

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



***DEFENSAS RIBEREÑAS CON GAVIONES EN EL  
NORTE DEL PERU***

**INFORME DE INGENIERIA PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**NOMBRE: PAULET RODRÍGUEZ DANIEL JORGE**

**LIMA - PERU**

**2001**

## INDICE

<b>1.-</b>	<b>INTRODUCCION.</b>	<b>19</b>
<b>2.-</b>	<b>OBJETIVOS.</b>	<b>22</b>
<b>3.-</b>	<b>ESTUDIOS DE LA GEODINAMICA EXTERNA.</b>	<b>25</b>
3.1	Topografía.	25
3.2	Geología.	26
3.3	Geomorfología.	27
3.3.1	Curso de Agua.	27
3.3.2	Tipo de Flujo.	27
3.3.3	Tipo de Lecho.	27
3.3.4	Potencial de Flujo.	28
3.3.5	Sedimentación.	28
3.3.6	Geomorfología de la Región Tumbes.	29
3.4	Estratigrafía.	29
3.5	Meteorología.	29
3.6	Hidrología.	30
3.6.1	Características Generales de los Ríos.	30
3.6.2	Régimen Fluvial.	31
3.6.3	Caudal Volumétrico.	31
3.6.4	Rugosidad en el Cauce.	32
3.6.5	Métodos para la determinación de los Caudales ó Descargas Máximas.	35
	a) Métodos Empíricos.	35
	b) Métodos Históricos.	35
	c) Métodos de Correlación Hidrológica.	35
	d) Métodos Directos ó Hidráulicos.	35
	e) Métodos Hidrológicos.	36
	f) Métodos Estadísticos o Probabilísticos.	36
	g) Consideraciones para el uso de Métodos Estadísticos.	36
	- Riesgo de Falla.	37
	- Longitud de Registro.	38
3.6.6	Método Gumbel o de valores extremos Tipo I.	41
3.7	Hidráulica.	42
3.7.1	Formas de Encauzamiento.	42
3.7.1	Longitud y Ubicación de Encauzamiento.	42
3.7.2	Sección Estable de Río o Amplitud de Cauce.	42
3.7.3	Tirante de máxima Avenida y Altura de Encauzamiento.	45

3.7.4	Profundidad de Socavación.	46
	a) Socavación.	46
	b) Tipos de Socavación.	47
	- Socavación general ó Normal.	47
	- Socavación en Estrechamientos.	48
	- Socavación en Curvas.	48
	- Socavación en Márgenes.	49
	- Socavación en Pilares.	49
	c) Clasificación de la Socavación General.	50
	d) Análisis de la Socavación General para Suelos Cohesivos en cauces definidos y con rugosidad uniforme.	50
	e) Evaluación de áreas susceptibles a la Erosión.	54
	- Agrícola.	54
	- Urbano.	54
	- Infraestructural.	55
	- Industrial.	55
3.8	Aspectos Económicos.	55
	3.8.1 Valor Económico de las perdidas por Inundación.	55
	3.8.2 Beneficio de las Obras de Encauzamiento.	55
<b>4.-</b>	<b>CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO.</b>	<b>58</b>
4.1	Ley de Coulomb.	58
4.2	Otra Expresión de la Ley de Coulomb.	61
4.3	Criterio de Estabilidad.	63
	4.8.1 Verificación del Volteo.	63
	4.8.2 Verificación del Deslizamiento.	63
	4.8.3 Verificación del Núcleo Central.	64
	4.8.4 Verificación de las Presiones Transmitidas al Terreno.	65
	4.8.5 Verificación de la Sección Intermedia.	65
<b>5.-</b>	<b>ESTUDIO DE LOS GAVIONES.</b>	<b>69</b>
5.1	Introducción.	69
5.2	Definición.	69
	5.8.1 Gaviones Caja.	70
	5.8.2 Colchones Reno.	71
5.3	Características de las Estructuras de Gaviones.	72
5.4	Usos Principales de los Gaviones.	74
5.5	Secciones Tipo más Usadas.	74
5.6	Importancia de las Estructuras con Gaviones en Obras Fluviales.	76
5.7	Ensayos Mecánicos de los Gaviones.	78

5.7.1	Prueba de Compresión.	78
5.7.2	Prueba de Corte.	80
5.7.3	Prueba de Corrosión.	81
5.7.4	Prueba de Durabilidad.	85
<b>6.-</b>	<b>DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.</b>	<b>88</b>
6.1	Diseño de la Defensa con gaviones.	88
6.1.1	Caudal de Diseño.	88
6.1.2	Sección Estable.	88
6.1.3	Altura del Muro.	88
6.1.4	Altura de socavación.	88
6.2	Calculo de la Estabilidad de la Estructura.	88
6.2.1	Fuerzas que intervienen en la Estructura.	89
	1. Peso Propio del Terreno.	89
	2. Empuje Activo del Terreno.	89
	3. Componente Normal del Lecho del Río.	89
	4. La Sobrecarga.	89
6.2.2	Consideraciones para el Cálculo de las Fuerzas Actuantes.	90
6.2.3	Datos para el Cálculo de las Fuerzas Actuantes.	91
6.2.4	Cálculo de las Fuerzas Actuantes en la Estructura.	92
6.2.5	Cálculo de las Verificaciones de la Estabilidad de la Estructura.	93
	1. Verificación al Volteo.	93
	2. Verificación al Deslizamiento.	93
	3. Verificación al Núcleo Central.	93
	4. Verificación a las Presiones Trasmítidas al Terreno.	94
	5. Verificación a la Sección Intermedia.	94
	6. Calculo de la Altura de Socavación.	95
6.2.6	Otras Fuerzas.	96
	1. Empuje Pasivo.	96
	2. Las Sub – presiones.	96
	3. La Vibración.	96
	4. El Impacto de Fuerzas.	96
	5. Temblores.	96
	6. Acción de Heladas.	96
	7. Fuerzas de Puentes.	96
	8. Las Fuerzas de Filtración de Aguas.	97
<b>7.-</b>	<b>OBRAS PRINCIPALES EN LOS RIOS DE LA COSTA NORTE DEL PERU.</b>	<b>99</b>

