las unidades	21
1.2 Proceso de llenado	21
1.2.1 Tamaño de los cantos	22
1.2.2 Porosidad y peso del gavión	22
1.2.2.1 Cosido	22

1.2.2.2 Templado	22
1.2.2.3 Llenado.	22
1.2.3 Tirantes.	22
1.2.3.1 Tirantes diagonales.	23
1.2.4 Cosido del gavión.	23
1.2.5 Mano de obra.	23
1.3 Especificaciones de flexibilidad.	23
1.4 Uniones entre unidades.	23
1.5 Re consolidación natural del gavión.	23

CAPITULO 2

2 Diseño de diques de gaviones.	25
2.1. Generalidades.	25
2.1.1 Obras estructurales y no estructurales . para disminuir la erosión en ríos de montaña.	25
2.1.1.1 Lineamientos técnicos para la realización de obras estructurales y no estructurales.	25
2.2. Obras recomendadas para el control de cauces en los Ríos de Montaña.	27
2.2.1 Muro de gaviones.	27
2.2.1.1 Control de cauces.	28
2.2.1.1.1 Dique vertedero de una hilera de gaviones para cauces con flujo no permanente.	29
2.2.1.1.2 Dique de vertedero en cauces de flujo permanente.	29
2.2.1.1.3 Diseño de la pendiente del cauce.	30
2.2.1.1.4 Diseño de vertederos verticales	31
2.2.1.1.5 Diseño de la cresta	31
2.2.1.1.6 Protección de la cresta	32
2.2.1.1.6.1 Detalle del revestimiento de la cresta pozo de quietamiento con piso sin proteger.	32
2.3 Detalles constructivos	35
2.3.1 Graderías	35
2.3.2 Erosión interna	36

2.3.3	Estabilidad estructural	37
2.3.4	Los principales tipos de discos en gaviones.	37
2.3.4.1	Criterios de anteproyecto de los diques de pared de agua abajo vertical o en gradones.	38
2.3.4.1.1	Cálculos hidráulicos:	38
2.3.4.1.2	Cálculos estáticos:	39
2.3.4.1.1.1	Dimensionamiento del vertedero	40
2.3.4.1.1.2	Dimensionamiento del cuenco de disipación.	41
2.3.4.1.1.2.1	Cuenco sin revestimiento del fondo.	41
2.3.4.1.1.2.2	Cuenco revestido en elevación	42
2.3.4.1.1.2.3	Cuenco revestido en depresión	44
2.3.4.2	Diques de pared aguas abajo en gradones.	46
2.3.4.2.1	Análisis de sifonamiento en el terreno de cimentación:	46
2.3.4.2.1.1	Recursos para prevenir el sifonamiento.	46
2.3.4.2.1.2	Análisis de estabilidad para la sección bajo el vertedero	47
2.3.4.2.1.3	Empuje hidrostático	49
2.3.4.2.1.4	Estabilidad al vuelco	50
2.3.4.2.1.5	Estabilidad al deslizamiento horizontal	51
2.3.4.2.1.6	Estabilidad al flotamiento del zampeado del cuenco de disipación.	52
2.3.4.2.1.7	Resistencia del terreno de fundación	53
2.3.5	Resistencia de la estructura en gaviones	54
2.3.5.1	Verificación de estabilidad y resistencia de las secciones en correspondencia de las alas.	54
2.4	Criterios de planeamiento de los diques con parámetro en declive aguas abajo.	54
2.4.1	Criterios generales	54
2.4.1.1	Dimensionamiento del cuenco de disipación.	54
2.4.1.2	Verificaciones de estabilidad y resistencia.	55
2.4.1.3	Ejemplo de cálculo	55
2.4.1.4	Dique con cuenco de disipación no revestido. vertedero.	55

CAPITULO 3

3	Diferentes estructuras de gaviones.	71
3.1	Muros de contención de gaviones.	71
3.1.1	Tipos de muro.	71
3.1.1.1	Muro integral en gaviones.	71
3.1.1.2	Muro inclinado.	72
3.1.1.3	Muro de máxima economía.	72
3.1.1.4	El empleo de manuales.	72
3.1.2	Fricción suelo – muro	72
3.1.3	Calculo de presiones de tierra	73
3.2	Contrafuertes y anclajes	74
3.3	Las mallas a tensión	74
3.3.1	El cimiento del muro	75
3.4	Filtros por gaviones	75
3.5	Protección de riveras	75
3.5.1	Muros en rivera de ríos	76
3.5.2	Voladizo aparente	76
3.5.3	Espigones características generales	77

CAPITULO 4

4.	Análisis de impacto ambiental	80
4.1.	Introducción	80
4.1.1	Estudio del impacto ambiental ocasionado por la construcción de muros de gaviones	80
4.1.2	Antecedentes	80
4.1.2.1	Objetivos del estudio	80
4.1.2.2	Metodología	81
4.1.2.2.1	Determinación del área de influencia	81
4.1.2.3	Diagnóstico	81
4.1.2.3.1	Introducción	81
4.2	Características biofísicas en la cerca de los ríos de montaña.	82
4.2.1	Clima e hidrología	82
4.2.1.1	Aspectos ecológicos	82

4.2.1.2	Uso actual del suelo	82
4.2.1.3	Áreas geográficas	83
4.3	Determinación y evaluación de los impactos ambientales	83
4.3.1	Objetivos del estudio	83
4.3.2	Evaluación de peligros climáticos	83
4.3.3	Metodología de evaluación de impactos ambientales	84
4.3.3.1	Evaluación de impactos ambientales	85
4.3.3.1.1	Identificación a priori de impactos ambientales	85
4.3.4	Actividades previstas para la construcción de muros de gaviones para la prevención y sistematización del control de cauces en los ríos de montaña.	85
4.3.4.1	Rubro actividad descripción	85
4.3.4.1	Movimiento de tierras	86
4.3.4.2	Instalación de campamentos	86
4.3.4.2.1	Rubro actividad descripción	86
4.3.4.2.2	Mantenimiento	86
4.3.4.2.3	Identificación de impactos negativos	86
4.3.5.1	Descripción y análisis de los elementos sensibles de impacto negativo	87
4.3.5.1.1	Factor: atmosférico	87
4.3.4.2.4	Factor: geomorfológico	87
4.3.4.2.5	Factor: estético	88
4.3.4.2.6	Factor: socioeconómico	88
4.3.4.2.7	Actividades fase de construcción actividades fase de operación	88
4.3.4.2.8	Identificación de impactos positivos	89
4.3.4.3	Actividades fase de construcción actividades fase de operación	89
4.3.4.4	Descripción y análisis de los elementos sensibles de impacto positivo	89
4.3.4.4.1	Factor: socioeconómico	89
4.4	Resumen general de la identificación a priori de impactos	90
4.4.1	Impactos negativos	90
4.4.1.1	Factores, componentes y elementos ambientales construcción operación.	90

	10
4.4.1.2 Impactos positivos.	90
4.4.1.3 Análisis y evaluación de impactos ambientales.	91
4.4.1.4 Impactos en el suelo	91
4.4.1.5 Erosión	91
4.4.1.6 Impactos en el aire	91
4.4.1.6.1 Aumento del nivel de polvo	91
4.4.1.6.2 Aumento del ruido	92
4.4.1.6.3 Aumento de gases y humo	92
4.5 Impactos en el componente humano	92
4.5.1 Impactos en el paisaje natural	92
4.5.2 Plan de manejo ambiental para la construcción de obras de prevención y sistematización del control de cauces de los ríos de montaña	93
4.5.3 Introducción y alcance del plan	93
4.5.3.1 Objetivos	93
4.5.3.2 Programas	94
4.5.3.2.1 Programa preventivo – correctivo	94
4.5.3.3 Medidas de control ambiental propuestas	94
4.5.3.3.1 Prevención y control de la erosión del suelo	94
4.5.3.3.2 Medidas para prevención y control de la contaminación del agua	98
4.5.3.3.3 Medidas para el control del polvo	101
4.5.3.3.4 Medidas para la prevención y control de la contaminación del aire	101
4.5.3.3.5 Medidas para la prevención y control de ruidos y vibraciones	102
4.5.3.3.6 Medidas de integración paisajista	103
4.5.3.3.7 Educación y concientización ambiental	104
4.5.4 Señalización ambiental	106
 CAPITULO 5 	
Conclusiones y Recomendaciones	108
 BIBLIOGRAFÍA	 111

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Alambres galvanizados	14
Tabla 2. Tamaños de las unidades	21
Tabla 3. Velocidades máximas recomendadas (Fortier y Scobey)	30
Tabla 4. Valores del coeficiente c para control de erosión interna.	36
Tabla 5. Valores del coeficiente c para la revisión del fenómeno de filtración.	47
Tabla 6. Pesos específicos indicativos de diferentes tipos de rocas.	48
Tabla 7. Cargas de seguridad del terreno.	53
Tablas 8-12. Cálculos del diseño de dique de gaviones 5 alternativas	56

ANEXOS

Fig.1 Esquema de un dique con pared aguas abajo vertical. (Anexo 1)	113
Fig.2 Esquema de un dique con pared aguas abajo escalonada. (Anexo 2)	114
Fig.3 Esquema de un dique con pared aguas abajo en declive. (Anexo 3)	115
Fig.4 Esquema de dique en gaviones con pared aguas abajo vertical y contradique, sin revestimiento del cuenco de disipación. (Anexo 4)	116
Fig.5 Esquema de dique en gaviones con pared aguas abajo vertical y cuenco de disipación revestido, en elevación. (Anexo 5)	117
Fig.6 Esquema de dique en gaviones con pared aguas abajo vertical y cuenco de disipación revestido, en depresión. (Anexo 6)	118
Fig. 7 Ejemplo de vertedero a sección trapezoidal. (Anexo 7)	119
Fig. 8 Ejemplo de vertedero a sección parabólica. (Anexo 7)	119
Fig.9 Esquema de dique de gaviones de pared vertical sin contradique. (Anexo 8)	120
Fig.11 Esquema para la evaluación de la longitud de un cuenco de disipación. (Anexo 9)	121
Fig.12 Comportamiento hidráulico de un dique enterrado hasta el nivel del vertedero. (Anexo 9)	121
Fig. 13 y 14. Dimensionamiento correcto de los escalones. (Anexo 10)	122
Fig.15 Esquema general de un dique sobre un terreno permeable que satisface la fórmula de Bligh. (Anexo 11)	123
Fig. 16 Fuerzas agentes sobre un dique. (Anexo 11)	123

Fig.17 Centro de presión interno al núcleo central.	(Anexo 12)	
Fig.18 Centro de presión externo al núcleo central.	(Anexo 12)	124
Fig.19 Esquema de dique con cuenco de disipación no revestido, sin contradique. Ejemplos 1-5	(Anexo 13)	125
Fig.20 Esquema de dique con cuenco de disipación no revestido, con contradique. Ejemplos 1-5	(Anexo 14)	126

CAPITULO 1: MARCO TEÓRICO

1.1 INTRODUCCIÓN

El gavión es un receptáculo, frecuentemente de carácter paralelepípedo realizado de malla de alambre galvanizado colmado de cantos de roca. Sabiendo que esta estructura es muy antigua, ya que se conoce eran construidos por los faraones utilizando fibras vegetales, su empleo se difundió a principios del presente siglo, empezando en Europa, desarrollándose consecutivamente al resto del mundo. En nuestro continente los gaviones se emplean hace aproximadamente 30 años.

El adecuado empleo y su correspondiente aprovechamiento ha sido objeto de patentes por parte de firmas cuyos nombres son conocidos como por ejemplo Bianchini, Bekaert, entre otras de considerable prestigio. Su adaptabilidad, facilidad de construcción y economía han facilitado su ocupación y actualmente en Ecuador la tendencia es hacia la utilización masiva de los gaviones especialmente como muros de contención de taludes y estructuras de control de cauces, creando expectativa con este optimo método de construcción. (Arteaga, 1988)

Hay en la actualidad los manuales de uso de algunas firmas antes enunciadas como productoras los planteamientos que ellas proponen no permite diseños rigurosos de las estructuras de los gaviones.

En nuestro país se producen alambres galvanizados dulces, los mismos que satisfacen las necesidades del mercado de gaviones ya que existen varias firmas productoras con equipos adecuados y otras con sistemas todavía rudimentarios que se dedican a la fabricación de mallas empleando la realización del alambre de producción nacional, cuya calidad es apreciablemente aceptable.

1.1.1 EMPLEO DE LOS GAVIONES

La construcción de gaviones se emplea tanto en obras provisionales como en obras semipermanentes en los casos en que se requiere una obra dúctil o se desea una obra de bajo valor económico, es provechoso conocer que cada día se están empleando

más los gaviones en obras en que se esperan estabilidades considerables.

1.1.2 VENTAJAS DE LOS GAVIONES:

- Manejable cimentación apto para condiciones cambiantes.
- Protección contra esfuerzos internos de flexión.
- Posible alivio de presiones de agua en el suelo.
- Soportan asentamientos sin pérdidas de eficiencia.
- Construcción muy sencilla.
- La estructura reforzada es capaz de resistir esfuerzos de tensión.
- Es por lo general más económica que las obras de hormigón.

1.1.3 COMPOSICIÓN DE GAVIÓN

Está compuesto el gavión por mallas rellenas de cantos, formando cajones unidos entre sí. Para objeto de tener base general de estudio se trataran los siguientes aspectos:

- Los alambres y mallas
- Las unidades de gaviones
- Las uniones entre gaviones.

1.1.3.1 ALAMBRES GALVANIZADOS

Tabla 1. Alambres Galvanizados.

Calibre	Mts/Kilogramo	Diámetro mm.	Área mm ²
10	3.40	9.08	13.99
12	2.77	6.02	21.14
12 ^{1/2}	2.50	4.91	25.93
14	2.11	3.49	36.47
15	1.83	2.63	48.45
16	1.65	2.14	59.46
18	1.25	1.22	104.56

Fuente: Adelco. Quito-Ecuador

El alambre se somete a un tratamiento térmico de recocido que le da uniformidad al producto, el cual se expone a un baño de Zinc por inmersión en caliente. El Zinc tiene gran resistencia a la corrosión si el P.H. del agua en contacto con el Zinc está entre 6 y 12, 5. Debe observarse que el P.H. en las aguas servidas fluctúa entre 6 y 8 y en aguas limpias entre 7 y 9.

1.1.3.2 CORROSIÓN Y ABRASIÓN.

La corrosión de la malla se presenta en obras con gaviones que están en contacto permanente con aguas negras, ya que estas tienen un alto contenido de sustancias químicamente corrosivas que atacan la malla del gavión, hasta el punto de destruir. (Jaimes, 1977)

Posteriormente de haberse producido la corrosión de la malla se presenta el desalojamiento del material de llenado de los gaviones. El vacío creado por este desalojo en los gaviones inferiores da origen a asentamientos en la estructura que pueden ocasionar colapso.

A demás una manera fácil y económica que evita que la malla del gavión sufra corrosión es el recubrimiento con concreto de la parte de la mampostería gavionada mas expuesta a la acción de las aguas negras. Conjuntamente con el proceso de corrosión se presenta el problema de la abrasión o sea del desgaste por acción de corrientes de agua con sedimentos.

Jaimes explica el proceso de la siguiente manera: “esta falla se debe a la presencia de agua con material abrasivo en suspensión. Redescubriendo los gaviones en concreto a la altura de las aguas medias se evita la acción abrasiva sobre las mallas.”

1.1.3.3 PROTECCIÓN CONTRA LA CORROSIÓN Y ABRASIÓN.

Seguidamente veremos los procesos para proteger a los alambres y mallas contra la corrosión y abrasión:

1.1.3.3.1 PROCESO DE GALVANIZADO

Anteriormente se indico que todos los alambres utilizados para gaviones son alambres recubiertos de Zinc o sea Galvanizados. El galvanizado es práctico cuando depende de la proporción de peso de zinc por área de alambre expuesto. El alambre solamente galvanizado se le aprovecha en obras no expuestas al agua o en aguas claras y limpias.

1.1.3.3.2 RECUBRIMIENTO CON ASFALTO

Podemos utilizar como protección adicional al galvanizado con el recubrimiento por inmersión en temperatura caliente en asfalto. Esta capa de asfalto aísla parcialmente de la humedad y previene la corrosión pero tiene muy poca resistencia a la abrasión.

1.1.3.3.3 RECUBRIMIENTOS CON P.V.C.

El P.V.C. aísla totalmente de la humedad y resiste en forma apreciable la corrosión. Su principal ventaja es la protección contra las aguas saladas y las aguas servidas, siendo el ideal para el uso en cañadas de aguas negras o en zonas costeras.

Al aplicársele cobertura de P.V.C. u otro material plástico los manuales de uso por lo general disminuyen el diámetro del alambre galvanizado en virtud de la resistencia adicional que provee la cobertura plástica así:

Calibre 10 galvanizado se reemplaza por calibre 14 recubierto de P.V.C.

Calibre 12 galvanizado se reemplaza por calibre 14 recubierto de P.V.C.

En el caso de cobertura asfáltica no es recomendable el disminuir el calibre.

1.1.3.4 ESPECIFICACIONES PARA EL ALAMBRE.

Generalmente la calidad del alambre con normas internacionales y nacionales debe ser la siguiente:

- a. Acero dulce, recocido, exento de escamas u otros defectos, galvanizado en caliente con Zinc puro.

- b. Carga mínima de rotura 42 kg/mm^2 .
- c. Alargamiento, bajo la acción de la carga de 42 kg/mm^2 . El alargamiento mínimo será del 10%, relativo a una longitud de 10 cm.
- d. Flexión. El hilo sostenido en una prensa de bordes redondeados con un diámetro de dos veces el diámetro del alambre deberá soportar sin romperse 10 plegados sucesivos de 90° : los plegados se efectúan en un mismo plano, con una amplitud de 180° .
- e. Enrollamiento. El alambre deberá poderse enrollar sobre un cilindro de doble diámetro, en espiras apretadas sin que el Zinc se desprende o se agriete.
- f. Torsión. Una muestra de 20 cm de longitud deberá soportar 30 vueltas completas de torsión (360° grados cada vuelta) sin romperse y sin que el Zinc se desprenda o se agriete.
- g. Espesor del zinc. El alambre deberá soportar sin que aparezca el hierro aun parcialmente, cuatro inmersiones sucesivas de un minuto cada una en una solución de sulfato de cobre cristalizado, cuya concentración será una parte por peso de cristales a cinco partes por peso de agua. La temperatura del baño será de 15° centígrados. Entre cada inmersión, las muestras deberán lavarse, secarse y examinarse. (Antoquia, 1974)

Seguidamente podremos observar que los alambres producidos en Ecuador no cumplen estrictamente con las condiciones anotadas, pero estas se pueden utilizar para realizar ensayos de comparación para la escogencia de un determinado alambre y si es el caso solicitar la elaboración adecuada de un alambre que cumpla las especificaciones deseadas. Asimismo no es recomendable en la situación actual colocar las indicaciones anteriores como exigencia en un contrato de gaviones antes de constatar que existen en el mercado alambres capaces de cumplir las especificaciones o que sea viable ordenar la elaboración del alambre deseado.

1.1.3.5 DURABILIDAD

La durabilidad o la duración de un gavión colocado en obra “en condiciones ideales”, se podrían estimar en 25 años (Ingenieros, 1959), y esta depende en gran parte de las características de corrosión del alambre galvanizado. En condiciones críticas de trabajo bajo la acción de la humedad y de las fuerzas de erosión del agua así como de los agentes químicos su durabilidad es muy variada dependiendo de las condiciones ambientales y existen casos de duraciones inferiores a los 5 años. Sin embargo investigadores afirman que existen en Europa gaviones todavía efectivos, sin mucho daño después de 75 años. (Donald, 1981)

1.1.3.6 MALLAS

Se emplean tres tipos generales de malla:

1. Malla hexagonal o de triple torsión.
2. Malla de eslabonado simple.
3. Malla electro soldada.

1.1.3.6.1 MALLA HEXAGONAL O DE TRIPLE TORSIÓN.

La malla hexagonal ha sido tradicionalmente utilizada en todo el mundo. Estas tienen la forma de un hexágono. Las dimensiones de la malla se indican por su ancho entre los dos entorchados paralelos y la altura o distancia entre entorchados colineales. Los gruesos del alambre varían según las dimensiones de las mallas aumentando proporcionalmente con ellas. Para este tipo de gaviones se emplean generalmente calibres de 12 al 15 y dimensiones de 12 x 14 a 5 x 7 cm. La malla hexagonal de los gaviones de triple torsión permite tolerar esfuerzos en varias direcciones sin que se produzca la rotura conservando una flexibilidad para movimientos en cualquier dirección.