7.1	Listado de Obras.	99
7.2	Análisis de las Obras.	101
<b>8.-</b>	<b>ASPECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL.</b>	<b>105</b>
8.1	Introducción,	105
8.2	Definición.	106
8.3	Leyes que Amparan el Ecosistema en Nuestro País.	106
8.4	Impacto de las Estructuras con Gaviones en el Medio Ambiente.	107
<b>9.-</b>	<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS GAVIONES.</b>	<b>110</b>
9.1	Gaviones Caja (Zinc + Aluminio).	110
9.2	Colchones Reno (Zinc + Aluminio).	113
9.3	Gaviones Caja (Plastificados ó PVC).	116
9.4	Colchones Reno (Plastificados ó PVC).	119
<b>10.-</b>	<b>ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTOS.</b>	<b>125</b>
10.1	Características de la Estructura a Analizar.	126
10.2	Partidas que comprenden el análisis de Costos.	126
10.2.1	Trabajos Preliminares.	126
1.	Cartel de Obra.	126
2.	Transporte de Gaviones.	126
3.	Movilización y Desmovilización de Maquinaria.	127
4.	Trazo Nivel y Replanteo.	127
10.2.2	Movimiento de Tierras.	127
1.	Corte y Nivelación de Base para Gaviones.	128
2.	Limpieza de Cauce con Eliminación Lateral.	128
3.	Relleno del Espaldón con Material Propio.	128
4.	Explotación Selección y Transporte de Rocas.	129
10.2.3	Abastecimiento y Colocación de Gaviones y Colchones Reno.	129
1.	Conformación de Gaviones Caja y Colchones Reno.	130
10.2.4	Obras de Arte.	130
1.	Placa de Concreto.	130
10.3	Calculo de las Partidas del Análisis de Costos.	141
10.4	Metrados.	146
10.5	Presupuesto Base.	147
10.6	Apreciaciones del Análisis.	148

<b>11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</b>	<b>150</b>
11.1 Conclusiones.	150
11.1.1 Sobre el Fenómeno El Niño.	150
11.1.2 Sobre las Defensas con Gaviones.	152
11.1.3 Sobre El Impacto Ambiental.	153
11.2 Recomendaciones.	154
 <b>ANEXOS</b>	 <b>158</b>
Fotos	158
Lista de Cuadros	
- Cuadro N° 3.1 Coeficientes de Rugosidad “n” Manning	24
- Cuadro N° 3.2 Longitud de registro Necesarios	30
- Cuadro N° 3.3 Valores aproximados de Fs (Factor de Orilla)	34
- Cuadro N° 3.4 Valores de $K_1$ para los trabajos con la Formula de Simons y Henderson	34
- Cuadro N° 3.5 Coeficiente $\emptyset$ recomendado para calcular el Borde Libre del Muro de Encauzamiento	36
- Cuadro N° 3.6 Criterios de Clasificación del Cauce de Lischtvan Lebediev	40
- Cuadro N° 3.7 Valores de Coeficiente $\beta$ para el calculo de la Velocidad Erosiva	43
- Cuadro N° 3.8 Valores del Exponente X para el calculo de la Velocidad Erosiva	44
- Cuadro N° 10.1 Lista de Materiales, Mano de Obra y Maquinaria	122
- Cuadro N° 10.2 – 10.14 Análisis de Costos Unitarios	123 – 135
- Cuadro N° 10.15 Metrado Base	136
- Cuadro N° 10.16 Presupuesto Base	137
Lista de Figuras	
- Figura N° 3.1 Franja Vertical para el Estudio de la Velocidad Real	41
- Figura N° 4.1 Fuerzas actuantes sobre la Cuña Teórica Analizada	48
- Figura N° 4.2 Fuerzas actuantes sobre la Cuña Analizada del Muro	52
- Figura N° 4.3 Fuerza Resultante sobre le Núcleo Central	55
- Figura N° 5.1 Gavión Caja 1x1x5 m	60
- Figura N° 5.2 Colchón Reno 2x10x0,30 m	61
- Figura N° 5.3 Secciones Típicas mas usadas	64
- Figura N° 5.4 Secciones Tipo menos usadas	65
- Figura N° 5.5 Prueba de Compresión Simple	69
- Figura N° 5.6 Peso Actuante sobre la Estructura	69
- Figura N° 5.7 Pruebas de Corte	71
- Figura N° 6.1 Sección Típica de Muro de gaviones	79
- Figura N° 6.2 Diagrama de las fuerzas que actúan sobre el Muro de Contención	82
- Figura N° 10.1 Sección Típica de Muro de Gaviones Presupuestada	115

Lista de Diagramas

- Diagrama N° 5.1 Prueba en Ambiente Salino	73
- Diagrama N° 5.2 Prueba en Ambiente Sulfatado	73
- Diagrama N° 5.3 Prueba en Zona Industrial	74
- Diagrama N° 5.4 Prueba en Zona Marítima	74
- Diagrama N° 5.5 Prueba en Zona Rural	75
- Diagrama N° 5.6 Prueba de Durabilidad	76

Folleto de colocación de Gaviones caja y Colchones Reno	168
---	-----

<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>169</b>
---------------------	------------

# ***CAPITULO 01***

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION

A través de los años nuestro país ha sido participe de un sin número de desastres naturales, algunos de los cuales han dejado grandes perdidas en ciertos sectores, y muchas veces han ocasionado las perdidas de varias vidas humanas, lo cual nos hace reflexionar que se tienen que tomar medidas para evitar y prevenir este tipo de tragedias.

Una muestra clara de los efectos producidos por estos desastres a través de la historia, se encuentra ubicado al norte de Lima en el departamento de Ancash, en el Monumento de Sechin, ubicado en el valle de Casma y especialmente en las Salinas de Chao, en este lugar podemos apreciar los grandes efectos que produce un fenómeno que nos acompaña desde hace siglos denominado "El Niño".

Fenómeno que solo ha conllevado ha retardar mas nuestra nación que se encuentra en un proceso de vías de desarrollo. Pero gran parte de las nefastas consecuencias dejadas por este fenómeno en sus últimas manifestaciones, la tienen las instituciones o entidades que se encargan de prevenir las secuelas dejadas por los desastres, y esto es debido a que las medidas de prevención que se toman no se realizan con la debida anticipación y más aún no son las mas adecuadas para salvaguardar a la gente que se ve afectada.

Por lo general los trabajos de prevención se inician cuando el tiempo entre el inicio de las obras y la manifestación del fenómeno es demasiado corto, de tal manera que esto conlleva a que los trabajos de protección se ejecuten contra el reloj y que se realicen de una manera muy a la ligera, obviando muchos puntos importantes en la recopilación de información o datos de campo para la elaboración de los Estudios y Expedientes Técnicos.

Por otro lado en el momento de la recopilación de información in-situ se obvian los datos hidráulicos que son los de mayor importancia para el cálculo del diseño de las obras de

defensa. Así mismo la información estadística hidrológica también es importante, como los últimos caudales máximos, precipitaciones, sequías, etc., registrados en las quebradas y ríos, así como también el estudio de las cuencas (área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación se unen para formar un solo curso de agua), etc, es indispensable. También conocer el régimen de los ríos, para tener una idea clara y fija de cómo es el comportamiento de los caudales medios mensuales a lo largo del año.

Los datos que se dan a conocer en el siguiente cuadro, fueron elaborados por entidades de gran envergadura (EMFAPATUMBES S.A, M.T.C, ELECTROPERU y SUB - DIREPE / TUMBES / SDP / SDPDA / OPA - TUMBES) y dan a conocer las pérdidas en la producción y en la infraestructura de cada sector donde hubo presencia del fenómeno “ El Niño “. Cabe recalcar que los montos son en moneda extranjera:

SECTORES	PRODUCCION	INFRAESTRUCTURA	TOTAL	%
Agricultura	6,203	13,275	19,275	20.85
Pesquería	-	6,933	6,933	7.50
Energía	-	0.058	0.058	0.06
Transporte	-	59,447	59,447	64.30
Educación	-	1,356	1,356	1.47
Vivienda	-	5,383	5,383	5.82
			<b>92,452</b>	

Del cuadro anterior podemos concluir que los sectores de Transporte y Agricultura son los que han sufrido las mayores pérdidas con la presencia del último fenómeno “El Niño”, y por lo tanto las autoridades pertinentes de cada sector, deben tomar mayores medidas de prevención, para que no se vuelvan a repetir estas cuantiosas pérdidas, que lo único que ocasiona es mayor retraso a nuestro país.

También se debe tener muy en cuenta que este fenómeno se hace presente aproximadamente cada 10 años.

## **CAPITULO 02**

## CAPITULO 2

### OBJETIVOS

El presente informe tiene la finalidad de optar el título de Ingeniero Civil por Experiencia Profesional en la modalidad de Actualización de Conocimientos.

Este informe tiene como propósito enfocar los pasos a tener en cuenta, para la elaboración de los estudios y construcción de Defensas Ribereñas, teniendo como experiencia las obras o defensas ribereñas en el Norte del País, que se ejecutaron por parte del INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil) para prevenir los efectos que produjera el último fenómeno denominado El Niño (1997 – 1998), cuando algunas de las obras colapsaron.

Así mismo se plantea una alternativa en el tipo de material a utilizar, con ventajas respecto al material tipo convencional con que se vienen construyendo las defensas ribereñas (concreto armado, concreto ciclópeo, enrocados, etc.) a nivel nacional.

La alternativa planteada ya es conocida en el medio de la construcción hidráulica, y se denomina "Gaviones". Estas se definen como elementos en forma de prisma rectangular que están conformados por mallas de alambre tejidas, de sección hexagonal y que van rellenas de piedras. Estos productos fueron utilizados y creados por primera vez a finales del siglo pasado en Italia, y a través de los años su aplicación se ha extendido a todo el mundo. Hoy son empleados habitualmente para las sistematizaciones de cursos de agua, para contención y protección de carreteras, poblados e instalaciones para la defensas de riberas, costas, etc.

Los gaviones están constituidos por alambres que se tejen, los mismos que pueden ser de Zinc, Aluminio o también recubiertos por PVC dependiendo de la zona donde se construya la estructura.

Las mallas al ser rellenas con piedras nos brindan estructuras más flexibles, monolíticas, permeables y armadas, que encuentran una adecuada aplicación en distintas áreas. También representa una solución más rápida y económica debido a que no se necesita de mano de obra calificada en la construcción. Además, un punto muy importante a favor de los gaviones es su un impacto ambiental positivo sobre la naturaleza, debido a que con el tiempo crece vegetación entre los espacios vacíos de las piedras, haciendo mas estable el sistema ecológico.

Los materiales de los gaviones y colchones reno que se trataran en este informe, son redes de alambre tejidas a doble torsión, que han sido utilizados durante mas de un siglo para la construcción de obras hidráulicas y viales. Por su propia naturaleza, estos materiales tienen la capacidad de integrarse al terreno circundante, asegurando así el éxito de la obra llevada a cabo.

Cabe señalar que su extrema simplicidad, a veces no pareciera no estar acorde con la era de innovaciones tecnológicas que vivimos. Sin embargo la realidad indica que su capacidad para drenar libremente y tolerar asentamientos, así como el desarrollo de vegetación, todo esto junto a su gran resistencia, nos permite documentar su gran confiabilidad y su armonía con el medio ambiente.

## **CAPITULO 03**

## CAPITULO 3

### ESTUDIOS DE LOS ASPECTOS DE LA GEODINAMICA EXTERNA

Se sabe que la Geodinámica es el estudio de los fenómenos de la litósfera en relación con las otras envolturas de la Tierra; y se divide en Geodinámica Interna y Geodinámica Externa. La Geodinámica Externa que es la parte que nos interesa se dedica al estudio de los fenómenos en que intervienen la atmósfera y la hidrósfera; vale decir, la acción de los agentes atmosféricos que se producen, como el fenómeno de la intemperie debido al viento, lluvia, insolación, nieve, etc., la acción de las aguas corrientes. Este es el efecto del agua mientras desde el momento en que aparece bajo forma de lluvia, serpentea como riachuelos y ríos sobre el suelo, hasta terminar por fin en el mar.

Los factores que intervienen en la Geodinámica Externa, son de suma importancia para el diseño de obras de defensa ribereñas hechas con gaviones. Es muy importante tener en cuenta la topografía, geología, hidráulica, meteorología, geomorfología, etc. para la recopilación de datos en la elaboración de los proyectos y estudios de Defensas Ribereñas, una buena información recogida del lugar donde se ejecutaran los trabajos, nos da seguridad al momento de que la obra entre en funcionamiento.

A continuación haremos una descripción de los factores más importantes de la Geodinámica Externa que intervienen en el análisis teórico del diseño de obras de defensa ribereñas.