En el caso de romperse la malla en un punto determinado esta no se deshilara como ocurre con la malla eslabonada. Sin embargo, la presencia de esfuerzo en las dos direcciones que concluyen en los entorchamientos ha sido mencionada como el principal defecto con respecto a otros tipos de malla. La rotura de las mallas a triple

torsión ocurre generalmente en uno de los alambres que concurren al entorchamiento, y muy cerca de este último, ósea en el alambre que se ha desentorchado y a una tensión menor que la carga de falla para el alambre simple. (Baquero, 1981)

1.1.3.6.2 MALLAS ESLABONADAS

En las mallas eslabonadas no existe unión rígida entre los alambres dándole una mayor flexibilidad ya que permiten el desplazamiento relativo de los alambres.

Su empleo en Europa se refiere a obras en zonas de gran socavación hidráulica empleando alambres de 3 milímetros de diámetro. (Merkblatter, 1987) Su uso en nuestro país se limita por lo general a alambres de calibre 10 a 12. Para su construcción no se requieren equipos especiales pero su gran flexibilidad dificulta un poco su conformación en el campo. Aunque no existe pérdida de resistencia por entorchamiento de la malla al romperse un alambre, se abre toda la malla. Los espaciamientos entre alambres varían por lo general de 5 a 12 cm, empleándose mayor diámetro del alambre a mayor separación.

1.1.3.6.3 MALLAS ELECTROSOLDADAS.

La malla electrosoldada es más rígida que las eslabonadas y las exagonales y su conformación se hace en cuadrículas de igual espaciamiento en las dos direcciones. Su comportamiento ha sido eficiente en Europa en obras donde se requiere cierta rigidez. (Merkblatter, 1987) Su fácil conformación en el campo y su economía de construcción los ha hecho populares y su uso se ha extendido especialmente a obras de construcción de carreteras. Su diámetro de empleo varía de alambres calibre 10 a 14 con espaciamientos de 7 a 12 cm, sin embargo 10 cm es una dimensión típica.

Sus calidades dependen del proceso de soldadura y en especial del control de temperatura en este proceso. Son pérdidas hasta del 50% de la resistencia a tensión. Es común encontrar alambres frágiles o quebradizos por los puntos de unión o de uniones débiles o sueltas. Además la desaparición del Zinc en los puntos de soldado los hace susceptibles de corrosión en las uniones. La modernización de las fábricas de gaviones electrosoldados permite sin embargo la garantía de calidad de las uniones soldadas.

1.1.4 RESISTENCIAS DE LAS MALLAS

Alambres ensayados en diferentes laboratorios desde el calibre 15 y de diferentes tipos variaron sus resistencias de 33 a 44 Kg/mm² en deformaciones que variaron del 6.5 al 26.5%. (R. G. J., 1977) Por lo tanto no es recomendable en diseños adecuados emplear resistencias máximas de alambres a tensión superiores a 30 kg/mm². Para mallas de Triple Torsión la resistencia en la dirección de los entorchamientos es mayor que en la dirección normal a estos y la resistencia es el 50% de la sumatoria de las resistencias de los entorchamientos. Para mallas Electrosoldadas y eslabonadas pueden tomarse valores similares teniendo en cuenta el efecto de disminución de resistencia por efecto de la soldadura. Para diseños detallados es conveniente realizar ensayos de resistencia de la malla en las dos direcciones principales.

1.1.4.1 GAVIONES DE BASE Y DE CUERPO

En la práctica actual se conocen tres tipos de gaviones que se distinguen entre sí más por su tamaño que por su comportamiento, así:

1.1.4.1.1 GAVIONES DE BASE: son gaviones de poco espesor (por lo general 0.50 Mts), que se emplean como fundación de una estructura.

1.1.4.1.2 GAVIONES DE CUERPO: de mayor espesor (1.0 metro) que se les usa para formar la parte exterior (expuesta) de la obra.

1.1.4.2 GAVIONES DE RECUBRIMIENTO

De gran área en planta, comúnmente de 4 x 1 a 4 x 4 metros con cubículos interiores y espesores de cerca de 0.30 metros, se les emplea en el recubrimiento de taludes y canales como protección contra la erosión superficial.

1.1.5 TAMAÑOS DE LAS UNIDADES

Los tamaños de las unidades permiten todo el juego de dimensiones que el Ingeniero requiera. Unidades habituales en el uso de gaviones teniendo en cuenta la experiencia nacional como la experiencia extranjera son:

Tabla 2. Tamaños de las unidades

Diafragmas	
1 x 1 x 1	(Sin separador)
2 x 1 x 1	(1 separador)
3 x 1 x 1	(2 separadores)
4 x 1 x 1	(3 separadores)
2 x 1 x 0.5	(1 separador)
3 x 1 x 0.5	(2 separadores)
4 x 1 x 0.5	(3 separadores)
2 x 1 x 0.30	(1 separador)
3 x 1 x 0.30	(2 separadores)
4 x 1 x 0.30	(3 separadores)
4 x 4 x 0.50	(7 separadores)
4 x 4 x 0.30	(7 separadores)
2 x 1 x 0.35	(Sin separador)

Fuente: aldec Quito-Ecuador

1.2 PROCESO DE LLENADO

El gavión se rellena con piedras o cantos de tamaño mínimo de 10 centímetros (en algunos casos se permiten cantos hasta de 8 centímetros de diámetro). Cada unidad puede estar dividida por una serie de diafragma que ayudan a la rigidez y permiten el conservar su forma durante el llenado. El gavión se convierte en un bloque grande, flexible y permeable.

1.2.1 TAMAÑO DE LOS CANTOS

Bianchini en sus manuales de hace cerca de 30 años recomienda emplear los cantos más pequeños donde se requiere mayor flexibilidad. Para esto puede ser necesario emplear malla de menores dimensiones.

1.2.2 POROSIDAD Y PESO DEL GAVIÓN

Para calcular el peso del gavión se puede emplear una porosidad del 40% para enrocados angulosos. (R., 1977) Algunos investigadores han realizado ensayos con cantos redondeados, y han obtenido pesos unitarios de 1.7 Ton/m^3 equivalentes a porosidades del 35%. Los manuales de diseño de productores extranjeros especifican generalmente porosidades del 30%. El manual de Bekuert, por ejemplo, recomienda utilizar pesos unitarios de 1.8 Ton/m^3 .

1.2.2.1 COSIDO

El refuerzo total del cosido debe ser igual o mayor que el refuerzo de la malla.

1.2.2.2 TEMPLADO

Empleando una palanca de hierro se tensiona la malla antes de amarrarse y llenarse.

1.2.2.3 LLENADO

El tamaño de los cantos junto a las mallas debe ser de al menos 1,5 veces la separación entre alambres. Adentro se pueden colocar cantos más pequeños.

1.2.3 TIRANTES

A medida que se colocan los cantos y a cada 30 centímetros aproximadamente, es conveniente disponer tirantes de alambres horizontales y de un diámetro adecuado que tienda a hacer solidarias las caras opuestas afín de evitar deformación por la presión del material que se retiene dentro del gavión en sentido longitudinal también se colocan

así como en sentido vertical similares a los tirantes empleados en los colchones caseros. Estos tirantes, se recomienda que van atados a las mallas por ligaduras que alcancen varios alambres.

1.2.3.1 TIRANTES DIAGONALES.

Se utilizan además de los tirantes horizontales y verticales, unos diagonales especialmente en los gaviones que ocupan los extremos de la hilada.

1.2.4 COSIDO DEL GAVIÓN

Se emplean alambres del calibre del 12 al 15, el manual Bianchini, observa que para el cocido del gavión se gasta el 55 en peso del alambre con respecto al peso del alambre del gavión.

1.2.5 MANO DE OBRA

El factor mano de obra afecta en forma importante al costo del gavión. Bianchini estima una cantidad de personas de seis hombres para armar trece metros cúbicos de gavión en una jornada laboral de ocho horas, con piedra disponible al pie de la obra. La eficiencia de los operarios variara en cada región de acuerdo a factores climáticos, sociológicos y de condiciones de trabajo.

1.3 ESPECIFICACIONES DE FLEXIBILIDAD

La flexibilidad del gavión depende de:

- Tipo de malla
- Calibre y dimensión
- Tamaño de los cantos
- Poros de los cantos
- Numero de tirantes y separadores
- Altura del gavión.

La malla más flexible es la eslabonada seguida de la hexagonal de triple torsión y la más rígida es la electrosoldada. Entre mayor sea el diámetro del alambre aumenta la rigidez. El gavión con cantos más pequeños es más flexible que uno con cantos grandes. Los cantos angulosos dan más rigidez que los cantos redondeados, a mayor número de tirantes más rigidez. Los gaviones de poca altura (10 a 50 centímetros) son más flexibles que los de un metro de altura. El diseñador debe especificar los detalles de cada uno de los elementos enunciados para producir el elemento que se desea. Debe observarse que para muros de contención se especifican rigideces altas mientras que en obras de control de cauces sujetos a socavaciones son muy flexibles.

1.4 UNIONES ENTRE UNIDADES

Se emplean alambres que varían entre los calibres del 12 al 15 pero por lo general su dimensión no se especifica antes de la construcción, por el desconocimiento que existe de la importancia de las uniones en el comportamiento general del gavión. La unión debe poseer una resistencia ligeramente inferior a la de la malla a fin de garantizar la resistencia del complejo pero al mismo tiempo impedir la rotura de la malla haciendo de la unión el punto más débil.

Como una regla general el refuerzo de las uniones debe ser de 75% el de la malla. Existen dos tipos de unión:

- Unión tejida
- Unión aislada independiente

La unión aislada presenta mejores condiciones de resistencia pero se requiere un número tal de uniones que el refuerzo sumado en una cara sea el 75% del refuerzo de la malla.

1.5 CONSOLIDACIÓN NATURAL DEL GAVIÓN

En ríos de caudal y pendiente estables se depositan sedimentos del río dentro de los poros del gavión y en algunos casos se forman plantas de crecimiento espontáneo que originan la formación de un bloque sólido que aumenta en forma importante la vida útil de los gaviones.

CAPITULO 2: DISEÑO DE DIQUES DE GAVIONES

2.1. GENERALIDADES

El análisis hidrológico es fundamental para el planeamiento, diseño y operación de los sistemas hidráulicos. Estos sistemas varían en su dimensionamiento desde una cuneta, alcantarilla, drenaje, hasta obras de protección contra sistematización del control de cauces por desbordamientos de ríos y/o quebradas, lo que se debe realizar lo siguiente:

- Determinar el régimen pluviométrico en el área del proyecto
- Calcular los caudales de creciente para diseño de obras de desviación, drenajes y protección.

2.1.1 OBRAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES PARA DISMINUIR LA EROSIÓN EN RÍOS DE MONTAÑA

Para disminuir o mitigar la sistematización del control de cauces se recomendara medidas estructurales (obras de ingeniería civil) y no estructurales como (ordenanzas, concientización a la comunidad, etc.) que permiten reducir los perjuicios que causan estos fenómenos naturales como son el control de cauces.

2.1.1.1 LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA LA REALIZACIÓN DE OBRAS ESTRUCTURALES Y NO ESTRUCTURALES

Son muy pocos los casos en los cuales es posible solucionar los problemas de sistematización del control de cauces para evitar la erosión de los ríos de montaña de forma permanente. Algunas de las razones más importantes que no permiten la solución son el costo de las obras, los conflictos socioeconómicos de las regiones que conllevan intereses en el uso de la tierra, y la escasa factibilidad económica para este tipo de proyectos. Por estas razones se utilizan los términos Control Sistemático de cauces o Mitigación de los efectos de cauces para indicar que estos proyectos tratan de prevenir daños mayores y ofrecen protección hasta un cierto nivel de inseguridad.

Dependiendo de las características particulares de los casos que requieren de

estudios de control de sistematización del control de cauces, el procedimiento general que se sigue es el siguiente:

Delimitar las zonas afectadas. Puede hacerse utilizando cartografía, fotografías aéreas, topografía de campo, encuestas e inventario de eventos históricos.

Determinar las causas de la sistematización del control de cauces. Pueden ser desbordamientos, encharcamientos, deficiencias de drenaje, avalanchas, obstrucciones o sedimentación. Realizar estudios Geológico, Geotécnico, Socioeconómico, Ambiental e Hidrológico para delimitar cuencas vertientes, analizar el uso de la tierra y las corrientes naturales que afectan la zona que se va a proteger, cuantificar clima, lluvias y caudales líquidos y sólidos.

Definir magnitudes de los eventos extremos que pueden generar la sistematización del control de cauces.

Realizar estudios económicos para cuantificar los perjuicios que puede tener la sistematización del control de cauces anteriores y para estimar los perjuicios futuros, con niveles de riesgo determinados, sobre las actividades agropecuarias, industriales y habitacionales de la zona.

Realizar estudios Geomorfológicos y de Hidráulica Fluvial para conocer la dinámica fluvial y estimar capacidades de los cauces, estabilidad, trayectorias y tendencias futuras, delimitación de zonas de erosión para eventos extraordinarios e incidencia de obras civiles existentes y proyectadas. Diseñar las obras de mitigación para efectos de la sistematización del control de cauces y estimar sus costos.

De una manera general los proyectos de control de cauces estudian las siguientes opciones:

Dejar las cosas como están y convivir con el problema.

Establecer sistemas de sistematización de la cuenca para que la población pueda obtener un beneficio.

Proyectar la construcción de obras civiles:

- Diques de gaviones.
- Terraplenes protegidos por obras marginales.
- Muros en concreto o en gaviones.
- Diques longitudinales, denominados también Jarillones.
- Embalses de regulación.

2.2. OBRAS RECOMENDADAS PARA EL CONTROL DE CAUCES EN LOS RÍOS DE MONTAÑA

En el caso de la cerca de los ríos de montaña es prácticamente más fácil la prevención de ellos, por diferentes aspectos tales como; las sistematización del control de cauces no afectan a los seres humanos, en estos sectores anteriormente descritos es recomendable la construcción de muros de gaviones, en alturas dependientes del sector y del nivel de erosión.

2.2.1 MURO DE GAVIONES

Los muros de gaviones están formados por la superposición de cajas de forma prismática, fabricadas generalmente de enrejado de alambre galvanizado, rellenas de rocas de pequeño tamaño.

Hoy todavía, los gaviones rellenos de piedra, alineados y estibados se utilizan para estabilizar taludes. Pero su diversidad de uso se ha ampliado, multiplicando sus aplicaciones por la alta durabilidad del material (alambre de acero con galvanizado especial), por el modo de montaje rápido y estable y por formas y acabados especiales.

Para exponer lo antes descrito en seguida ejemplarizaremos una construcción con muros de gaviones, pudiendo alcanzar sin ningún problema masa de hasta 10 metros de altura, siendo estos estables y duraderos. Estabilización de bordes de estanques y riberas de ríos que no se dañan en casos de pequeños sismos (al contrario que los muros de hormigón). Drenajes profundos (sistemas de filtración de agua) que pueden ser construidos con gaviones rellenos de piedra. Taludes con un ángulo de

inclinación mayor que 60 grados construidos con enrejados de alambre, con secciones triangulares y varias capas rellenos con tierra o piedras.

Diseño de parques con conexiones a pantalla antiruido, pudiendo ser construidos con formas especiales de gaviones y rellenos con materiales de diversos colores y características. Las fachadas se pueden revestir atractivamente con gaviones delgados.

2.2.1.1 CONTROL DE CAUCES

El control de cauces está dirigido principalmente a evitar su profundización y proteger en esta forma los taludes cercanos y/o aledaños. Para evitar y/o eliminar la profundización de un cauce se acude a los siguientes elementos:

Racionalización de la pendiente, tratando de producir una pendiente constante y de un valor bajo en tal forma que se disminuya la velocidad de socavación y se uniformice el flujo de agua.

Disipación de la energía de agua a fin de disminuir la velocidad del agua y eliminar la posibilidad de socavaciones fuertes.

En el caso de aguas servidas la recuperación de la calidad de agua por medio de sistemas de oxigenación.

La colocación de trampas de sedimentos que disminuyan la cantidad de acarreo o en suspensión en el agua.

Una determinada obra puede cumplir con una o varias de las funciones enunciadas. Los principales diseños de obras de gaviones empleadas en el control de cauces son las siguientes:

- Diques de vertederos verticales
- Graderías
- Presas permeables.

2.2.1.1.1 DIQUE VERTEDERO DE UNA HILERA DE GAVIONES PARA CAUSES CON FLUJO NO PERMANENTE.

Los gaviones son muy útiles para la construcción de pequeñas presas de control de erosión para flujos transitorios o permanentes. Los diques pueden ser formados por una sola hilera de gaviones, o por varias según sea el caso. Para su eficaz funcionamiento deben tener un voladizo hacia aguas abajo o del contrario deben poseer una profundidad adecuada de cimentación para evitar socavación. Puede requerirse además paredes de acercamiento y empotramiento del talud para evitar separación por erosión. En el diseño de un dique de gaviones deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

Deben colocarse espaciadamente en tal forma que la pendiente formada, y con el caudal de diseño determinado la velocidad promedio no sea muy superior a la velocidad de socavación.

Para ello es importante identificar el tipo de material del fondo del cauce. En la tabla 3 se indica la velocidad aproximada de socavación para un suelo determinado. Si se desea un valor más exacto se puede realizar un ensayo con un modelo sencillo de laboratorio en forma de canal. Con esta velocidad y con el caudal de diseño se obtiene la pendiente que produce una velocidad no erosionante. En la mayoría de los casos no es posible lograr una velocidad tan baja. En estos casos se calcula la socavación general del cauce y se diseña para una determinada socavación, todos los elementos del cauce deben diseñarse entonces para resistir la socavación.

2.2.1.1.2 DIQUE DE VERTEDERO EN CAUCES DE FLUJO PERMANENTE.

En el caso de ríos o quebradas con flujos de aguas importantes y caudales de diseño definidos se requiere un diseño detallado de las estructuras de control con su doble función: de dique y de vertedero.

El diseño incluye:

Diseño de la pendiente del cauce y del número y altura de las estructuras.

Determinación del tipo de vertedero

Diseño estructural de cada dique vertedero.

Tabla 3. Velocidades máximas recomendadas (Fortier y Scobey)

Suelo	v (agua limpia) m/s.	v (agua con sedimentos) m/s
Arena fina	0.45	0.76
Suelo arenoso	0.53	0.76
Limo aluvial	0.60	1.06
Ceniza volcánica	0.76	1.06
Arcilla dura	1.14	1.52
Lutitas	1.82	1.82
Grava fina	0.76	1.52
Grava Gruesa	1.22	1.82
Cantos	1.52	1.67

2.2.1.1.3 DISEÑO DE LA PENDIENTE DEL CAUCE.

La pendiente de diseño puede calcularse mediante la expresión:

$$ie = \frac{(v\mu\ell)^{10/3} B^{4/3} n^2}{Q^{4/3}}$$

Donde:

ie = Pendiente estable

$\mu\ell$ = Velocidad máxima permisible

v = relación de velocidad media y del fondo.

$v \cong 1.3$ a 1.5

B = perímetro húmedo que puede considerarse igual al ancho del río.

n = coeficiente de Manning

Q = Caudal de diseño, generalmente para periodos de retorno de 20 a 30 años para estructuras poco importantes, y de 50 a 100 años para grandes estructuras.

Una vez determinada la pendiente estable se determina la altura y numero de

estructuras necesarias.

$$\text{Numero de estructuras} = \frac{L \text{ total (i natural - ie)}}{H \text{ de cada estructura}}$$

En general es preferible construir estructuras poco espaciadas de baja altura, que estructuras muy altas, a fin de no disturbar el cauce especialmente en suelos de erosionabilidad alta.

2.2.1.1.4 DISEÑO DE VERTEDEROS VERTICALES

Este diseño debe incluir la parte hidráulica y la estructural. Para un determinado caudal de diseño debe mantenerse el flujo en el centro del río, debe diseñarse un pozo de aquietamiento para la disipación de energía u otro elemento que cumpla la misma misión. Debe proveerse un sistema que impida la socavación y si hay transporte de sedimentos deben proveerse protecciones contra la abrasión y el impacto. La estabilidad estructural incluye chequeos contra deslizamientos y volcamientos, levantamiento del pozo de aquietamiento por subpresiones y capacidad de soporte.

En lo que respecta a su comportamiento hidráulico hay tres tipos de vertederos los cuales se indican en planta y perfil.

2.2.1.1.5 DISEÑO DE LA CRESTA

La cresta es la parte central del vertedero a través de la cual debe pasar el caudal de diseño.