#### 3.1 TOPOGRAFIA

La Topografía es muy conveniente para la ejecución de defensas ribereñas, ya que con un levantamiento topográfico se toman los detalles de los ríos así como las variaciones del lecho. Se deberá considerar ambos márgenes del río, su colindancia con las viviendas, áreas agrícola y cualquier otras estructuras que puedan ser afectadas y sujetas a erosión. En gabinete se procede a efectuar el dibujo ó plano de la zona levantada y de acuerdo a los cálculos hidrológicos e hidráulicos, se fija el eje central y la amplitud del cauce, lo que permitirá determinar las áreas a proteger en forma directa, áreas a recuperar y áreas a ganar a la caja del río, así como la ubicación y la longitud de defensa que se ejecutará (muros de encauzamiento).

Una vez definido el eje principal del diseño en el plano en gabinete, se procede en el campo a efectuar secciones transversales cada 20 m y a ambos lados del eje, de acuerdo a los requerimientos y consideraciones topográficas del terreno, a fin de determinar áreas de corte y terreno. También se puede determinar en estas mismas secciones tomando como referencia ambos márgenes del río y cada 20 m, la cantidad de material que se encuentra colmatado en todo el ancho y largo del cauce, y que se tiene que limpiar para una mayor seguridad de la obra.

Una vez que se obtiene la progresiva inicial y final del proyecto, se define el perfil longitudinal trazando la rasante diseñada, con la pendiente adecuada, teniendo en cuenta el acotamiento tanto de la uña de estabilidad, la cota de coronación, la cota de fondo cada 20 metros esto para el caso de defensas del tipo Diques Enrocados, así como también para el caso de muros de gaviones y colchones reno se debe tener en cuenta la cota de coronación, la cota de base o rasante de la malla antisocavante (colchón reno).

En cuanto a información Topográfica para el presente estudio es abundante el material encontrado en la Biblioteca del Proyecto Binacional Puyango-Tumbes en Tumbes. Este material es el resultado de innumerables estudios realizados por diversas instituciones a lo largo de muchos años en beneficio del Departamento de Tumbes. Los planos topográficos utilizados para la evaluación de las zonas de inundación son aquellos a escala 1:5,000 y 1:10,000.

Las Cartas Nacionales elaboradas por el Instituto Geográfico Nacional a escala 1:100,000 han servido para determinar algunas características necesarias de la cuenca en estudio como son su área, pendientes, longitud del cauce principal, áreas de sub-cuencas, ubicación de estaciones meteorológicas y otros.

De los planos e información topográfica observada se puede afirmar que en el valle del río Tumbes, las áreas de cultivo se localizan en su llanura ubicada entre los 3 y 13 msnm., es decir que estas se desarrollan en terrenos planos con pendientes casi nulas (0.2‰). Asimismo la ciudad de Tumbes presenta una zona accidentada en Las quebradas Pariñas y El Alto Los Organos, en la zona de Aguas Verdes hasta Cancas la topografía es llana, pues discurre en gran parte paralela al mar, tal es así que en marea alta sube el nivel hasta el relleno de la carretera.

### **3.2 GEOLOGIA**

La geología de los ríos del norte, para ser más exactos los del departamento de Tumbes está conformada por rocas sedimentarias, metasedimentarias, metamórficas e ígneas, de las edades terciaria, cretácica, paleozoica y precámbrica. Constituye además el extremo occidental de la Placa Continental Sudamericana sobre la Placa Nazca subductante del fondo del Pacífico.

El material predominante que arrastran las aguas de los ríos de Tumbes, a lo largo de su cauce son principalmente arenas limosa, apreciándose en algunos casos aislados depósitos de gravas, conglomerados y formaciones rocosas blandas, con cierta capacidad para resistir erosiones. Asimismo la zona esta expuesta a fenómenos geodinámicos externos a través del desgaste, transporte y acumulaciones de materiales físicos por agentes hídricos, eólicos y gravitacionales. Los fenómenos más frecuentes son los deslizamientos y las inundaciones. Es necesario señalar que existen zonas vulnerables debido a la falta de cobertura adecuada sobre terrenos de pendientes y ala inestabilidad de taludes.

### **3.3 GEOMORFOLOGIA**

Este elemento de análisis es de mucha importancia a tener en cuenta en los trabajos de diseño de las obras de prevención y control de erosión. Entre las evaluaciones a tomar en cuenta se tiene:

#### **3.3.1 Curso de Agua**

Los torrentes o cursos de agua varían en su longitud, con pendientes variables y regímenes variados, según las épocas de estiaje y de máximas avenidas. Los ríos invaden continuamente las terrazas, al menor incremento, sale el agua de su lecho para ocupar otro de inferior nivel. Por los procesos de sedimentación, este lecho y el torrente ocupará otro lecho hasta formar su cono de deyección, como se muestra en la siguiente figura.

Para el caso de los ríos del norte, en este caso los de Tumbes se puede notar que en las desembocaduras de los ríos Tumbes, Zarumilla, Arenilla y Santa Rosa y paralela a la playa, existen alineaciones alargadas de acumulaciones arenosas dispuestas escalonadamente en medio de las cuales crece abundante vegetación inundables en épocas de lluvias y por las mareas altas. Estos aspectos morfológicos se denominan manglares y se forman como resultados de la colmatación de los conos o deltas de los ríos.

#### **3.3.2 Tipo de Flujo**

En épocas de avenidas cuando los ríos presentan los mayores caudales y de acuerdo a su potencia "Bruta" adquirida, es notorio destacar tipos de flujo que son los que determinan los desplazamientos o modificaciones del lecho.

Por la oscilación de la concentración del mayor caudal en un punto determinado, el flujo de un río puede ser central o lateral.

**Flujo Central.-** Es turbulento y variable en dimensiones, motivado por el grado de sedimentación y el tipo de lecho. Este tipo de flujo es el que produce erosión en un punto y sedimentación en el lado opuesto. El tirante máximo se moviliza en forma continua y erosiona en el sentido que tome o inunde. El cambio es brusco, cuando la sedimentación es rápida y bastante fuerte.

**Flujo Lateral.-** Es erosivo en menor grado, produce las sedimentaciones denominadas de deposición. Puede considerarse que un flujo lateral bajo ciertas condiciones especiales de pendiente y nivel con respecto al área agrícola sea bastante erosivo, y puede llegar a ser un flujo central.

#### **3.3.3 Tipo de Lecho**

Lecho es el espacio que puede ser ocupado por el agua o por los cursos de agua. El lecho temporal es un álveo determinado por dos orillas de cantos rodados o vegetación. Los materiales pueden ser ya de roca o materiales transportados por el río.