Régimen Hidráulico de vertederos:

- Vertedero simple
- Vertedero con pozo de aquietamiento

De acuerdo a los símbolos de la figura una cresta rectangular puede dimensionarse de acuerdo a la expresión:

$$Q = \mu Lg (Z_0 - fg)$$

Donde:

$$Q = \text{caudal en } \frac{m^3}{\text{seg}}$$

$\mu = \text{coeficiente de descarga}$

$\mu \text{ varia de } 0.385 \text{ a } 0.6$

Cuando la velocidad aguas arriba es muy pequeña $\mu = 0.385$

$$g = \text{Aceleracion de la gravedad } \frac{m}{\text{seg}^2}$$

$Lg = \text{Ancho de la cresta}$

$Zo = \text{Elevacion del nivel de agua arriba de la cresta}$
donde la contraccion no tiene efecto

$fg = \text{elevacion de la cresta.}$

Con esta ecuación los valores más convenientes de Lg , Zo y fg pueden determinarse para un Q conocido y un valor de μ estimado. Con Zo y fg calculados, la altura de agua ($Zg - fg$) puede ser determinada, la cual es generalmente igual a $2/3 fg$.

El valor de la altura de las alas se hace 30 a 40 cm mayor de Zo . Cuando la cresta no es rectangular sino trapezoidal o curva la relación entre la descarga y la cabeza de agua debe obtenerse. Por cada profundidad crítica ($Zg - fg$) corresponde una velocidad crítica.

$$Vc = \sqrt{\frac{gA}{b}}$$

$$\text{y un caudal } Q = Vc \times A = \sqrt{\frac{gA}{b}} \times A$$

En esta forma puede obtenerse la profundidad crítica ignorando las pérdidas de energía.

2.2.1.1.6 PROTECCIÓN DE LA CRESTA

La cresta está sujeta a peligros de corrosión y abrasión las cuales deben prevenirse ya sea con una cubierta de madera o de concreto. Como la rigidez del concreto no es consistente con la flexibilidad del gavión deben proveerse juntas en la cubierta de concreto.

2.2.1.1.6.1 DETALLE DEL REVESTIMIENTO DE LA CRESTA

POZO DE AQUIETAMIENTO CON PISO SIN PROTEGER

Se pueden emplear en estructuras de escasa altura cuando el fondo del cauce está formado por materiales gruesos y compactos. Si el piso es erosionable debe calcularse la profundidad de socavación debida a la caída de agua y cimentar la estructura por debajo de esta profundidad. Es conveniente colocar grandes cantos en el fondo del pozo para prevenir socavaciones.

La distancia de caída del agua es el estudio de la caída de un cuerpo libre en ausencia de fricción, de una elevación $(Zg - f3)$ con una velocidad horizontal aproximadamente igual a la velocidad crítica.

$$v = \sqrt{g(Zg - fg)} \quad \text{con una profundidad } (Zg - fg) = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g^2}}$$

La distancia de caída desde la cresta es igual a:

$$X = \sqrt{2(Zg - fg)(Zg - f3)}$$

La profundidad de socavación $(f3 - fb)$ se puede calcular por la expresión de Schoklitsch.

$$Z3 - fb = 4.75 \frac{(Z0 - Z3)^{0.2} q^{0.57}}{d_{90}^{0.32}}$$

Donde:

$$q = \text{Descarga por metro de ancho en } \frac{m^3}{seg}.$$

d_{90} = diámetro correspondiente al 90% de pasantes en el ensayo de granulometría del suelo del fondo de cauce.

De observar esta fórmula puede concluirse que la profundidad de socavación ($f_3 - f_b$) puede disminuirse si se aumenta la altura ($f_c - f_3$) suficiente para formar un flujo subcrítico de profundidad ($Z_2 - f_3$). En este caso el flujo sobre el contra-vertedero está dado por la ecuación:

$$Q = \mu L_c (Z_2 - f_c) \sqrt{2g(Z_2 - f_c)}$$

Donde:

μ = Coeficiente de descarga (0.4 a 0.6)

L_c = Ancho del contravertedero en m.

Definiendo la elevación Z_2 que conservaría la socavación en un valor aceptable se puede obtener la elevación f_c . La disipación de energía abajo del contra-vertedero debe ser muy baja o de lo contrario se podría presentar erosión severa aguas abajo de la estructura.

Como se indicó, para diseñar el pozo de quietamiento se requiere conocer la elevación Z_3 . Esta se puede calcular asumiendo condiciones de flujo uniforme de acuerdo a la ecuación:

$$Q = X A \sqrt{R i}$$

Donde:

A = área de la sección de flujo para una profundidad de agua ($Z_3 - f_3$)

$R(m)$ = Radio Hidráulico

i = Pendiente del cauce

$X = \left(\frac{m^2}{seg}\right)^{\frac{1}{2}}$ = Coeficiente de resistencia el cual puede calcularse por las formulas de Stricler Bazin Kutter o Colebrook – White.

De todas formas es necesario conocer el valor del coeficiente de rugosidad de Manning. El cálculo de Z_3 es hecho por tanteos adoptando diversos valores de Z_3 hasta que se obtenga el caudal de diseño.

2.3 DETALLES CONSTRUCTIVOS

El voladizo aparente del pozo de aquietamiento se recomienda construir con gaviones de 0.30 a 0.50 m de espesor formando dos capas. Se ha encontrado que este tipo de doble protección ha dado mejores resultados de estabilidad. Los cantos deben ser de 20 a 30 cm y preferentemente redondeados.

Los taludes laterales deben protegerse aguas abajo y arriba de la estructura en una distancia conveniente.

2.3.1 GRADERÍAS

Las graderías tienen una serie de ventajas sobre los vertederos verticales como son:

- A. Mejor estabilidad estructural.
- B. Disipación de energía en cada grada.
- C. Más aireación y mejoramiento de la calidad de agua.

El pozo de aquietamiento puede disminuirse o eliminarse si la altura y longitud de las gradas es tal que permite la disipación de energía por medio de un resalto hidráulico en cada grada. Esto puede lograrse a base de contragradas o de gradas inclinadas de acuerdo a las figuras. Se han realizado algunas investigaciones para un diseño adecuado a las consideraciones hidráulicas pero su aplicabilidad se circunscribe a caudales pequeños. En la práctica la geometría de las graderías y los caudales de diseño altos impiden que se pueda determinar la energía disipada en cada grada y en consecuencia se pueda determinar el remanente al final de la gradería.

Algunos trabajos han sido realizados por Stephenson y otros a base de modelos. El objetivo de las últimas investigaciones tiende a considerar las graderías como zonas de gran Pendientes y rugosidad. El coeficiente de rugosidad obtenido es alto y varía de acuerdo al caudal y al número de gradas. Cuando no existe modelos ni un sistema aproximado de diseño confiable es prudente el considerarlas como un vertedero vertical y diseñar un pozo de aquietamiento, o un sistema de disipación de energía.

2.3.2 EROSIÓN INTERNA

Como la presencia de una estructura de control produce un levantamiento del nivel de agua, aguas arriba, el agua trata de pasar por debajo y alrededor de la estructura. Este flujo puede obtener velocidades capaces de remover partículas de suelo de la fundación y en esta forma se erosiona internamente el material. Para estos casos se recomienda trazar una red de flujo a través de la fundación. Para diseño preliminar de pequeños vertederos se puede emplear la ecuación de Blingh; según este criterio la trayectoria total de flujo por debajo del vertedero debe ser:

$$L > C \times \Delta H$$

Donde: ΔH = diferencia de cabeza de aguas abajo a aguas arriba.

C = Coeficiente de Blingh que depende del suelo.

Como la permeabilidad del gavión es alta en comparación con el suelo alrededor las estructuras en gaviones se comportan como drenes y recogen agua, en esta forma debido a los gradientes hidráulicos altos las partículas de suelo son transportadas hacia los gaviones pudiéndose presentar el colapso de la estructura. Este problema se puede evitar por medio de pantallas subterráneas impermeables que intercepten el flujo. Otro sistema de control de erosión interna es el de colocar capas de filtro entre gaviones y el suelo para permitir el paso del agua impidiendo el transporte de partículas. Últimamente se ha intensificado el uso de geotextiles con este objetivo. De todas formas es conveniente emplear la fórmula de Blingh en todos los casos.

Tabla 4.- Valores del coeficiente C para control de erosión interna.

Fuente: Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Karl Terzhagui

Suelo	Diámetro mm	C
Limo fino y fango	0.01 a 0.05	20
Limo grueso y arena		
Muy Fina	0.06 a 0.10	18
Arena fina	0.12 a 0.25	15
Arena media	0.30 a 0.50	12
Arena gruesa	0.60 a 1.00	10
Grava	2.00	9 a 4
Arcilla dura	0.005	6 a 3

2.3.3 ESTABILIDAD ESTRUCTURAL

Una presa vertedero en gaviones se considera como un muro de gravedad sujeto a las fuerzas de gravedad y presiones del suelo y del agua.

Además el suelo debe incluir:

- Estabilidad contra volteo
- Estabilidad contra deslizamiento
- Estabilidad contra levantamiento
- Capacidad de soporte de terreno
- Calculo de asentamiento
- Capacidad del soporte del gavión en si (estructuras de gran altura).

Los diques en gaviones son ampliamente usados para la sistematización y corrección de los cauces fluviales, la creación de embalses artificiales, la derivación de agua (para la irrigación, para el abastecimiento de poblaciones, etc.).

2.3.4 LOS PRINCIPALES TIPOS DE DISQUES EN GAVIONES

Los discos en gaviones se pueden clasificar en tres tipos fundamentales en función de la conformación del paramento aguas abajo en la sección mediana:

- De pared vertical
- En gradones (o escalonados)
- Inclinado, de manera que la lámina vertiente quede adherida.

Los diques de pared aguas abajo vertical son aquellos de más simple ejecución y son especialmente indicados en obras de mediana importancia, particularmente si se suceden unos a otros y en el caso de cursos de agua con arrastre grueso. Para el perfecto funcionamiento de la estructura deben ser aseguradas: la protección de las mallas del gavión en el vertedero, la protección del paramento aguas arriba (que puede ser realizada con un terraplén apoyado en el paramento mismo), la revisión de la

profundidad de la excavación al pie de la fundación (figs. 1 y 2). Los diques de pared aguas abajo en gradones comparados a los diques de pared vertical, presentan una diferencia: la disipación de la energía de la lámina vertiente puede ser fraccionada también en una serie de pequeños saltos a lo largo del paramento mismo.

Esta estructura es indicada únicamente para pequeños caudales y en ausencia de arrastre sólido grueso (figs. 3 y 4). Para la regulación de tramos fluviales caracterizados por amplios caudales, arrastre sólido del fondo de tamaño medio y terrenos de lecho incapaces de sostener limitadas sobrecargas, es preferible la construcción de diques con paramento inclinado y perfilado aguas abajo, lo cual dará mayores garantías estáticas e hidráulicas de funcionamiento. Es conveniente la protección del vertedero y del paramento aguas abajo con hormigón o mejor, con almáciga bituminosa (figs. 5,6 y 7).

Fig.1 - Esquema de un dique con pared aguas abajo vertical. (Anexo)

Fig.2- Esquema de un dique con pared aguas abajo escalonada. (Anexo)

Fig.3 - Esquema de un dique con pared aguas abajo en declive. (Anexo)

2.3.4.1 CRITERIOS DE ANTEPROYECTO DE LOS DIQUES DE PAREDES AGUA ABAJO VERTICAL O EN GRADONES.

El diseño se articula en las frases que siguen:

2.3.4.1.1 CÁLCULOS HIDRÁULICOS:

- Dimensionamiento del vertedero a través del cual debe verter el caudal de crecida de diseño;
- Dimensionamiento del cuenco de disipación para controlar la erosión del cauce aguas abajo;
- Verificación del sifonamiento, debajo y a los lados de la obra, de manera que las aguas filtrantes no deslaven el terreno de fundación.

2.3.4.1.2 CÁLCULOS ESTÁTICOS:

- Análisis de estabilidad al vuelco y al deslizamiento horizontal;
- Análisis de estabilidad al flotamiento para el revestimiento del eventual cuenco de disipación;
- Análisis de resistencia del terreno de fundación.

Respecto al funcionamiento hidráulico, los diques de paredes aguas abajo verticales son reducibles en tres esquemas indicados en lo sucesivo (figs. 4,5 ,6.)(Anexos).

- Diques en gaviones y contradique (fig.4): la lámina vertiente puede erosionar el fondo hasta formar una cubeta de profundidad suficiente para permitir la disipación de la energía;
- Diques en gaviones con revestimiento del disipador a la cota del cauce (fig.5): en este caso se habla de “embalse en elevación”, porque al crearse la sección crítica aguas arriba del contradique el funcionamiento del embalse no es influenciado por las condiciones en álveo aguas abajo;
- Diques en gaviones con revestimiento del disipador a cota inferior del álveo; contradique de control aguas abajo del embalse a la cota del cauce (fig.6): en este caso se habla de “embalse en depresión”: su funcionamiento es influenciado por las condiciones de movimiento en corriente lenta en el cauce aguas abajo.

Fig.4 – Esquema de dique en gaviones con pared aguas abajo vertical y contradique, sin revestimiento del cuenco de disipación. (Anexo)

Fig.5– Esquema de dique en gaviones con pared aguas abajo vertical y cuenco de disipación revestido, en elevación. (Anexo)

Fig.6 – Esquema de dique en gaviones con pared aguas abajo vertical y cuenco de disipación revestido, en depresión. (Anexo)

2.3.4.1.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL VERTEDERO

Haciendo referencia a las figs. 4, 5 y 6 el vertedero rectangular se dimensiona con base en la fórmula:

$$Q = \mu l g (Z_o - fb) \sqrt{2g(Z - fb)} \quad (1)$$

Dónde:

- $Q(m^3 \text{ seg} - 1)$: Caudal máximo de proyecto;
 μ : Coeficiente de caudal, variable en función de la influencia de la carga cinética aguas arriba de 0,385 a 0,6 aprox.
 $g(m^3 \text{ seg} - 2)$: Aceleración de gravedad;
 $lg(m)$: Largo del vertedero;
 $Z_o (m)$: Cota del nivel del agua aguas arriba del dique donde no este afectado por el desagüe;
 $fg (m)$: Cota del vertedero.

La (1), conocida Q y estimado μ , permite elegir los valores más oportunos de l^g , z_o y f^g , con la advertencia que siempre la amplitud l^g sea tal para atraer en el centro del cauce el flujo de la corriente previniendo así posibles erosiones de las orillas.

La cota f_a de las alas del dique tiene que ser por lo menos 30-40 cm más alta que la cota z_o . Cuando el vertedero no es rectangular (ej. Trapecio como en las figs. 7 o parabólico como en las figs. 8) la relación entre el caudal de crecida y la carga aguas arriba se puede obtener imponiendo la formación del estado crítico sobre el vertedero: a cada valor de la profundidad crítica ($z_g - fg$) corresponde un valor del caudal.

$$Q = V_c \Omega = \Omega \sqrt{\frac{g\Omega}{b}}$$

Figs. 7 Ejemplo de vertedero a sección trapezoidal. (Anexo)

Figs. 8 Ejemplo de vertedero a sección parabólica. (Anexo)

Donde Ω es el área correspondiente de la sección mojada, en metro cuadrado, y b , en m, es la correspondiente amplitud del nivel libre. Para la protección de la red en la sección del vertedero, indispensable en caso de arrastre sólido grueso, se puede emplear un revestimiento de madera, si disponible en el sitio (fig. 5), o revestimiento en hormigón (fig. 6) que es preferible agregar después de algunos meses de la construcción de la obra en gaviones, por ajustes no previstos, o también planchas metálicas. Protección de la malla con solera en concreto.

2.3.4.1.1.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CUENCO DE DISIPACIÓN.

2.3.4.1.1.2 .1 CUENCO SIN REVESTIMIENTO DEL FONDO.

La lámina al caer erosiona el fondo del cauce hasta formar un colchón de agua que puede disipar la carga cinética de la lámina misma. Las fundaciones deberán tener profundidad mayor que la de excavación. Se debe calcular sea la distancia máxima desde el dique al punto donde la lámina choca contra el fondo sea la profundidad de erosión (fig4).

La distancia de caída de la lámina desde el vertedero está dada por:

$$X \cong \sqrt{2(Zg - fg)(Zg - f_3)} \quad (2)$$

La profundidad de excavación puede ser estimada con la fórmula de Schoklitsch.

$$Z_3 - fb = 4,75 \frac{(Z_0 - Z_3)^{0,2q0.57}}{d_t^{0,32}} \quad (3)$$

Dónde:

d^t (mm) : diámetro del tamiz que permite el pasaje del 90% en peso del material del cauce;

q (m³/seg/m): caudal específico.

Para q y dt constantes; se observa que la profundidad de excavación se reduce al aumentar $(z^3 - f^3)$. Esto se obtiene colocando un contradique aguas abajo con altura $(f^c - f^b)$ tanto para mantener aguas arriba del vertedero una corriente lenta de profundidad $(z^2 - f^b)$.

El gasto arriba del contradique está representado por la relación:

$$Q = \mu l c (Z^2 - f^c) \sqrt{2g(Z^2 - f^c)} \quad (4)$$

Para el cálculo de la profundidad z^3 , en el caso que se pueda admitir aguas abajo del dique la formación del flujo, se aplica la fórmula:

$$Q = X \Omega \sqrt{Ri} \quad (5)$$

Dónde:

Q ($m^3 \text{seg}^{-1}$): caudal de crecida de proyecto;
 Ω (m^2): área de la sección mojada relativa a la profundidad $(z^3 - f^b)$;
 R (m): radio hidráulico medio relativo a la misma profundidad;
 i : pendiente del fondo;
 X ($m^{1/2} \text{seg}^{-1}$): coeficiente de resistencia que se obtiene de las formulas en uso después de haber elegido el valor más oportuno del coeficiente de rugosidad del álveo. (Strickler, Bazin, Kutter, Colebrook-White, etc.).

Conocidos Q , i , y la forma del cauce, de la (5) se obtiene mediante tanteos la cota z^3 .

Fig. 9 – Esquema de dique de gaviones de pared vertical sin contradique. (Anexo)

2.3.4.1.1.2.2 CUENCO REVESTIDO EN ELEVACIÓN

El cuenco se reviste con un zampeado en gaviones con cota superior f^b casi coincidente con la del cauce f^3 , y por un contradique de altura $(f^c - f^3)$. Al formarse el

estado crítico sobre el contradique, el comportamiento del flujo en el cuenco es independiente de las condiciones aguas abajo. Fig. 11 (Anexo). La lámina vertiente forma una profundidad de corriente rápida en la sección 1 que se obtiene de:

$$(Z_0 - fb) + \frac{Q^2}{2g\Omega_0^2} = (Z_1 - fb) + \frac{Q^2}{2g(Z_1 - fb)^2 l_b^2} \quad (6)$$

Si se descuidan los términos $\frac{Q^2}{2g\Omega_0^2} = y (Z_1 - fb)$

Como es frecuentemente común hacer, la (6) se simplifican en:

$$(Z_1 - fb) \cong \frac{Q}{l_b \sqrt{2g(Z_0 - fb)}} \quad (7)$$

La profundidad conjugada de corriente lenta aguas abajo del resalto es.

$$(z_2 - fb) = -\frac{(Z_1 - fb)}{2} + \sqrt{\frac{2Q^2}{gl_b^2(Z_1 - fb)} + \frac{(Z_1 - fb)^2}{4}} \quad (8)$$

Esta profundidad se puede realizar a través del contradique; el gasto sobre el contradique se obtiene de la relación:

$$Q = \mu(Z_2 - fc)lc\sqrt{2g(Z_2 - fc)} \quad (4)$$

Es oportuno averiguar que el funcionamiento del cuenco sea en realidad libre del flujo aguas abajo, o sea, que la carga total aguas abajo sea inferior que la carga crítica sobre el contradique; el eventual rebosamiento aguas abajo obra en favor de la seguridad; en tal caso conviene redimensionar el cuenco, o recurrir a un cuenco en depresión. Para el conocimiento completo del funcionamiento del cuenco se tiene que calcular también la profundidad z_v :

$$(z_v - fb) = (fg - fb) \left[\frac{Q^2}{gl_b^2(fg - fb)^{3.3}} \right] 0.22 \quad (9)$$

La amplitud del cuenco de disipación, con referencia a la fig. 23 es:

$$L^b = L^{g1} + L^{12} = (z^g + f^g - 2f^b) X \quad (10)$$

$$X \sqrt{\frac{z^g - f^g}{z^g + f^g - 2z^v}} + 6,9 (z^2 - z^1)$$

Fig. 12 – Comportamiento hidráulico de un dique enterrado hasta el nivel del vertedero. (Anexo)

En el caso de dique enterrado aguas arriba hasta la cota el vertedero (fig. 24) se pueden emplear las siguientes formulas empíricas:

$$L_{g1} / (f_g - f_b) = 4,30 D^{0,27} \quad (11)$$

$$(z_v - f_b) / (f_g - f_b) = 1,00 D^{0,22} \quad (12)$$

$$(z_1 - f_b) / (f_g - f_b) = 0,54 D^{0,425} \quad (13)$$

$$(z_2 - f_b) / (f_g - f_b) = 1,66 D^{0,27} \quad (14)$$

$$L_{12} = 6,9 (z_2 - z_1) \quad (15)$$

Las características del cuenco son expresadas en función del número D (“drop number”):

$$D = q^2/g (f_g - f_b)^3 \quad (16)$$

Donde q es el caudal por unidad de longitud dl vertedero, g es la aceleración de gravedad.

2.3.4.1.1.2.3 CUENCO REVESTIDO EN DEPRESIÓN

El cuenco se realiza a cota f_b inferior a la cota del cauce aguas abajo f^b inferior a

la cota del cauce aguas abajo f_3 , de manera que el flujo subcrítico aguas abajo influya en el funcionamiento del cuenco.

Las características hidráulicas del cuenco se obtienen de las relaciones:

$$Q = \mu |g(z_0 - f_g) \sqrt{2g(z_0 - f_g)} \quad (1)$$

Sobre el vertedero:

$$\begin{aligned} (z_0 - f_b) + \frac{Q^2}{2g\Omega_0^2} &= \\ = (z_1 - f_b) + \frac{Q^2}{2g(z_1 - f_b)^2 |b|^2} & \quad (6) \end{aligned}$$

Entre la sec. 0 y la sec. 1

$$\begin{aligned} (z^3 - f^b) &= -\frac{(z_1 - f_b)}{2} + \\ + \sqrt{\frac{2Q^2}{g|b|^2(z_1 - f^b)} + \frac{(z_1 - f^b)^2}{4}} & \quad (8) \end{aligned}$$

Entre la sec. 1 y la sec. 2

$$\begin{aligned} (z^3 - f^b) + \frac{Q^2}{2g\Omega_3^2} &\geq \\ \geq (z^2 - f^b) + \frac{Q^2}{2g|b|^2(z^2 - f^b)^2} & \quad (17) \end{aligned}$$

Entre la sec. 2 y la sec. 3.

Para la construcción del cuenco de disipación, se aconseja construir el zampeado con no menos de dos órdenes de gaviones sobrepuestos, altos 0,50 o 0,30 m, y emplear pedrisco grueso (20 – 30 cm) colocado de manera que limite la porosidad del relleno.

2.3.4.2 DIQUES DE PARED AGUAS ABAJO EN GRADONES.

Por motivos técnicos y económicos raramente se puede asignar a estos diques la conformación más racional, que garantice la formación del salto hidráulico al pie cada caída, y es preferible en las verificaciones hidráulicas no confiar en las disipaciones de energía sobre cada peldaño (fig. 13 y 14).

Los diques en gradones deben ser utilizados únicamente en caso de pequeños caudales y limitado arrastre sólido, en todos los casos, la malla sobre los gradones debe ser protegida con una pequeña capa de concreto.

Fig. 13 y 14.– Dimensionamiento correcto de los escalones. (Anexo)

2.3.4.2.1 ANÁLISIS DE SIFONAMIENTO EN EL TERRENO DE CIMENTACIÓN:

2.3.4.2.1.1 RECURSOS PARA PREVENIR EL SIFONAMIENTO.

El desnivel provocado por la presencia del dique determinada un flujo filtrante, bajo y a los lados de la obra, que podría causar la remoción del material fino de la fundación.

Para un dimensionamiento preliminar, con el fin de evitar el peligro de sifonamiento de la obra, se debe averiguar que el desarrollo general L del recorrido de filtración bajo y a los lados de la obra pueda satisfacer la relación:

$$L > c \Delta h \quad (18)$$

Dónde:

Δh (m): desnivel entre los niveles libres aguas arriba y aguas abajo del dique;

C: coeficiente que depende de la natura del terreno (tabla 5).

Tabla 5. Valores del coeficiente c para la revisión del fenómeno de filtración.

Coeficiente c	Valores Granulométricos (mm)	Tipo de terreno
20	0,01 - 0,05	Baros y limos
18	0,06 - 0,10	Limos y arena muy fina
15	0,12 - 0,25	Arena fina
12	0,30 - 0,50	Arena media
10	0,60 - 1,00	Arena gruesa
9, 4	2,00	Grava de fina a gruesa
6, 3	-	Arcilla de buena compacidad hasta arcilla muy dura

Fuente: Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Karl Terzhagui

Siendo los gaviones altamente permeables y principales en la fase inicial de vida de la estructura, se comportan como drenajes, se aconseja, sobretodo en presencia de terrenos areno-limosos, poner bajo y a los lados de la estructura un filtro sintético o una membrana impermeable, para evitar la remoción de materiales finos a través de los gaviones mismos (fig15.).

Para estructuras de mayor importancia se aconseja el empleo de diafragmas verticales empotrados en los estratos más compactos.

Fig. 15– esquema general de un dique sobre un terreno permeable que satisface la fórmula de Bligh. (Anexo)

2.3.4.2.1.2 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD PARA LA SECCIÓN BAJO EL VERTEDERO

Los diques de gaviones pueden ser considerados como estructuras de gravedad.

Las fuerzas en juego son:

a) Pesos

- Agua: en casos normales el peso específico del agua turbia Y_w varia de 1.000 a

1.100 kg/m³.

- Gaviones: conocido el peso específico del material rocoso del relleno Y_s , el peso específico del gavión relleno es

$$Y_g = Y_s (1 - n) \quad (19)$$

Donde n (porosidad – relación entre el volumen de los poros y el volumen total) es en general próximo a 0,3. La tabla indica los pesos específicos de los ms comunes tipos de rocas empleadas para rellenar los gaviones.

Tabla 6. Pesos específicos indicativos de diferentes tipos de rocas.

Roca	Peso específico (kg/m ³)
Basalto	2,900
Granito	2,600
Caliza dura	2,600
Traquitas	2,500
Arenisca	2,300
Caliza porosa	2,200
Toba	1,700

Fuente: Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Karl Terzagui

Si los vacíos son ocupados por agua y u es la humedad (u = fracción del volumen de los poros ocupados por agua), el peso específico es:

$$Y_{gu} = [Y_s (1 - n) + nuy^w] \quad (20)$$

Que se vuelve a conducir a:

$$Y_{g_1} = [Y_s (1 - n) + ny^w]$$

Peso específico de los gaviones saturados de agua, por $u = 1$.

- Terreno

Peso específico del terreno seco.

$$Y_{to} = Y_s (1 - n) \quad (21)$$

Peso específico del terreno saturado de agua

$$Y_{t_1} = Y_s (1 - n) + n y^w \quad (22)$$

Peso específico del terreno sumergido en falda

$$Y_{tw} = (Y_s - Y_w) (1 - n) \quad (23)$$

2.3.4.2.1.3 EMPUJE HIDROSTÁTICO

Las resultantes de los empujes hidrostáticos $H_w M$ sobre la pared aguas abajo, valen:

$$H^w M = H^{w1} = \frac{1}{2} Y^w \left[(h^1 + h^2 + h^3)^2 - h_1^2 \right] \quad (24)$$

$$H^w v = H^w_2 + H^w_3 = \frac{1}{2} Y^w [h^4 + h_5]^2 \quad (25)$$

Y obran en los respectivos centros de empuje.

- Empuje del terreno

El empuje activo del terreno aguas arriba vale:

$$H t^M = \frac{1}{2} Y t^w [h^2 + h^3]^2 \lambda \alpha \quad (26)$$

Dónde: $\lambda \alpha = t g^2 \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2} \right)$,

El empuje aguas abajo es:

$$H t v = \frac{1}{2} Y t^w h_5^2 \lambda \alpha \quad (27)$$

Los sobre indicados empujes obran respectivamente a $(h_2 + h_3)/3$ y $h_5/3$ arriba del plano de fundación.

- Supresión

Si se admite una distribución hidrostática de presión sobre las paredes aguas arriba y aguas abajo, la subpresión S^w es la resultante de un diagrama trapecio de presiones, con valores extremos.

$$Y^w (h_1 + h_2 + h_3) \text{ y } Y^w (h_4 + h_5).$$

Fig. 16 – Fuerzas agentes sobre un dique.

2.3.4.2.1.4 ESTABILIDAD AL VUELCO

La estabilidad es asegurada si el momento estabilizante, alrededor del punto, predomina sobre el volcante (fig.16).

Las fuerzas estabilizantes son.

- Peso propio de la estructura P_g , considerada como seca arriba del nivel libre Z_v y saturada para la parte subyacente.

- Peso del agua sobre el vertedero P_w .

- Peso del agua P_{w_2} y del terreno P_t saturado sobre los denticulados aguas arriba y aguas abajo.

- Empujes horizontales H_{wv} y H_{tv} .

Las fuerzas volcantes son;

- Empujes horizontales H_{wm} y H_{tM} .
- Subpresión S_w .
- Fuerzas ocasionales (hielo, acción de “chorro” de flujo supercrítico, terremoto, etc.).

Definido M_r el momento de las fuerzas volcantes y M_s el de las fuerzas estabilizantes, el coeficiente de seguridad de vuelco.

$$S_r = \frac{M_s}{M_r} \quad (28)$$

Debe resultar mayor que 1.

Para obras modestas, es suficiente que sea $S_r \geq 1,3$.

La verificación tendrá que repetirse en todas las secciones horizontales.

2.3.4.2.1.5 ESTABILIDAD AL DESLIZAMIENTO HORIZONTAL

El equilibrio en el deslizamiento es comprobado cuando las fuerzas de fricción y cohesión agente en el plano de fundación compensan las fuerzas horizontales (fig. 16).

Sea S_s el coeficiente de seguridad al deslizamiento, debe ser

$$S_s = \sum v X tg\varphi / \sum H > 1,3 \quad (29)$$

En el caso más común en que el dique se apoye en terrenos no coherentes, puede asumirse $tg\varphi = 0,7$ (que corresponde a un ángulo de roce de 35° aproximadamente).

2.3.4.2.1.6 ESTABILIDAD AL FLOTAMIENTO DEL ZAMPEADO DEL CUENCO DE DISIPACIÓN.

Con referencia a la fig. 28, la subpresión p calculada en un poco del zampeado es.

$$p = Y_w \left[\left(Z_0 - \frac{Z_0 - Z^3}{L_f} y \right) - Zx \right] \quad (30)$$

Si:

h (m): profundidad del agua sobre el zapeado; s (m): espesor de mismo.

Se pueden definir coeficiente de seguridad S_g al flotamiento del zampeado la relación.

$$S_g = (Yg^1S + Ywh) / p \quad (31)$$

Por S_g se consideran aceptables los valores de 1,1 – 1,2.

2.3.4.2.1.7 RESISTENCIA DEL TERRENO DE FUNDACIÓN

Se determina en intensidad y líneas de acción la resultante R de las fuerzas agentes y el centro de presión X .

En la hipótesis de conservación de las secciones planas, si el centro de presión es interno al núcleo central MN (fig.17), la tensión máxima de compresión es:

$$OB = 6 \frac{V \times \overline{XM}}{100 \times \overline{AB}^2} \quad (32)$$

Dónde:

V (kg) es la componente vertical de R , OB é expresa en Kg/cm^2 y \overline{XM} y \overline{AB} en cm.

Si el centro de presión corresponde con el extremo del núcleo N :

$$OB = 2 \frac{V}{100 \times \overline{AB}} \quad (33)$$

Si el centro de presión es externo al núcleo central (fig. 32):

$$OB = 2 \frac{V}{3 \times \bar{X}B \times 100} \quad (34)$$

La verificación es satisfecha si $OB < Kt$ donde Kt es la carga de seguridad del terreno

Fig.17– Centro de presión interno al núcleo central. Fig.18– Centro de presión externo al núcleo central. (Anexo)

Tabla 7. Cargas de seguridad del terreno.

CALIDAD DEL TERRENO	Carga de seguridad kg/cm ²
1) Terrenos removidos no compactos, rellenos	0 ÷ 1
2) Terrenos no cohesivos compactos	
a) Arena con granos inferiores de 1mm	2
b) Arena con granos entre 1 y 3 mm	3
c) Arena y grava 8con no menos de 1/3 de grava)	4
3) Terrenos coherentes (e base al contenido de agua en el estado natural)	
a) Fluido, fluido plástico	0
b) Blando-plástico	0,4
c) sólido-plástico	0,8
d) medio-sólido	1,5
e) sólido	3,0
4) Rocas en buen estado físico (si presentan fisuras o son disgregables, las cargas indicadas deben ser reducidas en menos de la mitad)	
a) areniscas, calizas ,rocas volcánicas, etc.	10,15

Fuente: *Mecánica de suelos en la ingeniería práctica. Karl Terzhagui*

Para diques importantes es oportuno averiguar con los métodos habituales también la resistencia al corte del terreno de fundación.

2.3.5 RESISTENCIA DE LA ESTRUCTURA EN GAVIONES

En general, si las cargas transmitidas al terreno son compatibles con su resistencia se garantiza también la resistencia de la estructura en gaviones. Si se requiere verificar su resistencia se obra como para el análisis de la resistencia del terreno.

La tensión máxima debe ser comparada con la carga de seguridad de la estructura en gaviones que debe ser definida a través de pruebas experimentales.

Las estructuras en gaviones pueden en general alcanzar, en situación de estado plano de deformación, aplastamientos relativos de 20% con valores de carga P/A aproximadamente de 10kg/cm²; el ajuste de la estructura adviene sin ruptura del alambre, que se obtiene únicamente con valores de carga unitaria superiores a 30 – 40 kg/cm².

2.3.5.1 VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD Y RESISTENCIA DE LAS SECCIONES EN CORRESPONDENCIA DE LAS ALAS.

Chequear con los mismos criterios ya expuestos para la sección en el vertedero.

2.4 CRITERIOS DE PLANEAMIENTO DE LOS DIQUES CON PARÁMETRO EN DECLIVE AGUAS ABAJO.

2.4.1 CRITERIOS GENERALES

Se usan donde, por mala calidad del terreno de cimentación, sea requerida una amplia base de fundación y una repartición de tensiones en el suelo casi uniforme.

En general son revestidos e impermeabilizados a lo largo del vertedero y del cuenco de disipación: el revestimiento preferiblemente empleado es almáciga bituminosa hidráulica.

2.4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DEL CUENCO DE DISIPACIÓN.

Véanse los párrafos relativos, en particular las formulas (1), (4), (6), (8) y (17).

La amplitud del cuenco se asume aproximadamente igual a $6,9(z_2 - z_1)$.

2.4.1.2 VERIFICACIONES DE ESTABILIDAD Y RESISTENCIA.

La verificación de resistencia se debe ejecutar según los criterios ya expuestos en los párrafos precedentes.

2.4.1.3 EJEMPLO DE CÁLCULO

Se trata de construir un dique en un torrente con las características que siguen:

Inclinación del cauce $i = 1,5\%$

Caudal de proyecto $Q = 0.5\text{m}^3/\text{seg}$

Ancho del cauce $I = 7 \text{ m}$

Tirante flujo uniforme.

2.4.1.4 DIQUE CON CUENCO DE DISIPACIÓN NO REVESTIDO. VERTEDERO.

Fig.19 – Esquema de dique con cuenco de disipación no revestido, sin contradique. Ejemplo 1 (Anexo).

Fig.20 – Esquema de dique con cuenco de disipación no revestido, con contradique. Ejemplo 1 (Anexo).

Tabla 8. CALCULO DEL DISEÑO DE DIQUE DE GAVIONES			
ALTERNATIVA 1 $Q=0.5 \text{ m}^3/\text{seg}$			
AMPLITUD DEL VERTEDERO = 1m			
Q=	Caudal máximo del proyecto		Q= 0.50
$\mu =$	Coeficiente caudal influencia carga cinética		$\mu=$ 0.40
	aguas arriba (0,385 a 0,6) aprox.		
$g(\text{mseg}^{-2})=$	Aceleración de la gravedad		$g(\text{mseg}^{-2})=$ 9.81
$lg(\text{m})=$	Amplitud del vertedero rectangular		$lg(\text{m})=$ 1.00
$Zo(\text{m})=$	Cota del nivel de agua		$Zo(\text{m})=$ 5.43
	aguas arriba del dique donde no afecta el desagüe		
$fg(\text{m})=$	Cota del vertedero		$fg(\text{m})=$ 5.00
C=	Supuesto de Strickler		C= 30.00
$i(\%)=$	Inclinación del cauce	1,5%	$i=$ 0.02
$L(\text{m})=$	Ancho del cauce		$I=$ 7.00
$dt(\text{mm})=$	Formula de Schoklitsch		$dt=$ 100.00
$lc(\text{m})=$	Vertedero del contradique		$lc=$ 2.00
$fg-fb=$	Altura de dique desde el nivel de vertedero al cuenco		$fg-fb=$ 3.00
$lb(\text{m})=$	Ancho del cuenco de disipación		$lb=$ 6.00
$\gamma_s(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico rocas calizas(15-25 cm)		$\gamma_s=$ 2600.0
$\gamma_g(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico gavión relleno (15-25 cm)		$\gamma_g=$ 1800.0
n=	Porosidad - relación entre el volumen de poros y el vol total		n= 0.30
$\gamma_w(\text{kg}/\text{m}^3)$	Peso específico del agua		$\gamma_w=$ 1000.0
$\gamma_{ss}(\text{kg}/\text{m}^3)$	Suelo tipo sedimentario		$\gamma_{ss}=$ 2200.0
nss=	Porosidad - relación entre el vol. de poros y el volumen total		nss= 0.20
$\lambda_a=$	Landa a		$\lambda_a=$ 0.27
B=	Base		B= 6.00
VELOCIDAD FLUJO UNIFORME		VERTEDERO DEL CONTRADIQUE	
$V(\text{m}/\text{seg})=$	0.76	$q_c(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	0.25

VELOCIDAD CRITICA		FLUJO SOBRE EL CONTRADIQUE	
$V \text{ critica}(\text{m}/\text{seg})=$	0.96	$z_2-fc(\text{m})=$	0.27

AMPLITUD VELOCIDAD CAUDAL		ALTURA CONTRADIQUE	
$q(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.00	$fc-f_3(\text{m})=$	0.50
		$Zc_3-fb(\text{m})=$	0.55
$Zo-fg(\text{m})=$	0.43		
		$fc_3-fb(\text{m})=$	0.05

fa-fg(m)=	1.00	zv-fb=	0.29
Zo-Z2=	2.66		
h1=	0.40		
h2=	3.00		
h3=	2.00		
h4=	0.29		
h5=	2.00		
sw1	6700.00		
sw2	3100.00		

VERIFICACIÓN SIFONAMIENTO

$L > c\Delta H =$	$L > c\Delta H = 6 \times 3.6 = 21.6m$
-------------------	--

PROFUNDIDAD DEL CUENCO DE DISIPACIÓN Y DE LA FUNDACIÓN

Schoklitsch	
Z3-fb(m)=	0.93
f3-fb(m)=	
	0.84

PESO ESPECIFICO DEL TERRENO SUMERGIDO		
$\gamma_{tw} =$	960.00	
VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	PESO ESPECIFICO SUELO SEDIMENTARIO SATURADO	
PESO ESPECIFICO GAVIÓN SATURADO	$\gamma_{t1} = 1960.00$	
$\gamma_{g1} = 2120.00$		

ANÁLISIS DE CARGAS

Hwm(kg)=	15500.00	Hwv(kg)=	2632.57
aplicada a 2.23 sobre el plano EF		aplicada a 1.03 sobre el plano EF	

Sw=	29400.00	Pg1=	14400.00	
		peso gaviones secos		
Htm=	3240.00	Htv=	518.40	
aplicada a 1.66 sobre el plano EF		aplicada a 0.66 sobre el plano EF		
Pg2=	33920.00			

Peso del agua sobre el vertedero	Peso del agua sobre los escalones
----------------------------------	-----------------------------------

Pw1=	4520.00	Pw2=	2260.00
aplicado a 2m de F		aplicado a 5m de F	
Peso del terreno sobre los escalones			
Pt=	11760.00		
aplicado a 5.17m de f			
ΣV =	37460.00		
COORDENADAS BARICENTRO			
Xg2=	2.69	Yg2=	1.44
Xg1=	2.00		
VERIFICACIÓN DEL VUELCO			
Sr=Ms/Mr=	1.48	>	1.30
VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO			
Ss=	1.80	>	1.30
VERIFICACIÓN DE COMPRESIÓN			
e=	1.22		
σ_{max} =	1.68		