Los ríos presentan lechos de inundación recubierto por aluviones en extensiones variables. El lecho temporal esta recubierto por cantos rodados y carece de vegetación, y es de amplitud variable. El canal de estiaje ocupa una pequeña parte del lecho ordinario, no esta limitado por orillas bien definidas y tiene curso sinuoso en el lecho aparente, lo cual varia sustancialmente en avenidas, donde el lecho se desplaza o moviliza.

Las orillas están limitadas por zonas que presentan una cobertura arbórea importante, reduciendo la amplitud del lecho en unas zonas mas que otras.

La parte de mayor profundidad en el canal de estiaje se encuentra en la curva, cerca de las orillas o cuando esta se pega al lado rocoso, manteniendo la curvatura. En las partes rectas que atraviesa entre curva y curva son menos profundas.

En nuestro caso, en los ríos de Tumbes presenta en sus lechos sedimentos relacionados con la era terciaria en la cual predominan de los limos arcillosos fundamentalmente, y además gravas y arenas en menor proporción.

La movilización del lecho varia con el tiempo y caudales en avenidas; esto se debe a que no tiene estructura alguna que le reste amplitud de cauce y lo defina, estabilizándolo.

#### **3.3.4 Potencial de Flujo**

En un punto y en un momento determinado, todos los cursos de agua tienen una cierta potencia. Esta potencia depende de la masa de agua y de la velocidad de la misma, siendo esta última, función de la pendiente longitudinal del lecho.

En las avenidas, existe una potencia bruta que es suficiente para el transporte de los materiales, la potencia neta es la utilizada en la erosión del lecho. La mayor potencia bruta se presenta en avenidas donde se tiene los máximos caudales, mas no en los casos de estiaje donde el río disminuye su potencia, que es solo suficiente para el transporte de un mínimo de sedimentos y frotamientos internos entre moléculas de agua y de sedimentos finos en suspensión.

#### **3.3.5 Sedimentación**

Es el proceso geológico mediante el cual materiales detríticos erosionados, se acumulan en un determinado lugar como en las depresiones continentales. Los procesos de sedimentación en los ríos de régimen torrencioso y jóvenes, constituyen un problema complejo y difícil de evaluar; debido a las características de flujos inestables y no uniformes, lecho móvil, etc.

Los procesos de sedimentación varían con el tipo de sedimentos que produce la cuenca. Los sedimentos se mueven en suspensión en la corriente de agua y como acarreo a lo largo del lecho. La saltación, es movimiento de partículas rebotando a lo largo del cauce. Las mediciones de sedimentos son

bastantes complejas. Los grados de sedimentación dependen de la velocidad y tamaño de las partículas, etc.

### **3.3.6 Geomorfología de la Región Tumbes**

A su vez la región de Tumbes se subdivide en dos unidades geomorfológicas: la planicie costera y las montañas (de 50 a 3000 msnm.).

**La Planicie Costera**, con superficies suaves aluviales, erosionadas y áreas de manglares. Se caracteriza por la acentuada disposición de sedimentos debido a sus bajas pendientes, dando como resultado un cambio morfológico constante.

Predominan en esta parte los depósitos fluviales y aluviales, compuestos de arenas, limos, arcillas y gravas, sin embargo algunos lugares del cauce del río Tumbes esta limitado en sus flancos por la presencia de afloraciones rocosas.

**La Zona Montañosa y Colinas**, esta conformada por la cordillera de Tahuin, Celica y Chilla, donde muchas superficies se hallan suavizadas por meteorización profunda debida a las fuertes precipitaciones. El drenaje de las cuencas de los ríos importantes (Calera, Amarillo, Rindo, etc.) se realiza con gradientes fuertes y altos declives, arrastrando importantes cantidades de sedimento a la parte baja de la cuenca.

## **3.4 ESTRATIGRAFIA**

La región se compone de rocas sedimentarias, metasedimentarias, metamórficas e ígneas. Existen también materiales aluviales terciarios cuaternarios consistentes en grava, arena, limo y arcilla esparcidos en la planicie y en los valles principales.

Existe una acumulación máxima de estos materiales en los valles Puyango-Tumbes y Zarumilla con potencia de 100 a 200 m y sobre ella cubre un suelo regional de 15 a 50 m de potencia.

Los materiales sedimentarios están constituidos por areniscas, conglomerados, limolitas y calizas, litificadas en grado variable. Localmente están intercaladas con rocas andesíticas; existen también intrusiones de granito y diorita.

Las rocas de la era paleozoica son importantes porque incluyen rocas metamórficas tales como cuarcitas, filitas, pizarras y esquistos, y rocas ígneas como diorita y granito.

## **3.5 METEOROLOGIA**

Desde el año de 1964 el Proyecto Binacional Puyango – Tumbes – Sector Peruano procesa la información meteorológica en base a los registros de la red de estaciones instalada en el área. Esta información es estándar, aunque algunas estaciones

están implementadas con equipos meteorológicos que otras no poseen, los registros se llevan siguiendo el mismo patrón de medidas, horarios escalas, métodos, etc.

En el Perú toda esta información básica la recopila el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (**SENAMHI**), pero si bien es cierto esta institución ha centralizado la atención de la gran mayoría de las estaciones instaladas en el territorio patrio, hay todavía algunas estaciones bajo control de otras instituciones. La relación siguiente puede ser útil para quienes buscan información hidrológica en el país:

- Instituto Geográfico Nacional (IGN).
- Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones.
- Universidad Nacional Agraria.
- Direcciones Zonales y Agrarias del Ministerio de Agricultura.
- Ministerio de Energía y Minas.
- Laboratorio Nacional de Hidráulica.
- Oficina de Catastro Rural.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA EX-ONERN).
- Instituciones afines.

El fenómeno de El Niño ocurrido en 1983 paralizó durante muchos años el funcionamiento de la mayoría de estaciones; recién a partir de 1989 el Proyecto viene reactivando dichas estaciones, las cuales han servido de mucha ayuda para recopilar la información del último fenómeno en 1997-98. En la actualidad se cuenta con 23 estaciones hidrometeorológicas instaladas en el sector peruano y de las cuales operan 21.

### **3.6 HIDROLOGIA**

El estudio hidrológico es de suma importancia para la construcción de Estructuras de Defensa contra las crecidas de los ríos, debido a los fenómenos de gran magnitud que se presentan en nuestro país.