Tabla 9. CALCULO DEL DISEÑO DE DIQUE DE GAVIONES			
ALTERNATIVA 2 $Q=1 \text{ m}^3/\text{seg}$			
AMPLITUD DEL VERTEDERO = 1m			
Q=	Caudal máximo del proyecto	Q=	1.00
$\mu =$	Coefficiente caudal influencia carga cinética		0.40
	aguas arriba (0,385 a 0,6) aprox.		
$g(\text{mseg}^{-2})=$	Aceleración de la gravedad	$g(\text{mseg}^{-2})=$	9.81
$lg(\text{m})=$	Amplitud del vertedero rectangular	$lg(\text{m})=$	1.00
$Zo(\text{m})=$	Cota del nivel de agua	$Zo(\text{m})=$	5.68
	aguas arriba del dique donde no afecta el desagüe		
$fg(\text{m})=$	Cota del vertedero	$fg(\text{m})=$	5.00
C=	Supuesto de Strickler	C=	30.00
$i(\%)=$	Inclinación del cauce	1,5%	$i=$ 0.02
$L(\text{m})=$	Ancho del cauce	$I=$	7.00
$dt(\text{mm})=$	Formula de Schoklitsch	$dt=$	100.00
$lc(\text{m})=$	Vertedero del contradique	$lc=$	2.00
$fg-fb=$	Altura de dique desde el nivel de vertedero al cuenco	$fg-fb=$	3.00
$lb(\text{m})=$	Ancho del cuenco de disipación	$lb=$	6.00
$\gamma_s(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico rocas calizas(15-25 cm)	$\gamma_s=$	2600.0
$\gamma_g(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico gavión relleno (15-25 cm)	$\gamma_g=$	1800.0
n=	Porosidad - relación entre el volumen de poros y el volumen total	n=	0.30
$\gamma_w(\text{kg}/\text{m}^3)$	Peso específico del agua	$\gamma_w=$	1000.0
$\gamma_{ss}(\text{kg}/\text{m}^3)$	Suelo tipo sedimentario	$\gamma_{ss}=$	2200.0
nss=	Porosidad - relación entre el vol. de poros y el volumen total	nss=	0.20
$\lambda_a=$	Landa a	$\lambda_a=$	0.27
B=	Base	B=	6.00
VELOCIDAD FLUJO UNIFORME		VERTEDERO DEL CONTRADIQUE	
$V(\text{m}/\text{seg})=$	1.00	$q_c(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	0.50
VELOCIDAD CRITICA		FLUJO SOBRE EL CONTRADIQUE	
$V \text{ critica}(\text{m}/\text{seg})=$	1.18	$z_2-fc(\text{m})=$	0.43
AMPLITUD VELOCIDAD CAUDAL		ALTURA CONTRADIQUE	
$q(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.00	$fc-f_3(\text{m})=$	0.50
		$Z_{c3}-fb(\text{m})=$	0.84
$Z_o-fg(\text{m})=$	0.68		
		$fc_3-fb(\text{m})=$	0.34

fa-fg(m)=	1.00	zv-fb=	0.40
-----------	------	--------	------

Zo-Z2=	2.75
h1=	0.60
h2=	3.00
h3=	2.00
h4=	0.40
h5=	2.00
sw1	6700.00
sw2	3100.00

VERIFICACIÓN SIFONAMIENTO

L>cΔH=	L>cΔH=6x3.6=21.6m
--------	-------------------

PROFUNDIDAD DEL CUENCO DE DISIPACIÓN Y DE LA FUNDACIÓN

Schoklitsch	
Z3-fb(m)=	1.40
Z3-f3=	0.14
f3-fb(m)=	1.26

PESO ESPECIFICO DEL TERRENO SUMERGIDO	
γtw=	960.00
VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	PESO ESPECIFICO SUELO SEDIMENTARIO SATURADO
PESO ESPECIFICO GAVIÓN SATURADO	γt1= 1960.00
γg1= 2120.00	

ANÁLISIS DE CARGAS

Hwm(kg)=	15500.00	Hwv(kg)=	2632.57
aplicada a 2.23 sobre el plano EF		aplicada a 1.03 sobre el plano EF	

Sw=	29400.00	Pg1=	14400.00
		peso gaviones secos	
Htm=	3240.00	Htv=	518.40
aplicada a 1.66 sobre el plano EF		aplicada a 0.66 sobre el plano EF	
Pg2=	33920.00		

Peso del agua sobre el vertedero		Peso del agua sobre los escalones	
Pw1=	4520.00	Pw2=	2260.00
aplicado a 2m de F		aplicado a 5m de F	
Peso del terreno sobre los escalones			
Pt=	11760.00		
aplicado a 5.17m de f			
$\Sigma V=$	37460.00		
COORDENADAS BARICENTRO			
Xg2=	2.69	Yg2=	1.44
Xg1=	2.00		
VERIFICACIÓN DEL VUELCO			
Sr=Ms/Mr=	1.46	>	1.30
VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO			
Ss=	1.71	>	1.30
VERIFICACIÓN DE COMPRESIÓN			
e=	1.28		
$\sigma_{max}=$	1.68		

Tabla 10. CALCULO DEL DISEÑO DE DIQUE DE GAVIONES

ALTERNATIVA 3 $Q=1.5 \text{ m}^3/\text{seg}$

AMPLITUD DEL VERTEDERO = 1.5m

Q=	Caudal máximo del proyecto	Q=	1.50
$\mu =$	Coefficiente caudal influencia carga cinética		0.40
	aguas arriba (0,385 a 0,6) aprox.		
$g(\text{mseg}^{-2})=$	Aceleración de la gravedad	$g(\text{mseg}^{-2})=$	9.81
$lg(\text{m})=$	Amplitud del vertedero rectangular	$lg(\text{m})=$	1.50
$Zo(\text{m})=$	Cota del nivel de agua	$Zo(\text{m})=$	5.68
	aguas arriba del dique donde no afecta el desagüe		
$fg(\text{m})=$	Cota del vertedero	$fg(\text{m})=$	5.00
C=	Supuesto de Strickler	C=	30.00
$i(\%)=$	Inclinación del cauce	1,5%	$i=$ 0.02
$L(\text{m})=$	Ancho del cauce	$I=$	7.00
$dt(\text{mm})=$	Formula de Schoklitsch	$dt=$	100.00
$lc(\text{m})=$	Vertedero del contradique	$lc=$	2.00
$fg-fb=$	Altura de dique desde el nivel de vertedero al cuenco	$fg-fb=$	3.00
$lb(\text{m})=$	Ancho del cuenco de disipación	$lb=$	6.00
$\gamma_s(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico rocas calizas(15-25 cm)	$\gamma_s=$	2600.0
$\gamma_g(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico gavión relleno (15-25 cm)	$\gamma_g=$	1800.0
n=	Porosidad - relación entre el volumen de poros y el volumen total	n=	0.30
$\gamma_w(\text{kg}/\text{m}^3)$	Peso específico del agua	$\gamma_w=$	1000.0
$\gamma_{ss}(\text{kg}/\text{m}^3)$	Suelo tipo sedimentario	$\gamma_{ss}=$	2200.0
nss=	Porosidad - relación entre el vol. de poros y el volumen total	nss=	0.20
$\lambda a=$	Landa a	$\lambda a=$	0.27
B=	Base	B=	6.00
VELOCIDAD FLUJO UNIFORME		VERTEDERO DEL CONTRADIQUE	
$V(\text{m}/\text{seg})=$	1.18	$q_c(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	0.75
VELOCIDAD CRITICA		FLUJO SOBRE EL CONTRADIQUE	
$V \text{ critica}(\text{m}/\text{seg})=$	1.34	$z_2-fc(\text{m})=$	0.56
AMPLITUD VELOCIDAD CAUDAL		ALTURA CONTRADIQUE	
$q(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.00	$fc-f_3(\text{m})=$	0.50
		$Zc_3-fb(\text{m})=$	1.07
$Zo-fg(\text{m})=$	0.68		
		$fc_3-fb(\text{m})=$	0.57

fa-fg(m)=	1.00	zv-fb=	0.48
-----------	------	--------	------

Zo-Z2=	2.91
h1=	0.60
h2=	3.00
h3=	2.00
h4=	0.29
h5=	2.00
sw1	6700.00
sw2	3100.00

VERIFICACIÓN SIFONAMIENTO

$L > c\Delta H =$	$L > c\Delta H = 6 \times 3.6 = 21.6m$
-------------------	--

PROFUNDIDAD DEL CUENCO DE DISIPACIÓN Y DE LA FUNDACIÓN

Schoklitsch	
Z3-fb(m)=	1.40
f3-fb(m)=	1.22

PESO ESPECIFICO DEL TERRENO SUMERGIDO		
$\gamma_{tw} =$	960.00	
VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	PESO ESPECIFICO SUELO SEDIMENTARIO SATURADO	
PESO ESPECIFICO GAVIÓN SATURADO	$\gamma_{t1} = 1960.00$	
$\gamma_{g1} = 2120.00$		

ANÁLISIS DE CARGAS

Hwm(kg)=	15500.00	Hwv(kg)=	2632.57
aplicada a 2.23 sobre el plano EF		aplicada a 1.03 sobre el plano EF	

Sw=	29400.00	Pg1=	14400.00	
		peso gaviones secos		
Htm=	3240.00	Htv=	518.40	
aplicada a 1.66 sobre el plano EF		aplicada a 0.66 sobre el plano EF		
Pg2=	33920.00			
,				

Peso del agua sobre el vertedero		Peso del agua sobre los escalones	
Pw1=	4520.00	Pw2=	2260.00
aplicado a 2m de F		aplicado a 5m de F	
Peso del terreno sobre los escalones			
Pt=	11760.00		
aplicado a 5.17m de f			
ΣV =	37460.00		
COORDENADAS BARICENTRO			
Xg2=	2.69	Yg2=	1.44
Xg1=	2.00		
VERIFICACIÓN DEL VUELCO			
Sr=Ms/Mr=	1.46	>	1.30
VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO			
Ss=	1.73	>	1.30
VERIFICACIÓN DE COMPRESIÓN			
e=	1.27		
σ_{max} =	1.68		

Tabla 11. CALCULO DEL DISEÑO DE DIQUE DE GAVIONES			
ALTERNATIVA 4 $Q=2 \text{ m}^3/\text{seg}$			
AMPLITUD DEL VERTEDERO = 2m			
Q=	Caudal máximo del proyecto	Q=	2.00
$\mu =$	Coefficiente caudal influencia carga cinética		0.40
	aguas arriba (0,385 a 0,6) aprox.		
$g(\text{mseg}^{-2})=$	Aceleración de la gravedad	$g(\text{mseg}^{-2})=$	9.81
$lg(\text{m})=$	Amplitud del vertedero rectangular	$lg(\text{m})=$	2.00
$Zo(\text{m})=$	Cota del nivel de agua	$Zo(\text{m})=$	5.68
	aguas arriba del dique donde no afecta el desagüe		
$fg(\text{m})=$	Cota del vertedero	$fg(\text{m})=$	5.00
C=	Supuesto de Strickler	C=	30.00
$i(\%)=$	Inclinación del cauce	1,5%	$i=$ 0.02
$L(\text{m})=$	Ancho del cauce	$I=$	7.00
$dt(\text{mm})=$	Formula de Schoklitsch	$dt=$	100.00
$lc(\text{m})=$	Vertedero del contradique	$lc=$	2.00
$fg-fb=$	Altura de dique desde el nivel de vertedero al cuenco	$fg-fb=$	3.00
$lb(\text{m})=$	Ancho del cuenco de disipación	$lb=$	6.00
$\gamma_s(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico rocas calizas(15-25 cm)	$\gamma_s=$	2600.0
$\gamma_g(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico gavión relleno (15-25 cm)	$\gamma_g=$	1800.0
n=	Porosidad - relación entre el volumen de poros y el volumen total	n=	0.30
$\gamma_w(\text{kg}/\text{m}^3)$	Peso específico del agua	$\gamma_w=$	1000.0
$\gamma_{ss}(\text{kg}/\text{m}^3)$	Suelo tipo sedimentario	$\gamma_{ss}=$	2200.0
nss=	Porosidad - relación entre el vol. de poros y el volumen total	nss=	0.20
$\lambda_a=$	Landa a	$\lambda_a=$	0.27
B=	Base	B=	6.00
VELOCIDAD FLUJO UNIFORME		VERTEDERO DEL CONTRADIQUE	
$V(\text{m}/\text{seg})=$	1.32	$q_c(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.00
VELOCIDAD CRITICA		FLUJO SOBRE EL CONTRADIQUE	
$V \text{ critica}(\text{m}/\text{seg})=$	1.46	$z_2-fc(\text{m})=$	0.68
AMPLITUD VELOCIDAD CAUDAL		ALTURA CONTRADIQUE	
$q(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.00	$fc-f_3(\text{m})=$	0.50
		$Z_{c3}-fb(\text{m})=$	1.27
$Z_o-fg(\text{m})=$	0.68		
		$fc_3-fb(\text{m})=$	0.77

fa-fg(m)=	1.00	zv-fb=	0.54
-----------	------	--------	------

Zo-Z2=	2.50
h1=	0.60
h2=	3.00
h3=	2.00
h4=	0.54
h5=	2.00
sw1	6700.00
sw2	3100.00

VERIFICACIÓN SIFONAMIENTO

$L > c\Delta H =$	$L > c\Delta H = 6 \times 3.6 = 21.6m$
-------------------	--

PROFUNDIDAD DEL CUENCO DE DISIPACIÓN Y DE LA FUNDACIÓN

Schoklitsch	
Z3-fb(m)=	1.40
f3-fb(m)=	1.18

PESO ESPECIFICO DEL TERRENO SUMERGIDO		
$\gamma_{tw} =$	960.00	
VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	PESO ESPECIFICO SUELO SEDIMENTARIO SATURADO	
PESO ESPECIFICO GAVIÓN SATURADO	$\gamma_{t1} = 1960.00$	
$\gamma_{g1} = 2120.00$		

ANÁLISIS DE CARGAS

Hwm(kg)=	15500.00	Hwv(kg)=	2632.57
aplicada a 2.23 sobre el plano EF		aplicada a 1.03 sobre el plano EF	

Sw=	29400.00	Pg1=	14400.00	
		peso gaviones secos		
Htm=	3240.00	Htv=	518.40	
aplicada a 1.66 sobre el plano EF		aplicada a 0.66 sobre el plano EF		
Pg2=	33920.00			
,				

Peso del agua sobre el vertedero		Peso del agua sobre los escalones	
Pw1=	4520.00	Pw2=	2260.00
aplicado a 2m de F		aplicado a 5m de F	
Peso del terreno sobre los escalones			
Pt=	11760.00		
aplicado a 5.17m de f			
$\Sigma V=$	37460.00		
COORDENADAS BARICENTRO			
Xg2=	2.69	Yg2=	1.44
Xg1=	2.00		
VERIFICACIÓN DEL VUELCO			
Sr=Ms/Mr=	1.46	>	1.30
VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO			
Ss=	1.75	>	1.30
VERIFICACIÓN DE COMPRESIÓN			
e=	1.27		
$\sigma_{max}=$	1.68		

Tabla 12. CALCULO DEL DISEÑO DE DIQUE DE GAVIONES

ALTERNATIVA 5 $Q=2.5 \text{ m}^3/\text{seg}$

AMPLITUD DEL VERTEDERO = 2.5m

Q=	Caudal máximo del proyecto	Q=	2.50
$\mu =$	Coefficiente caudal influencia carga cinética		0.40
	aguas arriba (0,385 a 0,6) aprox.		
$g(\text{mseg}^{-2})=$	Aceleración de la gravedad	$g(\text{mseg}^{-2})=$	9.81
$lg(\text{m})=$	Amplitud del vertedero rectangular	$lg(\text{m})=$	2.50
$Zo(\text{m})=$	Cota del nivel de agua	$Zo(\text{m})=$	5.68
	aguas arriba del dique donde no afecta el desagüe		
$fg(\text{m})=$	Cota del vertedero	$fg(\text{m})=$	5.00
C=	Supuesto de Strickler	C=	30.00
$i(\%)=$	Inclinación del cauce	1,5%	$i=$ 0.02
$L(\text{m})=$	Ancho del cauce	$I=$	7.00
$dt(\text{mm})=$	Formula de Schoklitsch	$dt=$	100.00
$lc(\text{m})=$	Vertedero del contradique	$lc=$	2.00
$fg-fb=$	Altura de dique desde el nivel de vertedero al cuenco	$fg-fb=$	3.00
$lb(\text{m})=$	Ancho del cuenco de disipación	$lb=$	6.00
$\gamma_s(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico rocas calizas(15-25 cm)	$\gamma_s=$	2600.0
$\gamma_g(\text{kg}/\text{m}^3)=$	Peso específico gavión relleno (15-25 cm)	$\gamma_g=$	1800.0
n=	Porosidad - relación entre el volumen de poros y el volumen total	n=	0.30
$\gamma_w(\text{kg}/\text{m}^3)$	Peso específico del agua	$\gamma_w=$	1000.0
$\gamma_{ss}(\text{kg}/\text{m}^3)$	Suelo tipo sedimentario	$\gamma_{ss}=$	2200.0
nss=	Porosidad - relación entre el vol. de poros y el volumen total	nss=	0.20
$\lambda a=$	Landa a	$\lambda a=$	0.27
B=	Base	B=	6.00
VELOCIDAD FLUJO UNIFORME		VERTEDERO DEL CONTRADIQUE	
$V(\text{m}/\text{seg})=$	1.45	$q_c(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.25
VELOCIDAD CRITICA		FLUJO SOBRE EL CONTRADIQUE	
$V \text{ critica}(\text{m}/\text{seg})=$	1.56	$z_2-fc(\text{m})=$	0.79
AMPLITUD VELOCIDAD CAUDAL		ALTURA CONTRADIQUE	
$q(\text{m}^3/\text{seg}/\text{m})=$	1.00	$fc-f_3(\text{m})=$	0.50
		$Z_{c3}-fb(\text{m})=$	1.46
$Z_o-fg(\text{m})=$	0.68		
		$fc_3-fb(\text{m})=$	0.96

fa-fg(m)=	1.00	zv-fb=	0.60
-----------	------	--------	------

Zo-Z2=	2.39
h1=	0.60
h2=	3.00
h3=	2.00
h4=	0.60
h5=	2.00
sw1	6700.00
sw2	3100.00

VERIFICACIÓN SIFONAMIENTO

L>cΔH=	L>cΔH=6x3.6=21.6m
--------	-------------------

PROFUNDIDAD DEL CUENCO DE DISIPACIÓN Y DE LA FUNDACIÓN

Schoklitsch	
Z3-fb(m)=	1.39
f3-fb(m)=	
	1.15

PESO ESPECIFICO DEL TERRENO SUMERGIDO		
γtw=	960.00	
VERIFICACIÓN DE ESTABILIDAD	PESO ESPECIFICO SUELO SEDIMENTARIO SATURADO	
PESO ESPECIFICO GAVIÓN SATURADO	γt1= 1960.00	
γg1= 2120.00		

ANÁLISIS DE CARGAS

Hwm(kg)=	15500.00	Hwv(kg)=	2632.57
aplicada a 2.23 sobre el plano EF		aplicada a 1.03 sobre el plano EF	

Sw=	29400.00	Pg1=	14400.00	
		peso gaviones secos		
Htm=	3240.00	Htv=	518.40	
aplicada a 1.66 sobre el plano EF		aplicada a 0.66 sobre el plano EF		
Pg2=	33920.00			

Peso del agua sobre el vertedero		Peso del agua sobre los escalones	
Pw1=	4520.00	Pw2=	2260.00
aplicado a 2m de F		aplicado a 5m de F	
Peso del terreno sobre los escalones			
Pt=	11760.00		
aplicado a 5.17m de f			
$\Sigma V=$	37460.00		
COORDENADAS BARICENTRO			
Xg2=	2.69	Yg2=	1.44
Xg1=	2.00		
VERIFICACIÓN DEL VUELCO			
Sr=Ms/Mr=	1.46	>	1.30
VERIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTO			
Ss=	1.77	>	1.30
VERIFICACIÓN DE COMPRESIÓN			
e=	1.27		
$\sigma_{max}=$	1.68		

CAPITULO 3: DIFERENTES ESTRUCTURAS DE GAVIONES

3.1 MUROS DE CONTENCIÓN DE GAVIONES

Los muros en gaviones son estructuras de gravedad y su diseño sigue la práctica estándar de la Ingeniería Civil. Debe tenerse en cuenta de manera muy especial el amarre entre unidades de gaviones para evitar el movimiento de unidades aisladas y poder garantizar un muro monolítico.

Por su flexibilidad el muro de gaviones puede deformar fácilmente al ser sometido a presiones, diferenciándose un poco su comportamiento de los muros convencionales. El muro puede flectarse sin necesidad de que ocurra su volcamiento o deslizamiento y es común encontrar deflexiones hasta del 5% de la altura.