Este elemento de análisis, es el más importante y se tiene muy en cuenta en los trabajos de diseño para las obras de prevención. Entre las evaluaciones a tomar en cuenta se tiene, las características generales de los ríos, el régimen fluvial, el caudal volumétrico, la rugosidad del cauce y los métodos para la determinación de los caudales:

Estas evaluaciones son explicadas a continuación:

#### **3.6.1 Características Generales de los Ríos**

Las características de los ríos de la costa peruana, obedecen a similares o iguales condiciones hidrológicas entre ellos, es decir son representativos de un régimen permanente a eventual, gran variación de caudal durante el año y elevado caudal en épocas de avenidas. Se observan algunas diferencias

en el grado de sedimentación, notándose en el grado de sedimentación y en el tipo de sedimento por la naturaleza de las mismas cuencas.

Al hablar de ríos que jóvenes o en proceso de rejuvenecimiento, hay que uniformizar criterios basados en observaciones para un área de estudio determinado, siendo éstos los que más se ajustan las condiciones del río, dada sus características intrínsecas y a la vez teniendo en cuenta los movimientos oscilatorios leves a nivel de continentes y lecho odónico que pueden hacer variar las mismas, según sea el orden de su incidencia.

En base a aspectos específicos que pueden extraerse del estudio, se pueden llegar a establecer criterios de diseño de estructuras que controlen o den solución a ciertos aspectos negativos que ocasiona esta masa de agua en movimiento, evitando o disminuyendo los daños que causa a lo largo de su trayectoria y en las riberas con cultivos y sin protección natural alguna.

### **3.6.2 Régimen Fluvial**

Es conveniente recabar información de todas las descargas máximas de las estaciones de aforos confiables, que corresponden a cada año.

El período de máximas descargas se presenta por lo general en los meses de enero a marzo y excepcionalmente en abril, y son resultados de las precipitaciones en la parte media y alta de la cuenca. Los meses de setiembre a noviembre, se caracterizan por presentarse en dicho período las descargas mínimas, definen el período de estiaje.

Estos valores extremos se definen por el estudio hidrológico para el diseño de las obras hidráulicas de control, almacenamiento, regulación, y balance del recurso hídrico.

Antes de revisar los métodos de determinación de las descargas o caudales máximos, daremos a conocer algunos conceptos previos de la hidrología muy importantes. Son conceptos básicos que se tienen muy en cuenta para los cálculos hidráulicos en los diseños de defensas ribereñas y cualquier otra estructura hidráulica y que se explican a continuación:

### **3.6.3 Caudal Volumétrico**

La escorrentía, resultante final del proceso hidrológico iniciado por la lluvia, se presenta en forma de corrientes de agua o caudales. Para definir la disponibilidad de los recursos de agua superficial aprovechables y el régimen de su utilización es necesario conocer, es decir, medir dichos caudales y llevar una estadística apropiada que cubra un número conveniente de eventos. El análisis de estas series definirán los parámetros de uso de dichos caudales.

El caudal volumétrico se define como el volumen de agua que pasa, por una sección de control determinada, en un tiempo dado. La expresión fundamental es:

$$Q = V \times A$$

Donde:

- Q : Caudal, en unidad de volumen por unidad de tiempo.
- A : Area de la sección transversal del cauce.
- V : Velocidad media del paso de agua.

La expresión anterior establece que para determinar el caudal, en un punto de control, es necesario medir el área de la sección y la velocidad de paso del agua. En general el área es fácil de medir pues o se trata de una figura geométrica o puede descomponerse en una serie de figuras geométricas regulares facilitando la medida del área. Mucho más complejo es medir, con aproximación razonable, la velocidad de paso del agua. Esto ha dado lugar al desarrollo de diversos métodos, para evaluar mejor los cuales, conviene conocer aspectos concernientes al movimiento de agua en los cauces.

### 3.6.4 Rugosidad en el Cauce

Los elementos que intervienen en el valor del caudal son: uno geométrico constante, estable y fácil de medir que es la sección transversal – sin variación en el momento del aforo – y otro dinámico que recibe la influencia de la gradiente, del radio hidráulico y de la rugosidad. Esto se expresa en la ecuación de Chezy:

$$Q = C \cdot A \cdot R^{1/2} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots( 3.1 )$$

En la cual:  $V = C \cdot R^{1/2} \cdot S^{1/2} \dots\dots\dots( 3.2 )$

Donde:

- Q : Caudal.
- C : Coeficiente de Chezy dependiente de la rugosidad y del radio hidráulico.
- A : Area de la sección.
- R : Radio Hidráulico = A/P,
- S : Gradiente del cauce.

Siendo

- V : Velocidad del agua.
- P : Perímetro mojado.

Los experimentos hechos establecieron la siguiente fórmula empírica:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} \dots\dots\dots( 3.3 )$$

Reemplazando en (3.1), se tiene la ecuación de Manning Strickler:

$$Q = \frac{A \times R^{2/3} \times S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots(3.4)$$

Donde: n es el coeficiente de rugosidad de Manning, cuyos valores se muestran en la tabla N° 3.1.

El coeficiente de rugosidad o de fricción, no depende de no sólo de la textura y estructura de los materiales que forman el perímetro del cauce, sino también de la indefinida variación de los sedimentos que tapizan el cauce.

La deposición, remoción y textura de las partículas sólidas no solamente dependen del simple movimiento lineal de los filamentos líquidos que inciden, sino en mayor grado de la turbulencia y/o las trayectorias ondulantes de estos filamentos respondiendo a las sinusoidades del cauce, a movimientos convectivos, por diferencias de temperatura, la viscosidad.

Por lo expuesto el valor del coeficiente de rugosidad varia no solo con el tiempo, las estaciones (aguas turbulentas en las crecidas y suave discurrir de las mismas en el estiaje), sino también de un tramo a otro por cambios del propio perímetro de la sección de aforos a lo largo del cauce. De allí que no es fácil lograr una valoración precisa del coeficiente que conviene aplicar.

Cuando las dimensiones del perímetro mojado lo exigen (por ejemplo en los ríos muy anchos y/o, con diferencias identificables

entre tramos) conviene aplicar una rugosidad promedio que es determinada por esta expresión:

$$n^2 = \frac{p_{1n1}^2 + p_{2n2}^2 + p_{3n3}^2 + \dots\dots\dots p_{NnN}^2}{n} \dots\dots\dots(3.5)$$

Donde:

$p_1, p_2 \dots p_N$  : Tramos del perímetro mojado a los cuales corresponde diferentes rugosidades.