La posibilidad de empleo de diversas mallas permite escoger un rango de rigidez o flexibilidad en el muro así; Si se desea un muro rígido debe emplearse malla electrosoldada, rellenar al gavión con cantos grandes y colocar una buena cantidad de tirantes de rigidez.

Para muros de tipo flexible se cambian las especificaciones en la forma que se indico en el capitulo anterior.

3.1.1 TIPOS DE MURO

Los muros en gaviones funcionan como muros de gravedad. Para efectos de diseño de los muros se tendrán en cuenta tres tipos de muro:

3.1.1.1 MURO INTEGRAL EN GAVIONES

En este caso la única fuerza de gravedad resistente es la del volumen de los gaviones.

3.1.1.2 MURO INCLINADO

Adicionalmente a la fuerza de gravedad del gavión aparecen dos fuerzas adicionales además de la fuerza pasiva del suelo.

3.1.1.3 MURO DE MÁXIMA ECONOMÍA

Los gaviones actúan como elemento de confinamiento y la fuerza de contención es realizada por el peso confinado de los gaviones y el suelo confinado.

Para todos los casos enumerados anteriormente se sigue el sistema tradicional de diseño de acuerdo a la presión de tierras.

3.1.1.4 EL EMPLEO DE MANUALES

En los manuales comerciales de gaviones se recomienda secciones típicas de muros los cuales son útiles para muros poco altos, menos de cinco metros de altura, sin embargo se ha encontrado en varios casos la ocurrencia de SOBRES DISEÑOS, los cuales repercuten en porcentaje muy importante sobre el costo de la obra. Por otro lado investigaciones realizadas, refieren a que a partir de los cinco metros de altura las secciones transversales dadas en varios manuales pueden ser riesgosas y en ocasiones ha sido necesario incrementar el ancho de la base para lograr márgenes de seguridad aceptables.

También es dudoso en algunos casos eliminar varios gaviones del interior del muro, pues se está disminuyendo la solides, trabazón, peso y otros factores necesarios para que el muro resista exitosamente los empujes de tierra. Por lo tanto no es recomendable el empleo de secciones estándar que no tienen en cuenta las condiciones locales del suelo.

3.1.2 FRICCIÓN SUELO – MURO

Investigadores afirman que debido a que la superficie de un gavión es bastante rugosa y el suelo de la fundación penetra en los intersticios de las piedras se puede asumir un coeficiente de fricción F entre la base de un muro de gaviones y un suelo no cohesivo igual a la tangente del Angulo de fricción interna del suelo.

Sin embargo las experiencias obtenidas revelan que en suelos duros no existe esa penetración del suelo y es prudente emplear un coeficiente de fricción aproximadamente igual a la $\tan \frac{3}{4} \phi$ donde ϕ es el valor del ángulo de fricción interna del suelo.

Para suelos cohesivos se pueden emplear cohesiones cercanas a $\frac{3}{4} C_u$.

En el caso de la colocación de un relleno granular como base del gavión debe asumirse el valor correspondiente a este material base.

3.1.3 CALCULO DE PRESIONES DE TIERRA

Las presiones de tierra se recomienda calcularlas empleando la teoría de Coulomb (1776) para paredes de gran rugosidad.

Para un suelo de propiedades:

ϕ = Angulo de fricción interna

C = Cohesión

μ = Peso unitario

δ = Fricción suelo-muro

H = altura del muro

B = Pendiente arriba del muro

$$Pa = \frac{\mu H^2}{2} * Ka$$

Donde:

$$Ka = \frac{\sin^2(\alpha + \phi)}{\cos \delta \left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + B)}{\cos \delta \sin(\delta + B)}} \right]}$$

Para el diseño de muros en gaviones se supone:

- Pa es horizontal

- α es siempre 90^0
- Se desprecia la resistencia o disminución de presión debido a la cohesión.
- No existen las presiones de agua
- Fricción suelo – muro = $\frac{3}{4}\phi$ del suelo
- No se tiene en cuenta la presión pasiva por la dificultad de transmisión de esta por el gavión.

Estas suposiciones se tienen en cuenta por la razón ser el gavión una obra de comportamiento flexible diferente al comportamiento de un muro convencional.

3.2 CONTRAFUERTE Y ANCLAJES

Para muros altos, más de seis metros, puede acudirse a la construcción de contrafuertes en varios niveles. Estos contrafuertes podrían suponerse que trabajan a fricción como anclajes, teniendo como base una resistencia máxima igual a la resistencia a la tensión o malla y/o de las uniones entre unidades. Debe tenerse en cuenta que se requiere chequear la estabilidad del talud respectivo contra deslizamiento.

3.3 LAS MALLAS A TENSIÓN

En un muro de gaviones los alambres pueden diseñarse a tensión en forma similar a una estructura de hormigón o de tierra armada.

En muros de gran altura, cuando se deseen acciones más esbeltas, podría hacerse un análisis a flexión en las direcciones tanto horizontales como verticales, aunque la prudencia aconseja tomar factores de seguridad altos teniendo en cuenta las debilidades de ciertas uniones y mallas.

Debe tenerse en cuenta que al no ser el muro rígido se puede esperar deflexiones grandes que aunque no representan una falla del muro, si dan mal aspecto a la obra.

3.3.1 CIMIENTOS DEL MURO

La profundidad de cimentación de un muro en gaviones debe ser tal que las erosiones posibles en el pie del muro no permitan que se descubra el piso de la fundación. Es costumbre emplear una profundidad de 50 cm pero en algunos casos es recomendable aumentarla a un metro de profundidad o más, dependiendo de la garantía que ofrezca el piso de cimentación en lo referente a erosión por acción del agua u otro agente mecánico.

En lo referente a la capacidad de soporte y asentamiento la flexibilidad de los elementos en gaviones permite emplear valores más altos que los empleados en estructuras de concreto y similares a los empleados para soporte de terraplenes. Se recomienda en estos casos realizar un estudio de suelos para determinar parámetros de resistencia y compresibilidad y calcular las capacidades del suelo y los asentamientos empleando las teorías tradicionales de la mecánica de suelos.

3.4 FILTROS POR GAVIONES

En la parte posterior de muros y bases de cimentación, y cuando exista la posibilidad de presencia de corrientes de agua en cualquier cara de un gavión debe proveerse de un elemento protector, tipo filtro, que impida la erosión de los suelos en contacto con el gavión.

En varios países se han empleado con éxito las telas filtrantes de polipropileno para estos objetivos con muy buenos resultados. Otra alternativa consiste en una capa sencilla o doble según las condiciones del caso, de material de grava y/o arena gruesa.

3.5 PROTECCIÓN DE RIVERAS

Los gaviones se han empleado con mucha frecuencia para la protección de las orillas de los ríos. Su facilidad de acomodo los convierte en la estructura ideal en estos casos.

Sin embargo, algunos investigadores de socavaciones de cauces han observado que con valores muy altos se pueden destruir los gaviones. Entonces se hace necesario

hacer un diseño tal que cumpliendo a cabalidad su función protectora permita garantizar su estabilidad.

Dentro de los elementos en gaviones para la protección de orillas se presentaran los siguientes:

1. Muro de rivera
2. Recubrimiento de taludes
3. Espigones

3.5.1 MUROS EN RIVERA DE RÍOS

En muro de rivera está conformado por un voladizo aparente de cimentación el cual debe proyectarse hacia el rio a fin de evitar la socavación del muro propiamente dicho el cual se apoya sobre este manto de protección.

El muro está compuesto por unidades de un metro de altura, amarrados a la cimentación. El revestimiento de la rivera debe ser lo suficientemente resistente para soportar el ataque del agua. Debe estar lo suficientemente bien cimentado para impedir la socavación y lo suficientemente flexible para conformar los cambios posibles en el cauce.

3.5.2 VOLADIZO APARENTE

Para evitar la socavación debajo del cuerpo de la estructura algunos Ingenieros emplean voladizo aparente que consiste en una ampliación lateral de la base de la fundación hasta de 2 veces la profundidad de las socavaciones calculadas. Este voladizo debe hacerse con cantos pequeños y de poco espesor (30 cm a 50 cm) para asegurar una flexibilidad alta que permita el acomodamiento del voladizo al cauce socavado. Este voladizo quedara enterrado al producirse el proceso de re sedimentación del cauce al final de la avenida.

El relleno del voladizo aparente debe contener cantos de 8 a 12 cm de diámetro para facilitar su deflexión sin ruptura. Si ocurre socavación el gavión se adherirá a la

superficie del terreno hasta que cesa la erosión. No se requiere excavación para la instalación del voladizo aparente. En ningún caso debe emplearse espesores de gavión inferiores a 10 cm.

3.5.3 ESPIGONES CARACTERÍSTICAS GENERALES

El objetivo de un espigón es desviar la corriente del río alejándolas de la orilla, impidiendo la erosión de la rivera y facilitando la sedimentación de materiales.

Un espigón consta de cuatro elementos así:

- El murro o punta del espigón, el cual constituye el punto crítico para su socavación por la concentración de corriente y la velocidad del agua en este punto.
- La socavación de la cimentación del morro depende de la sección del río, con y sin espigones, y de la inclinación de los taludes.
- La Cresta puede ascender hacia la orilla o ser horizontal además puede ser sumergida o levantada con respecto al nivel de agua de diseño. Si la cresta es desbordable debe proveerse de un sistema de protección contra la socavación en el lado aguas abajo.
- Anclaje, depende de la situación real del sitio ante la posibilidad de que el agua pase por detrás del espigón.
- Cimiento, es el factor que determina la durabilidad del espigón, el cimiento a su vez está constituido por la fundación propiamente dicha y de un voladizo aparente como protección contra la socavación.

Los espigones en gaviones son permeables y permiten el paso de ciertos caudales. La cimentación se construye generalmente en plataformas de 50 cm y se hace necesario hacer un estudio de socavación. El anclaje alcanza dos veces el ancho del espolón como base de trabajo. El escalonado natural se construye con pendientes 1:1 o

1:2 la corona se deja por lo general 2 m. La altura del morro o cabeza debe estar al menos 30 cm por encima del nivel de aguas máximas.

Los espigones se emplean para protección de las riveras de los ríos en el caso de golpeo de las corrientes del río contra los taludes de las riberas. Los espigones se colocan generalmente a intervalos de 4 a 6 veces la longitud de las secciones individuales. Se recomienda un mínimo de tres espigones para resultados efectivos. Un espigón a 90° protege en forma similar a los lados aguas abajo y arriba del espigón pero inclinado hacia aguas abajo protege más el banco aguas abajo. Lo mismo ocurre hacia aguas arriba, para evitar barrida de los espigones deben profundizarse los espigones tanto como sea posible dentro del fondo del río.

Un espigón de alta flexibilidad va adaptándose al terreno a medida que se produce la socavación. La obra cede en la parte erosionada, se flexiona y adopta la nueva forma del terreno. Puede ocurrir sin embargo, que la flexibilidad del espigón no sea lo suficientemente alta y tienda a romperse por flexión para ser arrastrado por el río, o que la fuerza de la creciente sea tal que arrastre totalmente el espigón. Ha ocurrido un número muy alto de fallas de n del cauce con el espigón. Este tipo que justifican un replanteo total de los sistemas de análisis, diseño y construcción empleados. Para evitar la destrucción y/o arrastre de los espigones deben tenerse en cuenta las siguientes características:

- Conocimiento del régimen hidráulico del río.
- Cálculos de socavación del cauce del espigón.
- Diseño hidráulico del espigo.
- Diseño de una cimentación con la profundidad adecuada.
- Diseño estructural, resistencia y flexibilidad del espigón.

El espigón no debe causar un cambio brusco en la dirección de la corriente sino

por el contrario producir un cambio suave. Los espigones son efectivos solamente si el espaciamiento entre ellos no es muy grande. En algunos manuales de Gaviones se recomienda espaciamientos que no excedan 1.5 veces el ancho normal entre los morros y no excedan 1.5 veces la longitud del espigón, esta distancia aumenta gradualmente hacia la curvatura hasta 30 5 veces la longitud. Si se colocan ha ambos lados del rio deben colocarse con sus cabezas una frente a la otra para evitar el sig – sag de la corriente lo cual reduciría el efecto de los espigones.

CAPITULO 4: ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL

4.1. INTRODUCCIÓN

Las obras de infraestructura civil contribuyen al desarrollo de las poblaciones y ciudades en mayor o menor grado, a través de la implementación de estructuras que tienden a asegurar el bienestar ciudadano, sin embargo, estas alteran y deterioran en diferente forma e intensidad al medio ambiente, en todos los sectores, ya que perturban el aire, agua y suelo, siempre relacionados al ser humano como constituyente racional del ecosistema.

4.1.1 ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL OCASIONADO POR LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE GAVIONES

En los ríos de montaña las obras recomendadas para evitar la sistematización del control de cauces por los ríos de montaña son pequeños muros de gaviones, es por eso que el siguiente estudio está enfocado en el impacto ambiental que se generaría, sea este positivo o negativo en la fase de construcción y fase de operación de estas obras civiles.

4.1.2 ANTECEDENTES

Según información recopilada los ríos de montaña, en especial las personas que habitan en las zonas de los ríos de montaña para evitar la erosión de los cauces, este fenómeno se produce día a día, mes a mes, año a año, siendo cada vez más peligroso y por ende trayendo mayores consecuencias negativas para estas poblaciones con muchas pérdidas, sean estas materiales y en indiscutible forma la salud humana.

4.1.2.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Identificar, evaluar y valorar los impactos ambientales que pueden ocasionarse debido a la construcción de obras de prevención y mitigación como es el caso de los muros de gaviones para la correcta sistematización del control de cauces. Identificar medidas para prevenir, atenuar o eliminar aquellos impactos negativos a realizarse y en todo en cuanto tiene que ver al ecosistema en el que se desenvuelve la zona.

4.1.2.2 METODOLOGÍA

4.1.2.2.1 DETERMINACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Se considera como área de influencia directa las zonas no aprovechadas por las sistematización del control de cauces, o aquellos sitios donde se efectuaran acciones necesarias para el mejoramiento, rectificación y construcción (campamentos, canteras, zonas de préstamo y deposito, áreas sujetas a reforestación, educación ambiental, etc.), es decir, a los ríos de montaña.

Para determinar el área de influencia referente a los aspectos físicos se debe considerar la presencia de ríos, quebradas, estribaciones de cordilleras y accidentes naturales y por la distribución, observación de bosques secundarios, primarios, áreas dedicadas a tareas agrícolas, y áreas erosionables.

En los aspectos socioeconómicos se determina la distribución de la población, servicios de infraestructura el uso del suelo (pasto, sombríos, ganadería) localizados en todas las zonas.

4.1.2.3 DIAGNOSTICO

4.1.2.3.1 INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta los resultados de la investigación de la línea de base (diagnóstico ambiental) de la zona del proyecto, la identificación de los principales impactos positivos y negativos y la evaluación ambiental de los principales impactos negativos potenciales. La evaluación ambiental forma parte del análisis de factibilidad del proyecto. Este análisis determinará la interrelación PROYECTO: MEDIO AMBIENTE, tomando en cuenta la capacidad de afectación del proyecto hacia los elementos ambientales, y a su vez, el potencial de respuesta del medio hacia el proyecto.

Se pretende que la evaluación ambiental logre que la ejecución del proyecto cause el menor impacto negativo y el menor deterioro sobre cada uno de los elementos ambientales involucrados. Al evaluar ambientalmente el proyecto, se considerará también los efectos positivos que pueda aportar el proyecto al medio. El balance de los

efectos negativos irreversibles, de los efectos negativos con probabilidades de ser mitigados y corregidos al frente de los efectos positivos dará la pauta sobre la idoneidad del proyecto.

4.2 CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS EN LA CERCA DE LOS RÍOS DE MONTAÑA.

4.2.1 CLIMA E HIDROLOGÍA

Por su perfil orográfico, tiene un relieve que desciende desde los 2800 metros, hasta los 250 metros, definiendo tres ecosistemas. Uno templado entre 1600 y 2000 metros con precipitaciones que fluctúan entre 500 y 1000 mm. Anuales; otro tropical seco entre 600 y 1600 metros de relieve abrupto con precipitaciones entre 400 y 800 mm. Anuales; y otro ecosistema cálido de relieve colinado y de pequeñas hoyas entre 250 y 600 metros, con precipitaciones de alrededor de 500 mm. Anuales aproximadamente. La velocidad promedio del viento es 12 Km./h con dirección oeste – este, registra una presión atmosférica de 958 milibares y una humedad del suelo del 60% en promedio.

4.2.1.1 ASPECTOS ECOLÓGICOS

Cerca de los ríos de montaña de acuerdo a los geosistemas andinos pertenece al denominado “bosque tropical seco” a pesar de situarse en la cordillera andina y las estribaciones costeras.

4.2.1.2 USO ACTUAL DEL SUELO

Las zonas que van a hacer intervenidas, un gran porcentaje del suelo de la cerca de los ríos de montaña es utilizado en las cosechas, especialmente en las partes cercanas a la ciudad, en la parte este, el terreno es utilizado muchas veces para la formación de industrias cerca a las ciudades.

4.2.1.3 ÁREAS GEOGRÁFICAS

La mayoría de la población de la cerca de los ríos de montaña es alfabeta, y un gran porcentaje están distribuidos en las instrucciones primaria y secundaria, algo que realmente es preocupante es que existe un mínimo número de personas que continúan sus estudios luego de la instrucción secundaria.

Muchas personas se dedican a generar sus ingresos por cuenta propia, esto lo hacen por medio de explotación de la tierra con la agricultura, debido a la falta de recursos económicos en muchos de los casos los jóvenes se ven obligados a dedicarse trabajar sea en la agricultura o en otra actividad una vez que terminan sus estudios secundarios.

4.3 DETERMINACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

4.3.1 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

En esta segunda fase de investigación se ha definido los siguientes objetivos:

- Identificar los impactos positivos y negativos, Físicos, Biológicos y Socioeconómicos que producirán las obras del proyecto.

- Realizar el análisis ambiental que permita calificar y evaluar los impactos sociales y ambientales negativos que se generarán por el proyecto.

4.3.2 EVALUACIÓN DE PELIGROS CLIMÁTICOS

Los peligros de orden climático son bajos y de poca incidencia en las poblaciones, y se evidencian generalmente durante el período seco a través de los incendios forestales. Tales incendios parecen ser, en su mayoría, de índole antrópica, ya sea por descuido o provocados por personas que transitan el lugar.

La sequía, en sí mismo, no conlleva molestias a la población, debido a que el abastecimiento de agua para consumo humano proviene de pozos profundos, perforados

con tecnología y ayuda extranjera. El agua para riego lo obtienen de los ríos de montaña, tienen agua durante todo el año, como es normal durante el período seco los caudales suelen disminuir.

Los fuertes vientos durante el mes de agosto causan interrupciones en el sistema eléctrico interconectado, produciéndose apagones en la ciudad a causa de corto circuitos en las líneas de alta tensión, debido al movimiento y contacto de los cables eléctricos entre sí, por la fuerza del viento.

Las sistematización del control de cauces fluviales ocurren preferentemente entre los meses de Enero a Abril y están circunscritas a los valles de los ríos, causando algunos perjuicios y molestias, que no son la pérdida de algunos cultivos. En estas épocas predomina la neblina y las lloviznas son frecuentes.

Las lluvias son intensas y se presentan acompañadas de tormentas eléctricas, especialmente en la zona montañosa alta, en donde se afectan antenas y repetidoras de comunicaciones, quedando los habitantes incomunicados temporalmente mientras se efectúan las reparaciones. El agua de escorrentía superficial laminar ocasiona el arrastre de sedimentos y partículas de suelo desde los sectores colinados hacia los valles de los ríos.

En la zona colinada, la escorrentía concentrada en las depresiones intercolinares, acentúa la disección del terreno formando surcos y cárcavas (que se agrandan por acción de la erosión retrocedente), a través de las cuales son arrastrados también los desechos sólidos domésticos (basura) que, mezclados con el agua, son fuente de contaminación ambiental (agua y suelo) en los valles aledaños más bajos.

4.3.3 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para el procedimiento sistemático y simplificado de la Evaluación de los Impactos Ambientales (EIA) de mayor significancia, se ha desarrollado la " Matriz Multidimensional", la misma que fue elaborada tomando como referencia las matrices desarrolladas por (Phillip y Defillini, 1976), (Leopold ,1970) y otras formas de estudio ambiental.

La Calificación de los impactos se realizó a través de parámetros Cualitativos y Cuantitativos, que permiten luego calcular la Magnitud e Importancia de cada uno de ellos, tanto a nivel del elemento afectado, como de la actividad que genera la afectación. Esos parámetros o variables son de dos tipos: Cualitativos y Cuantitativos.

4.3.3.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

4.3.3.1.1 IDENTIFICACIÓN A PRIORI DE IMPACTOS AMBIENTALES

Para la identificación de impactos ambientales, se definieron los factores, componentes y elementos del ambiente susceptibles de impacto con el proyecto y las principales actividades previstas para la construcción y que resultan en las acciones causantes de los impactos. Este tipo de análisis se realizó tanto a nivel de los factores ambientales así como de los socioeconómicos, calificando a los impactos en benéficos (positivos) y perjudiciales (negativos).

4.3.4 ACTIVIDADES PREVISTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE GAVIONES PARA LA PREVENCIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL CONTROL DE CAUCES EN LOS RÍOS DE MONTAÑA

Se presenta las principales actividades previstas para la fase de construcción y operación, respectivamente, en base a los lineamientos técnicos de construcción de terraplenes y muros de gaviones descritos anteriormente, cabe recalcar que estas actividades son similares para la construcción de estas dos obras de prevención.

4.3.4.1 RUBRO ACTIVIDAD DESCRIPCIÓN

Desbroce, desbosque y limpieza Eliminación de árboles, arbustos, cercas vivas matorrales y cualquier otra vegetación; tocones y hojarasca. Transporte de materiales, préstamo importado, materiales excavados. Disposición de escombros Ubicación, tratamiento y mantenimiento de las escombreras o botaderos, que reciben residuos de corte, pétreos y otros.

4.3.4.1 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Excavación y relleno Excavación, transporte, desecho, colocación, manipuleo, humedecimiento y compactación de material en zonas de corte o relleno, estructuras de drenaje. Material de préstamo Movimiento de volúmenes de tierra con tráfico intenso de maquinaria pesada, generación de polvo, inicio de procesos erosivos.

Instalación de equipos y operación de Maquinaria Sitios para residencia de personal, bodegas, talleres y reposo de maquinaria y equipo. Presencia numerosa y movimiento de personal Técnicos y obreros para la construcción de la obra.

4.3.4.2 INSTALACIÓN DE CAMPAMENTOS

Producción de residuos Sólidos y líquidos las actividades diarias producen basura y efluentes líquidos. Contratación de mano de obra local, porcentaje de técnicos y obreros locales que incluye el contratista, utilización de mano de obra, productos y servicios locales. Compra de productos y Servicios locales Adquisiciones que realiza el contratista.

4.3.4.2.1 RUBRO ACTIVIDAD DESCRIPCIÓN

Limpieza de escombros, retiro y disposición de materiales, producto de la erosión y derrumbe de taludes de corte y relleno. Limpieza de sistemas de drenaje Retiro y disposición de materiales que obstruyen los alrededores de la base del terraplén.

4.3.4.2.2 MANTENIMIENTO

Mantenimiento de la corona del terraplén y del muro Reparación y protección de la capa superior del terraplén y del muro.

4.3.4.2.3 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS NEGATIVOS

La identificación a priori de impactos negativos del proyecto, se realizo relacionando las actividades previstas en los estudios de ingeniería para ejecutar las

obras y los elementos del ambiente susceptibles de ser afectados negativamente por esas actividades.

4.3.5.1 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS SENSIBLES DE IMPACTO NEGATIVO

4.3.5.1.1 FACTOR: ATMOSFÉRICO

Componente: Aire,

Elementos: Polvo, Ruido, Gases y Humo.

- Nivel de polvo.- Actualmente el polvo que se produce en las zonas del proyecto se produce por los fuertes vientos que sobre todo llegan en época de verano, con el proyecto se prevé que este impacto de producción de polvo se incrementará en la fase de construcción de las obras.
- Nivel de ruido.- Este problema está presente prácticamente en toda la actividad, ya que la vida de las personas que habitan en los lugares es muy activa, este problema tenderá a incrementarse en las fases de construcción, la presencia de maquinas y otros equipos de construcción aumentará los niveles de ruido, con efectos en los habitantes del lugar y también a especies de animales silvestres.
- Niveles de gases y humo.- Con la construcción de las obras de prevención y mitigación para sistematización del control de cauces se prevé daños por la emisión de gases y humo provenientes de la maquinaria empleada.

4.3.4.2.4 FACTOR: GEOMORFOLÓGICO

Componente: Suelos

Elementos: Erosión.

- Erosión del suelo.- Se prevé este fenómeno en sitios donde hay desbroce, desbosque y limpieza de la vegetación, sitios de préstamo de materiales y escurrimiento de agua.

4.3.4.2.5 FACTOR: ESTÉTICO

Componente: Paisaje y ornato

Elementos: Alteración del paisaje natural y el construido

- Paisaje Natural.- Con la construcción de las obras de prevención y mitigación se afectara el paisaje natural, ya que los gaviones son estructuras elevadas que llegan hasta 1.50 m. de altitud, por tal motivo se afectada la libre visibilidad mientras dura la construcción.

4.3.4.2.6 FACTOR: SOCIOECONÓMICO

Componente: Humano

Elementos: Salud y seguridad

- Salud y seguridad.- Durante la construcción de las diferentes obras (excavaciones, circulación de maquinaria, etc.), también aumentará el riesgo para la salud y seguridad de las personas involucradas directamente en las obras y para la población de transeúntes y residentes locales.

4.3.4.2.7 ACTIVIDADES FASE DE CONSTRUCCIÓN ACTIVIDADES FASE DE OPERACIÓN

- Desbroce, desbosque y limpieza
- Limpieza de escombros
- Transporte
- Limpieza de sistemas de drenaje
- Disposición de escombros
- Mantenimiento de la corona del terraplén
- Excavación y relleno
- Material de préstamo
- Instalación de equipos y operación de maquinaria
- Presencia y movimiento de personal

4.3.4.2.8 IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS POSITIVOS

La construcción de estas obras lograra una mayor seguridad a los sectores expuestos a sufrir sistematización del control de erosión de los cauces de ríos de montaña lo que esto generara efectos positivos que beneficiará a los pobladores residentes de estas zonas.

4.3.4.3 ACTIVIDADES FASE DE CONSTRUCCIÓN ACTIVIDADES FASE DE OPERACIÓN

Contratación de mano de obra local. Limpieza de escombros

Compra de productos y servicios locales. Limpieza de sistemas de drenaje

Mantenimiento de la corona del dique de gavión.

4.3.4.4 DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS SENSIBLES DE IMPACTO POSITIVO

4.3.4.4.1 FACTOR: SOCIOECONÓMICO

Componente: Humano

Elementos: Empleo, Turismo, vida útil y seguridad de las obras.

- Empleo.- Durante la ejecución de las obras, se producirá una demanda de mano de obra local. Esto repercutirá positivamente en las plazas de trabajo disponibles actualmente.
- Turismo.- Tradicionalmente estas zonas son destinos turísticos del país y del exterior. Con la seguridad que brinden estas obras al realizar la sistematización del control de cauces, serán garantías y respaldo para la mayor afluencia de visitantes a esta región, lo cual repercutirá positivamente, tanto a nivel local como regional.
- Vida útil y seguridad de las obras.- Por el hecho de disponer de una seguridad de alta calidad, esto repercutirá en posibles incrementos en la afluencia de visitantes, pero por otra parte también, existirá una menor

vulnerabilidad para que estas zonas no sean aprovechadas por el desbordamiento de las aguas de los río de montaña que perjudicarían a los habitantes de las mismas.

4.4 RESUMEN GENERAL DE LA IDENTIFICACIÓN A PRIORI DE IMPACTOS

Para el proyecto de construcción de obras de prevención y mitigación para sistematización del control de cauces del rio de montaña en la cerca de ellos, se identificaron impactos negativos, en la fase de construcción y en la fase de operación.

De igual manera, impactos fueron identificados como positivos, en la fase de construcción y en la fase de operación.

4.4.1 IMPACTOS NEGATIVOS

4.4.1.1 FACTORES, COMPONENTES Y ELEMENTOS AMBIENTALES CONSTRUCCIÓN OPERACIÓN.

Atmosféricos (Aire: polvo, ruido, gases y humo).

Geomorfológico (Suelos: erosión).

Socioeconómico (Humano: Salud y seguridad).

Estético (Paisaje Alteración/modificación).

4.4.1.2 IMPACTOS POSITIVOS.

Socioeconómico (Aumento del Turismo).

Socioeconómico (Aumento de vida útil y seguridad de las obras).

Socioeconómico (Aumento de opciones de Empleo).

4.4.1.3 ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.

Los resultados de la calificación y evaluación de los impactos negativos de mayor significancia se presentan en la identificación de impactos negativos. El análisis cuantitativo realizado en este análisis permite caracterizar y jerarquizar en términos de Magnitud e Importancia a los principales impactos negativos identificados. Estos son los siguientes:

4.4.1.4 IMPACTOS EN EL SUELO

Puesto que la construcción de los diques de gaviones, comprenderá, principalmente el movimiento de tierras y eventualmente también, el retiro de la cubierta vegetal local; trabajos que indican que el elemento ambiental suelo, estará expuesto ha factores de desestabilización y erosión local, así como a fenómenos de compactación.

4.4.1.5 EROSIÓN

Se prevé este impacto en sitios obligados de campamentos, operación de maquinaria y sitios de acopio de materiales, que en todo caso se estima que será bajo en Magnitud (46%) y bajo en Importancia (43%), en la etapa de construcción, mientras que en la etapa de operación la Magnitud es baja (33%) y también la Importancia (48%), al cesar las causas que lo producen.

4.4.1.6 IMPACTOS EN EL AIRE

Se estima que el elemento ambiental aire, estará afectado por la generación de polvo, ruido, gases y humo, productos derivados principalmente del movimiento de tierras, explotación, transporte y colocación de materiales; así como por la operación de maquinaria y equipo utilizado en la construcción. Los siguientes elementos se analizan:

4.4.1.6.1 AUMENTO DEL NIVEL DE POLVO

En la etapa de construcción, este impacto será de Magnitud Media (68%) y también de Importancia Media (68%), debido al movimiento de tierras que se efectuará

para la construcción del terraplén.

En la etapa de operación la incidencia de este impacto será bajo en Magnitud (44%) y también en Importancia (48%), como se ilustra en el.

4.4.1.6.2 AUMENTO DEL RUIDO

Este impacto, en la etapa de construcción aumentará, pero será bajo en Magnitud (54%) pero Media en Importancia (56%); mientras que en la etapa de operación, bajara en Magnitud (52%) y en Importancia subirá (63%), que son considerados impactos bajo y medio respectivamente.

4.4.1.6.3 AUMENTO DE GASES Y HUMO

Se prevé que este impacto aumentará, pero será bajo en Magnitud (48%) y en Importancia (52%). En la etapa de operación, los niveles son Bajo en Magnitud (48%), y en Importancia (52%)

4.5 IMPACTOS EN EL COMPONENTE HUMANO

En la etapa de construcción este impacto será bajo en Magnitud (44%) y en Importancia (46%), y en la etapa de operación será de nivel bajo en Magnitud (52%) y en Importancia será Medio (56%).

4.5.1 IMPACTOS EN EL PAISAJE NATURAL

La alteración del paisaje natural prevé impactos Bajo durante la etapa de construcción con una Magnitud de 54% y una Intensidad Media de 56%. Para la fase de Operación los impactos serán Bajos con una Magnitud de 48% y de una Intensidad Media de 56%.

4.5.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE PREVENCIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL CONTROL DE CAUCES DE LOS RÍOS DE MONTAÑA

El plan de Manejo Ambiental para la construcción de las obras de prevención para sistematización del control de cauces en la cerca de los ríos de montaña se lo realizara similarmente como en otras ciudades, ya que en este caso tenemos procedimientos tanto para la fase de construcción como para la fase de mantenimiento de las obras.

4.5.3 INTRODUCCIÓN Y ALCANCE DEL PLAN

Los estudios de línea de base (diagnóstico) y la evaluación de impactos ambientales y la evaluación de pasivos ambientales, ha permitido definir la gravedad (Importancia) y el alcance (Magnitud) de las principales afectaciones. Aún cuando la mayoría de impactos previstos no son graves, de acuerdo a los resultados de los análisis cualitativos y cuantitativos señalados anteriormente, se formula el presente plan de manejo ambiental para disminuir más el nivel de impacto esperado por la ejecución del proyecto y mantener la calidad ambiental y un equilibrio ecológico compatible con los estándares vigentes.

Por estar sustentado en previsiones, de acuerdo a la descripción obtenida de los pasivos ambientales, y no en hechos consumados, el plan de manejo contempla lineamientos y acciones específicas que de todas maneras deben ser replanteadas al momento de la ejecución de la obra, bajo la supervisión de la fiscalización.

4.5.3.1 OBJETIVOS

Evitar, en la medida de lo posible que se generen impactos ambientales negativos por las obras de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Atenuar o mitigar los impactos ambientales negativos que se produzcan de manera inevitable por las obras de construcción, operación y mantenimiento del proyecto.

Compensar los daños ambientales y socio-ambientales causados por la intervención en la construcción, operación, abandono y mantenimiento de la obra.

Para que estos objetivos planteados puedan ser alcanzados, se deben transformarlos en actividades y acciones concretas, las cuales, se define y propone en lo siguiente:

4.5.3.2 PROGRAMAS

4.5.3.2.1 PROGRAMA PREVENTIVO – CORRECTIVO

Este programa integra las actividades, obras y acciones tendientes a evitar, mitigar y corregir los impactos ambientales imputables directamente a las obras de construcción, operación y mantenimiento.

Se describen medidas de carácter preventivo para que el contratista y su personal eviten introducir modificaciones innecesarias en hábitat y paisajes, por efecto de la construcción de obras o de la operación y mantenimiento.

Las medidas correctivas o mitigantes se aplicarán en aquellas circunstancias en que los impactos negativos a producirse por las actividades de la construcción, son inevitables.

4.5.3.3 MEDIDAS DE CONTROL AMBIENTAL PROPUESTAS

4.5.3.3.1 PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA EROSIÓN DEL SUELO

Descripción.- Esta medida consiste en la realización de las siguientes obras:

Preparación del suelo de las superficies expuestas a la erosión, tales como taludes, áreas de escombreras, áreas desnudas luego de la explotación y producción de materiales y áreas de campamentos, talleres y bodegas luego del desmontaje; incorporación de suelo orgánico; y siembra o plantación en los sitios determinados en este estudio.

Área sembrada.- Esta medida consiste en la siembra, mediante semilla u otra forma propagativa de especies de plantas, generalmente herbáceas, en las áreas previstas en el presente estudio.

Procedimiento de trabajo.- preparación de terreno, previo a la siembra o plantaciones, el contratista deberá realizar los siguientes trabajos de preparación: restituir el drenaje al existente antes de la intervención, descompactar el suelo donde se instaurará la vegetación para permitir un buen enraizamiento, eliminación de elementos tóxicos (residuos de combustibles, grasas, pavimentos, etc.), proporcionar el suministro de nutrientes esenciales (fertilización) y integrar la morfología del terreno en el paisaje circundante.

Para la siembra y luego de la descompactación, el suelo debe presentar un lecho razonablemente firme pero desmenuzable de una profundidad mínima de 15 cm.

En terreno plano y 10 cm. en ladera. El área, además deberá estar libre de desechos, escombros y piedras mayores de 5 cm. de diámetro. Fertilización.- La fertilización es necesaria, principalmente porque se ha modificado la estructura del suelo, también porque los suelos utilizados en la restitución resultan pobres en nutrientes y además porque se requiere la vegetación crezca rápido y alcance la mayor cobertura en el menor tiempo posible.

Siembra.- Para ayudar a una rápida cobertura con especies herbáceas se sembrará pastos de las especies presentes en la zona. Las semillas serán esparcidas mediante el método de voleo.

Área Plantada.- Este trabajo consiste en la provisión y plantación de árboles y arbustos necesarios para reforestar o forestar áreas de bosques no aprovechadas por las obras del proyecto; también para reponer plantaciones forestales, agroforestales, cercas vivas, barreras rompevientos y especies arbóreas de frutales u ornamentales que han sido no aprovechadas por las obras del proyecto.

Procedimiento de trabajo.- Este trabajo lo realizará el Contratista, con la participación de un experto forestal.

El transporte, almacenamiento provisional o de aclimatación, protección y mantenimiento, correrá a cuenta del Contratista, hasta la plantación y entrega definitiva. Las plantas o plantones aptos para la plantación deben tener un tallo recto y sano, con una altura de 20 a 30 cm.

Señalamiento y hoyado.- Si el terreno es plano, la plantación puede realizarse en cuadros, a una distancia de 3 x 3 metros; si el terreno es en pendiente hay que utilizar el sistema "tres bolillo" es decir, en forma de triángulo de 3 x 3 metros.

Si la plantación es en parcelas de cultivos o las especies a plantar son de frutales u otra forma cultivable, es preferible plantar en hileras, a una distancia de más o menos 2 metros entre planta y planta; para cercas vivas y barreras rompevientos, esta distancia puede ser menor.

En general para cualquier especie, se abren hoyos de 40 cm. de profundidad y 40 cm. de cada lado. La tierra que sale se acopia para rellenar el hoyo. Si este suelo no es el apropiado (no es suelo orgánico fértil), mejor utilizar otro suelo de mejores condiciones, que provenga del horizonte A (capa superior), con humus u otros componentes de fertilidad.

En el fondo del hoyo se colocará una capa de suelo vegetal de aproximadamente 15 cm. de espesor, salvo que las características del suelo de fondo sean tales que el Fiscalizador considere únicamente desmenuzarlo para formar el lecho de la planta.

Plantación.- Debe hacerse en un día nublado y con mucha dedicación. Si las plantas provienen de vivero y están enfundadas, hay que retirar la funda plástica puesto que este material no se descompone y por lo tanto la planta no crecerá.

La planta hay que colocar en el hoyo preparado de forma vertical, no inclinada; luego rellenar con tierra, sin tapar el cuello del plantón; apretar con los puños la tierra para que el plantón quede fijo y asegurar el contacto de la raíz con el suelo. Las plantas que han muerto o resultan insatisfactorias deberán ser quitadas de la obra y sustituidas por otras de buena calidad, sanidad y tamaño, calificadas por el Fiscalizador.

Riego.- El Contratista protegerá y cuidará a su costo las áreas sembradas y plantadas; las mantendrá con la humedad requerida; arreglando por su cuenta las siembras y plantaciones que no presenten un crecimiento satisfactorio, hasta la recepción definitiva de la obra. El riego deberá hacerse mediante camiones cisterna u otro equipo aprobado que permita regar con manguera o rociadores. El agua debe distribuirse uniformemente y sin que cause erosión del suelo; será aplicada con la frecuencia y en la cantidad aprobada por el Fiscalizador.

Medición.- Los trabajos realizados se medirán de la siguiente forma:

Las áreas efectivamente sembradas, de acuerdo a las estipulaciones contractuales, se medirán en metros cuadrados de superficie.

Para el área plantada, la medición será por el número de árboles y arbustos, de los tamaños y variedades especificados, plantados y entregados de conformidad con el informe del Fiscalizador.

Únicamente serán aceptables las áreas de siembra y plantas vivas y saludables calificadas al momento de la inspección final. El suelo vegetal y abonos (orgánicos e inorgánicos) que se utilicen, se medirá en metros cúbicos.

Los fertilizantes químicos; calizas y semillas empleadas, de acuerdo a los requisitos contractuales se medirán en kilogramos. El agua empleada para regar las siembras y plantaciones, no se medirá para su pago.

Pago.- Las cantidades y unidades determinadas en el numeral anterior se pagarán a los precios contractuales para los rubros abajo designados por el MOP y que consten en el contrato.

Estos precios y pago constituirán la compensación total por los trabajos de prevención de la erosión incluyendo el suministro de materiales, la mano de obra, herramientas, equipo y operaciones conexas, necesarias para la ejecución de los trabajos descritos así como de su protección y mantenimiento hasta su recepción definitiva.

Ubicación de las obras.- Las siembras y plantaciones se realizarán en superficies de suelos desnudos, resultado de la construcción de los muros de gaviones y también en los sitios que quedarán sin vegetación una vez que se levante las instalaciones de campamentos, talleres y bodegas.

El área sembrada comprende principalmente los alrededores de los muros de gaviones, canteras de explotación de materiales y áreas de ocupación de campamentos, talleres y bodegas, ubicados en zona rural y una vez que se desmonte las instalaciones. Las áreas destinadas a las plantaciones forestales están ubicadas, en cambio, en la base de los muros de gaviones en las cuales se prevé el corte de los árboles y arbustos originales y también en áreas de campamentos, talleres, bodegas y áreas de explotación de canteras y escombreras.

Especies de árboles y arbustos para plantaciones.- Como el propósito de las plantaciones es el control de la erosión del suelo, también la restitución del hábitat de fauna silvestre y además, la reposición de plantaciones forestales, frutales y de otro uso, las especies seleccionadas deben ser las mismas presentes en el entorno inmediato.

Estas especies, además, tienen mayor capacidad de sobrevivir a condiciones adversas por su adaptabilidad previa a la zona.