$C_1, C_2 \dots C_N$  : Rugosidades aplicables a los tramos con el mismo sub - índice.

$P$  : Perímetro mojado total =  $p_1 + p_2 + p_3 + \dots p_n$ .

**Cuadro N° 3.1**  
**Coeficientes de Rugosidad “ n ” de Manning**

TIPO DE SUPERFICIE	GRADO DE RUGOSIDAD			
	Mejor	Bueno	Regular	Malo
<b>1. Drenes</b>				
Ladrillos con mortero	0.012	0.013	0.015	0.017
<b>2. Canales</b>				
En tierra, tramo recto y uniforme	0.017	0.020	0.022	0.025
En roca, suave y uniforme	0.025	0.030	0.033	0.035
Roca, rugoso e irregular	0.035	0.040	0.045	
Trazo serpenteado y descuidado	0.022	0.025	0.028	0.030
En tierra, limpios y cuidados	0.025	0.028	0.030	0.033
Fondo rugoso en roca c/vegetación	0.025	0.030	0.035	0.040
Fondo de tierra, bordes rugosos	0.028	0.030	0.033	0.035
Revestidos en concreto	0.012	0.014	0.016	0.018
Revestidos Piedra c/concreto	0.013	0.014	0.015	0.017
<b>3. Ríos, Cauces Naturales</b>				
Tramo recto, limpio, llano sin hendeduras ni pozos	0.025	0.0275	0.030	0.033
Id. c/vegetación y piedras	0.030	0.033	0.035	0.040
Id. serpenteado c/algunos pozos y bajíos, limpios.*	0.033	0.035	0.040	0.045
Id. con anterior c/caudales Pequeños, gradiente y sección Poco efectiva **	0.040	0.045	0.050	0.055
El * c/vegetación y piedras	0.035	0.040	0.045	0.050
El ** en roca	0.045	0.050	0.055	0.060
Tramos descuidados c/alguna vegetación y pozos profundos	0.050	0.060	0.070	0.080
Tramos con mucha vegetación	0.075	0.100	0.125	0.150

\* Cauces con un radio hidráulico entre (0.1-1.4 m)

\*\* Cauces con profundidades medias entre (0.30-6.30 m)

### **3.6.5 Métodos para la Determinación de los Caudales o Descargas Máximas**

#### **a.- Fórmulas Empíricas**

Lo constituyen las fórmulas empíricas. Estas han sido resultado de mediciones conjuntas de caudales máximos y precipitaciones máximas en cuencas cuyos parámetros fisiográficos se conocen.

En la actualidad son poco usadas por la existencia de otros procedimientos y la aplicación de la informática. Ante la escasez de datos se opta por estas fórmulas, para conocer en forma rápida la magnitud del máximo caudal que se puede esperar; el mismo que puede ser comparado con datos reales de cuencas vecinas o similares.

#### **b.- Métodos Históricos**

Permiten conocer la máxima avenida registrada para un periodo determinado, en base a la recopilación de datos sobre las avenidas ocurridas. Así mismo permiten conocer o estimar una probable avenida mayor a la máxima conocida. Las dificultades son:

- La carencia e insuficiencia de datos.
- La calidad de la información.
- El cálculo de la avenida en base a los datos recabados, es referido a niveles y no a gasto.

#### **c.- Métodos de Correlación Hidrológica**

Se aplica cuando se cuenta con datos hidrológicos y pluviométricos; se aplica la correlación con los datos de máximos caudales de una cuenca vecina o próxima, cuyas características en sus aspectos topográficos, geológicos, suelos, y tipos de cobertura, sean similares a la cuenca en estudio.

Esto permite un adecuado manejo de la información y estimación racional de las avenidas.

#### **d.- Métodos Directos o Hidráulicos**

La aplicación de estos métodos no deben obviarse aunque no cuentan con metodología hidrológica. Mayormente permiten obtener información bastante útil, sobre todo para fijar con precisión la altura de niveles alcanzados por el agua en tiempos pasados y permite conocer el gasto máximo instantáneo.

Este considera la observación y medición de las características de una sección estable del río, es decir donde no existen demasiados desplazamientos, caso de paredes laterales sólidas o fijas conformadas por: roca, buena cobertura vegetal, rellenos de huaico, etc, para determinar la máxima descarga.

El máximo nivel de agua alcanzado se determina se determina por las huellas o rastros dejados en las paredes de la caja del río. Para su cálculo se aplica generalmente la ecuación de Manning – Strickler.

#### **e.- Métodos Hidrológicos**

Tienen como objetivo la representación matemática del proceso o fenómeno de la formación de la avenida. Se estiman los valores de precipitaciones duración y período de retorno determinado, se calcula el escurrimiento que se genera en un punto de la corriente estudiada, hasta establecer o dibujar el probable hidrograma.

Reproducen en forma aceptable el fenómeno, en base a parámetros como precipitaciones máximas y características físicas de la cuenca. Existen desventajas al extrapolar algunas de sus variables, por la irregularidad de las lluvias en la cuenca, y determinar las pérdidas por infiltración, que pueden distorsionar al estimar las avenidas a partir de las lluvias. Entre los métodos hidrológicos sobresalen:

- Método de Hidrogramas Unitarios, triangulares, sintéticos, adimensionales, instantáneos, etc.
- Método de Isócronas (racional).

Con la definición de la información hidrométrica de los cursos de agua que drenan en una cuenca, considerando las características fisiográficas, geomorfológicas y de la cobertura vegetal, se podrá aplicar metodologías a relaciones matemáticas existentes, que más se ajusten a la realidad de la zona.

#### **f.- Métodos Estadísticos o Probabilísticos**

Permiten a través de un registro histórico de máximas avenidas, estimar la máxima avenida de diseño por su extrapolación mediante una distribución de probabilidades teórica.

Se presentan dos casos:

- Con registro aceptable de 50 años. Si en este período se han dado avenidas de moderadas a bajas al extrapolar para un período de retorno mayor, lo más probable es que de un valor bajo.
- Si el mismo registro de 50 años, se presentan avenidas extraordinarias no es suficiente una extrapolación gráfica ó matemática simple. Es necesario recurrir a una distribución de probabilidad teórica.

La excesiva extrapolación puede acarrear errores depreciación en ambos extremos.

Conviene recordar aquí que las técnicas probabilísticas se aplican a la información hidrológica sólo después que ésta ha sido sometida a un tratamiento previo en que se atiende: el relleno de la información, el análisis de consistencia y la extensión del registro.