Período de ejecución.- Los trabajos de siembra y plantaciones deberán hacerse al finalizar los trabajos de acabado de la obra básica en un tramo determinado o como ordene el Fiscalizador.

Las siembras y plantaciones deberán coincidir, preferentemente con el Calendario Forestal o Agrícola, principalmente para garantizar que tanto siembras como plantaciones se realicen en sincronización con períodos lluviosos.

4.5.3.3.2 MEDIDAS PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Descripción.- Estas medidas sirven para prevenir y proteger de la contaminación

a los cuerpos de aguas superficiales y subterráneas, debido a derramamientos accidentales de efluentes, desalojo de desechos, basuras, etc.

Procedimiento de trabajo.- Se prohíbe terminantemente la práctica de arrojar escombros, fango o lodos a los cuerpos de agua: ríos, quebradas, canales de riego y reservorios que atraviesa la zona. Todo bote de escombros debe realizarse en los sitios determinados en este plan para ese propósito. El contratista deberá considerar todas las medidas necesarias para garantizar que residuos de materiales, limos, arcillas, arenas, etc. no tengan como receptor final lechos de cursos de agua.

Para evitar que los derrames involuntarios o poco controlables de lubricantes, combustibles y otros químicos a cuerpos hídricos (y también al suelo), los patios de operación de maquinaria, talleres y otros sitios expuestos a este impacto deben ser pavimentados o asfaltados previamente y contar con la pendiente apropiada y zanjas perimetrales que recojan los vertidos y conduzcan, sin posibilidad de escape hacia trampas de recuperación de estos efluentes.

Estos vertidos y residuos, una vez recuperados, deben ser almacenados en tanques cerrados y seguros y trasladados a los lugares de reutilización (aceites quemados) o disposición final, debidamente autorizados por la autoridad competente.

Pozos sépticos y trampas de grasas.- La letrinas que se instalen en los campamentos que no tienen descarga en el sistema de alcantarillado deben contar con fosas sépticas para el tratamiento de las aguas antes de la descarga final.

Las trampas de grasa son receptores de residuos procedentes principalmente de lubricantes y combustibles que se derraman por la operación de maquinaria estacionaria y móvil en áreas delimitadas. Estos receptores, atrapan los residuos que son arrastrados por el agua y permiten una recuperación razonable cuando son bien diseñados.

Constructivamente las trampas de grasa son cámaras de confinamiento de grasas, aceites, lubricantes y todo derivado de hidrocarburos, que deben ser construidas en hormigón simple ($f_c=180 \text{ Kg./cm}^2$), que facilitan la separación del agua y los efluentes mencionados.

Como norma ambiental del proyecto, el Fiscalizador dispondrá que los residuos sólidos no sean arrojados bajo ningún motivo a cualquier cuerpo de agua, causes, cunetas, alcantarillas o cualquier elemento hídrico o su entorno. Los desechos sólidos deben ser recolectados en el sitio inmediatamente a su generación, dispuestos en recipientes apropiados, clasificados selectivamente en orgánicos y no orgánicos para transportarlos a los sitios autorizados de disposición o reciclaje final. No se permitirá la práctica de arrojar los desperdicios y periódicamente recogerlos.

En todo caso, se limitara al máximo la utilización de alimentos y otros productos de consumo humano contenidos en envases de plásticos y otros materiales no biodegradables y no retornables. El Fiscalizador impartirá las instrucciones correspondientes para evitar actividades de pesca, extracción o perturbación de cualquier forma de vida acuática y prohibir el uso de instrumentos penalizados de pesca, tales como dinamita, electricidad, barbasco u otros productos químicos o tóxicos.

Medición.- Para las letrinas y trampas de grasa se tomara en cuenta el número de unidades construidas. El resto de trabajos indicados en esta sección que deban realizarse, dada su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato.

Pago.- Las letrinas y trampas de grasa se pagarán a los precios unitarios establecidos en el contrato y de acuerdo a los rubros abajo designados Rubro de pago y designación.

Período de ejecución.- Trampas de grasas y letrinas con pozos sépticos deben ser instalados antes del inicio de los trabajos y previa la ubicación de personal y técnicos en los campamentos.

Las acciones y actividades indicadas para prevenir y remediar la contaminación de los cuerpos de agua, debe ser permanente desde el inicio de los trabajos hasta la recepción definitiva y bajo la vigilancia estricta y aprobación del Fiscalizador.

4.5.3.3 MEDIDAS PARA EL CONTROL DEL POLVO

Descripción.- Esta medida consiste en la aplicación, según las ordenes del Fiscalizador, de agua como paliativo para controlar el polvo que se producirá por la construcción de la obra o el tráfico público que transita por el proyecto.

Procedimiento de trabajo.- El agua será distribuida de modo uniforme por un carro cisterna, con velocidad máxima de 5 Km./h, equipado con sistema de rociador a presión. La tasa de aplicación será entre los 0.90 y los 3.5 Litros/m², conforme indique el Fiscalizador.

Para evitar la generación de polvo, se cubrirá con lona el material transportado por los volquetes.

Medición.- Las cantidades a pagarse por estos trabajos serán los miles de litros de agua de aplicación, verificada por el Fiscalizador.

Pago.- Se pagarán a los precios que consten en el contrato, de acuerdo a los rubros abajo designados.

Rubro de pago y designación Unidad de medición
Agua para el control de polvo Miles de litros.

Período de ejecución.- El Fiscalizador indicará la necesidad y la frecuencia de aplicación del agua.

4.5.3.3.4 MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN DEL AIRE

Descripción.- Esta medida establece pautas para prevenir y controlar los efectos ambientales negativos que se generan por efecto de las emisiones de gases contaminantes producido por la maquinaria, equipos a combustión y vehículos de transporte pesado, que son utilizados para la ejecución de la obra.

Procedimiento de trabajo.- El Contratista está obligado a controlar las emisiones

de humos y gases mediante un adecuado mantenimiento de sus equipos y maquinaria propulsada por motores de combustión interna. El Fiscalizador hará que se cumpla con esta medida.

No está permitido que durante la ejecución de las obras del proyecto, el Contratista queme a cielo abierto desperdicios, llantas, plásticos, vegetación u otros materiales. En casos de incumplimiento de esta medida, el Fiscalizador sancionara con multas, por atentar contra el ambiente.

Medición y pago.- Los trabajos que deban realizarse dentro de esta medida, por su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato

4.5.3.3.5 MEDIDAS PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE RUIDOS Y VIBRACIONES

Descripción.- El ruido es todo sonido indeseable percibido por el receptor y que al igual que las vibraciones puede generar repercusiones en la salud humana y también en la fauna silvestre y animales domésticos.

Procedimiento de trabajo.- Por orden del Fiscalizador, la maquinaria, equipos y vehículos de transporte que genere ruidos superiores a 75 dB, deben ser movilizados desde los sitios de obra a los talleres para reparados y sólo retornar una vez que cumplan con la norma.

Para el control y corrección del ruido y vibraciones, el Fiscalizador podrá disponer que el Contratista ejecute alguna de las siguientes acciones:

- Reducir la causa generadora, mediante la utilización de silenciadores de escape en todo vehículo, maquinaria y equipos.

- Aislamiento de la fuente emisora mediante la instalación de locales cerrados para los talleres de mantenimiento de maquinaria, generadores y otro equipo estacionario de funcionamiento prolongado.

- Control y/o eliminación de señales audibles innecesarias tales como bocinas y pitos.

Medición y pago.- Estos trabajos no serán medidos ni pagados, dado que es responsabilidad del Contratista el mantenimiento en perfecto estado de funcionamiento de sus equipos y maquinaria.

4.5.3.3.6 MEDIDAS DE INTEGRACIÓN PAISAJISTA

Descripción.- Las medidas propuestas en este programa tienen por objeto atenuar las alteraciones en el entorno paisajístico, tratando de mantener y en lo posible mejorar la interrelación existente con la actual carretera.

Procedimiento de trabajo.- El Contratista, con la aprobación del Fiscalizador desarrollará las siguientes medidas, buscando minimizar cualquier desarmonía con el paisaje local y las obras de rehabilitación vial:

- En la ejecución de las obras previstas para dar mejor estabilidad a los muros de gaviones, el Contratista reproducirá en pendientes y en la forma, los rasgos naturales del entorno existente.

- En los rellenos y cortes que tenga que hacerse, se respetará las formas naturales del terreno.

- Se mantendrá inalterado el sistema natural de drenaje, evitando desalojar escombros o desechos en los cursos naturales de agua.

- Se mantendrá limpieza constante en las áreas de producción de escombros y residuos de la construcción.

Medición y pago.- Estos trabajos que tenga que realizarse para cumplir con esta medida, dada su naturaleza, no se pagarán en forma directa, sino que se considerarán en los rubros del contrato.

4.5.3.3.7 EDUCACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN AMBIENTAL

Descripción.- Este programa conlleva la ejecución por parte del Contratista de una serie de actividades cuya finalidad es la de fortalecer el conocimiento y puesta en práctica de principios de convivencia en armonía con el entorno ambiental.

Estas actividades están dirigidas a dos grupos focales de la obra: una la población directamente involucrada en la obra y demás actores sociales que se localizan en el área de influencia, y otra, el personal técnico y obrero que ejecuta y está en contacto permanente con la obra y el entorno ambiental.

Procedimiento de trabajo.- El Fiscalizador exigirá al Contratista el cumplimiento de esta medida, quien planificará y pondrá a consideración del Fiscalizador los contenidos, cronograma y metodología de ejecución para su aprobación.

En esta programación, el Contratista tendrá en cuenta las recomendaciones dadas para el efecto, en el presente plan.

Entre las principales actividades a desarrollar, el Contratista incluirá:

Charlas de concientización

Estas charlas están dirigidas a los habitantes de las poblaciones aledañas, que directa o indirectamente están relacionados con el desarrollo de la obra.

Los temas a desarrollarse en estas charlas incluirán:

- El entorno socio - ambiental que rodea a la obra.
- Los principales impactos ambientales de la obra y el Plan de Manejo Ambiental diseñado para evitar, mitigar y compensar esos daños.
- Los beneficios socioeconómicos que traerá la ejecución de la obra con estudios y planes de manejo socio - ambientales.
- Cómo ser partícipes activos del cuidado y mantenimiento de las obras una vez

que ha terminado los trabajos.

Para el diseño final y ejecución de este programa, el Contratista contará con profesionales con suficiente experiencia en manejo ambiental, desarrollo comunitario y comunicación social. La duración de las charlas será de 60 minutos y se impartirá previa convocatoria pública. Como soporte de estas charlas el Contratista implementará mecanismos de reforzamiento a través de comunicados radiales, afiches e instructivos cuyos instrumentos, antes de ser difundidos deberán ser propuestos al Fiscalizador para su conocimiento y aprobación.

Instructivos Ambientales

El siguiente es el contenido sugerido:

- Indicaciones para el manejo y disposición de combustibles, lubricantes y otros contaminantes ambientales.
- Indicaciones para la eliminación o tratamiento de desechos sólidos, plásticos, aluminio, papel, vidrio, desechos orgánicos y otros, evitando contaminar el medio ambiente.
- Información e indicaciones del buen uso del agua, cuidado y protección de las fuentes naturales (ríos, arroyos, lagunas, vertientes).
- Comportamiento frente a los recursos naturales de flora y fauna silvestre.
- Regulaciones para la caza y pesca; métodos autorizados y prohibidos.
- Otros, de acuerdo a los requerimientos específicos una vez iniciada y en el avance de la obra y a criterio del Fiscalizador Ambiental.

Este instructivo tiene la finalidad de difundir por escrito las instrucciones de carácter ambiental a todo el personal involucrado en la obra y a todo nivel. Debe impartirse también a las autoridades locales y líderes comunitarios.

Perfil profesional del especialista ambiental.

Para el desarrollo de las actividades indicadas, el Contratista deberá contar mínimo con un especialista ambiental, cuyo perfil sugerido es el siguiente:

Especialista Ambiental. Biólogo o Sociólogo con experiencia en estudios de Impactos Ambientales para la construcción de obras de prevención o mitigación de desastres. Debe conocer la zona del proyecto y la forma de vida de la población residente. Tener habilidad en el manejo de equipo audiovisual y manejo adecuado de audiencias rurales.

Medición.- El Fiscalizador verificará la ejecución en cantidad y tiempos de las actividades antes indicadas, estableciendo de forma cierta su cumplimiento.

Pago.- Las cantidades medidas se pagarán a los precios contractuales para los rubros designados a continuación y que constan en el contrato:

Estos pagos constituirán la compensación total por la planificación, colaboración, transporte y realización de las actividades descrita, así como por toda la mano de obra, equipo, herramientas, materiales y operaciones conexas para la ejecución de los trabajos.

4.5.4 SEÑALIZACIÓN AMBIENTAL

Descripción.- Esta medida es para implementar una adecuada señalización ambiental con temas alusivos a la prevención y control de las actividades humanas a fin de evitar deterioros ambientales en la zona de trabajo de la obra.

Procedimiento de trabajo.- Antes del inicio de los trabajos, el Contratista implementará una adecuada rotulación ambiental de carácter informativo, preventivo y restrictivo que será temporal y estará ubicada en los frentes de obra.

De igual manera, este programa prevé señalización ambiental permanente para

la fase de operación de la obra y que de carácter principalmente informativo.

El contenido de estos rótulos contendrá mensajes cortos y claros de 1 a 2 líneas, como los siguientes:

- Cuidemos el Bosque Natural
- Disminuya Velocidad, cruce de Animales Silvestres
- Bosque y refugio de aves
- Cuidemos la Naturaleza
- No Corte los Árboles
- Cuidemos el Agua, es nuestra Vida
- Área de Recuperación Vegetal
- No Arroje Basura en la Carretera

CAPITULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La precipitación media anual en las cuencas de los ríos de montaña varían en aproximadamente entre 523mm. a 767.6 mm. por lo que se debe tomar en cuenta que los meses menos lluviosos corresponden al período de junio a noviembre, periodo en el cual los ríos permanecen sin agua en su mayor parte.
- El cauce de los ríos de montaña en todo su recorrido es divagante, esto debido al tipo de material de la mayoría de los ríos de montaña del lecho (arena), además presenta una gran capacidad de erosión y socavación de sus orillas y taludes, cambiando cada vez su cauce en épocas de crecida.
- Los caudales y cotas seleccionadas para la sistematización del control de cauces de la parte baja de la montaña son aquellos obtenidos a través de la distribución normal de tres parámetros que dan a caudales mayores a los de valores extremos tipo I y, estos valores se asemejan a los producidos por ejemplo en los fenómenos del El Niño, lo que permitirá delimitar áreas estratégicas y vulnerables que servirá para la sectorización y construcción de diques de gaviones.
- Los caudales de diseño que se mencionan, son valores a partir de los cuales se deben tomar una altura de seguridad para el establecimiento de la estructura de los diques de gaviones.
- El área afectada por la sistematización del control de cauces corresponde en su mayor parte a las zonas altas y en ciertas partes en la zona baja del río de montaña.
- En la margen derecha a unos 500 m. aguas arriba del inicio del río de montaña, se produce debido a que la orilla derecha es más baja respecto a la izquierda produciéndose sistematización del control de cauces de áreas agrícolas.

- En la parte baja es decir en el borde de los ríos de montaña se recomienda fomentar un plan de ordenamiento territorial, mantenimiento de los diques e impedir asentamientos en los lugares propensos a peligros por la no sistematización del control de cauces ya que el riesgo de una erosión e inundación puede ser inminente, sumado a la contaminación y enfermedades infectocontagiosas que pueden aparecer, a causa de ello.
- Con la construcción de muro de gaviones para la sistematización del control de cauces se proyecta mejorar las condiciones actuales de vida en las que se desarrolla la población, tanto en salud educación, producción, tecnología, economía, comunicación convirtiéndose sin duda alguna en unas obras para el desarrollo, integración y bienestar del sector y por ende del país.

El análisis realizado para la Identificación, Calificación y Evaluación de los posibles impactos ambientales que podría causar la construcción de obras de prevención y mitigación para sistematización del control de cauces nos permiten llegar a las siguientes conclusiones:

- Se prevé impactos negativos altos de desestabilización de suelos debido a la inestabilidad geológica que afecta a la zona del proyecto.
- Las obras de rehabilitación previstas, tanto de ingeniería como ambientales, que se ejecutarán en los sitios, mejorarán las condiciones de seguridad de los mismos.
- Los impactos negativos identificados que merecen principal atención son los relacionados con la seguridad, salud y bienestar de la población que vive y/o desarrolla sus actividades junto a estas obras.
- Es necesario que el plan de Manejo Ambiental, diseñe medidas correctivas y mitigantes para atenuar el impacto.
- La magnitud e intensidad de estos impactos es suficientemente crítico por lo

que en el plan de manejo ambiental se adoptarán medidas, ante todo, preventivo y también correctivo y de compensación.

- Los impactos negativos que afectarán a la propiedad y a las actividades productivas de los pobladores de la zona, entre ellos, el bote de escombros, la erosión y desestabilización de suelos y cierta pérdida de cobertura vegetal, también resultan significativos, por esto, se requerirá, igualmente, adoptar medidas suficientes para mitigarlos.
- Los impactos negativos que afectarán a la flora y fauna silvestre, sistemas antropogénicos y en general, el ecosistema que engloba al proyecto, son también de mucho cuidado.
- El impacto al paisaje y todos sus componentes, naturales es muy significativo en la zona del proyecto, por ser el componente marco dentro del cual se insertan valores históricos, culturales y naturales que permiten el desarrollo turístico regional.
- Los recursos naturales silvestres y el paisaje son elementos sensibles gracias a los cuales la población desarrolla sus actividades productivas y recreativas, por esto se pondrá especial atención en el diseño de medidas que eviten y mitiguen la influencia de los impactos negativos en estos elementos.
- Las obras no estructurales son una de las alternativas más convenientes y prácticas para poder revenir o disminuir la amenaza causada a la población de las ciudades en estudio por la sistematización del control de cauces.
- Es recomendable impartir charlas de concientización y enseñanza a los habitantes de las comunidades sobre el beneficio y el adecuado mantenimiento de los diques de gaviones para la sistematización del control de cauces y poder disminuir sus consecuencias de erosión.

BIBLIOGRAFÍA:

- AGOSTINI R. y PAPETTI A. revestimiento Flessibili nei canali e nei corsi d' acqua canalizzati Sp. Officine,1975
- AGOSTINI A. BIZARRI A y MAZATTI. Flexible Structures in River and Stream training works S.P.A. Officine macferri,1981.
- ANGULO C. La erosión y su control en la meseta de Bucaramanga. II Simposio Colombiano de Geotecnia, 1973.
- A. BIANCHINI INGENIEROS S.A. Defensas Fluviales con Gaviones Metálicos. 1959
- A. BIANCHINI INGENIEROS S.A. Empleo de los gaviones metalicos en la construcción de carreteras - Barcelona. 1960.
- BAQUERO, BARBOSA y PAVÓN. Comportamiento de Gaviones. IV comportamiento Regional de Geotecnia,Barranquilla.1981
- BESSA JOSÉ. Aplicacao de gaviones em obras hidaulicas no estado de Santa catalina.
- CEDERGREN H.R. Seepage, drainage and flow nets, John Wiley and sons, 1967
- COATES R. DONALD. Envirometal Geology - Wiley. New York 1981. Pp 433-441
- DAVIS C. V. y SORENSEN K.E. Hanbrok of applied Hydraulios Mc. Graw Hill. 1969.
- GARCIA M. Socavación de Cimentación de Puentes. II Jornadas Geotecnicas S.C.I. 1980.
- GABIOES MACCAFERRI. Diques Flexibles.1981
- GOMEZ J. y ALVAREZ R. Comportamiento de las estructuras en Gaviones. Proyecto de grado. 1977.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEREOLOGIA E HIDROLOGIA (INAMHI), Estudio de Lluvias intensas de estaciones pluviométricas en la cuenca de los ríos de montaña. 2012

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR (IGM), Cartas topográficas de diferentes escalas de ríos de montaña.

JAIMES P. Los Gaviones y el control de erosión. I. Conferencia regional de Geotecnia del Oriente Colombiano. Bucaramanga.1977.

MACCAFERRI GAVIONS. The Gabion Principle.1998

MERKBLATER. Stahdraht und Stahldratgeflecht in wasserbau.1966

TRATADO DE HIDROLOGIA APLICADA, Estudio de régimen de caudales.

VEN TE CHOW, Hidráulica de los canales abiertos, Edit. Diana, 1era. De., México, 1986.

VEN TE CHOW, Hidrología Aplicada, Edit. Diana, 1era. De., México, 1986.

VII Congreso Brasileiro de engenharia sanitaria Slavador – Brasil. 1973