Los fenómenos que se presentan en la ingeniería pueden clasificarse, desde el punto de vista de la certeza de su ocurrencia, en Determinísticos y Probabilísticos. Es conveniente hacer notar que la mayoría de los procesos que interesan al ingeniero, en especial en el campo de la Hidrología, pertenecen a la categoría de fenómenos Probabilísticos.

En resumen, puede decirse que el modelo probabilístico o distribución permite conocer y manejar toda la información sobre probabilidades asociadas a cada estado.

Algunas de las distribuciones de probabilidades teóricas son:

- Distribución Uniforme.
- Distribución Normal.
- Distribución Logaritmica-normal.
- Distribución Gamma.
- Distribución Chi cuadrado.
- Distribuciones de valores extremos:
  - + Tipo I o tipo exponencial Ley de Gumbel
  - + Tipo II o tipo Cauchy.
  - + Tipo III o distribuciones truncadas.

Una vez que el ingeniero, en base a su experiencia, escoge el modelo probabilístico que va a usar debe proceder a calcular los parámetros de su modelo y después revisar si el mismo es adecuado para los datos disponibles.

A continuación se explica el Método de Gumbel para el cálculo de máximas avenidas.

#### **g.- Consideraciones para el Uso de los Métodos Estadísticos**

##### **Riesgo de Falla**

La determinación de la avenida de diseño del proyecto por el método de Gumbel y el período de retorno establecido por análisis de frecuencia nos indica sólo el intervalo medio entre sucesos iguales o mayores que una magnitud dada.

Para el diseño de las obras es necesario asumir un riesgo de falla, el cual está dado por la expresión:

$$J = 1 - P^N \dots\dots\dots(3.5)$$

$$P = 1 - \frac{1}{T_r} \dots\dots\dots(3.6)$$

Reemplazando (3.6) en (3.5), se tiene:

$$J = 1 - \left(1 - \frac{1}{T_r}\right)^N \dots\dots\dots(3.7)$$

Donde:

- J = Riesgo permisible que el suceso ocurra en un período de N años.
- P = Probabilidad que el suceso no ocurra en cualquier año.
- N = Vida útil del proyecto.
- Tr = Período de retorno.

La selección de la magnitud de la avenida de proyecto es algo sumamente complejo y que debe ser encarado por ingenieros experimentados en estudios de avenidas. Básicamente se toman en consideración los efectos derivados de un eventual fracaso de la obra. La determinación de los daños probables no debe limitarse a las condiciones que existen en la época de la construcción. Deben, por el contrario evaluarse los futuros aprovechamientos en la llanura de inundación aguas abajo, como viviendas, granjas, caminos, puentes y otros.

### Longitud de Registro

Un problema que siempre ha preocupado a los hidrólogos es cuantificar el error cometido al trabajar con registros de pocos años en la estimación de caudales con altos períodos de retorno.

Benson, Ingeniero del U.S Geological Survey, partió de una lista hipotética de 1000 crecidas que definían una recta de frecuencias, de base o referencia, trazada en papel probabilístico de valores extremos. Este registro lo dividió en forma aleatoria en 100 registros de 100 años, 40 de 25 años, 20 de 50 años y 10 de 100. Para cada

uno de estos 170 registros se dibujo su recta de frecuencia y todas se compararon con la recta base.

Entre la crecida anual media calculada con diferentes longitudes de registro y la crecida anual media base se obtuvieron las siguientes diferencias: 28% para registros de 10 años, 14% para registros de 25 años, 12% para registros de 50 años y 5% para los de 100 años. Esto nos da una idea de lo que puede esperarse en la estimación de la crecida anual media con registros cortos.

Se Observó que la diferencia entre la crecida anual media base y las crecidas anuales medias determinadas gráficamente en la ordenada correspondiente a un período de retorno de 2.33 años, no difieren en mas de 1.5%. Ello permite concluir que es posible calcular gráficamente el valor medio sin error apreciable.

Se estudió también los valores de las crecidas de períodos de retorno de 10, 25, 50 y 100 años determinadas con los registros de distintas longitudes, mediante la ley de Gumbel. Los resultados se resumen en el cuadro N° 2 mostrado a continuación:

**Cuadro N° 3.2**  
**Longitudes de Registro Necesarios**

<b>T</b>	<b>Precisión 25%</b>		<b>Precisión 10%</b>	
	<b>80% de las veces</b>	<b>95% de las veces</b>	<b>80% de las veces</b>	<b>95% de las veces</b>
<b>2.33</b>	-----	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>40</b>
<b>10.00</b>	<b>8</b>	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>90</b>
<b>25.00</b>	<b>12</b>	<b>31</b>	<b>75</b>	<b>105</b>
<b>50.00</b>	<b>15</b>	<b>39</b>	<b>90</b>	<b>110</b>
<b>100.00</b>	-----	<b>48</b>	<b>100</b>	<b>115</b>

Estos resultados muestran que el 95% de las veces de un registro de 39 años de longitud permite definir la crecida de los 50 años, con una precisión del 25%. Se tiene también que 95% de las veces un registro de 12 años permite definir la crecida anual media con la misma precisión.

Las cifras de estudio no pueden aplicarse a otras curvas de frecuencia, pero son bastante indicativas de la variación que puede esperarse al trabajar con registros de pequeña longitud. Visto de otro modo, se nota la conveniencia de extender un registro corto antes de realizar con él un análisis de frecuencia.

Frente a un caso concreto el ingeniero debe decidir el período de retorno de su crecida de diseño. Para ello debe precisar en primer término la vida útil de la obra; luego se preguntará sobre la probabilidad de ocurrencia de crecidas durante ese período de retorno. Escogiendo un porcentaje de riesgo determinará el período de retorno de la crecida de diseño y procederá a calcular la magnitud de ésta con la ley de Gumbel u otra distribución de probabilidades que sea mas adecuada para la

### 3.6.6 Métodos Gumbel ó de Valores Extremos Tipo I

Este método, es mayormente empleado para los proyectos de Defensa Ribereña con bastante aceptación.

La fórmula de Distribución de Probabilidades de Gumbel, sirve para predecir magnitudes máximas de variables hidrológicas, asumiendo que estos valores son independientes.

La distribución de probabilidades de Gumbel esta dada por la ecuación que se muestra a continuación:

$$P = e^{-e^{-y}} \dots\dots\dots( 3.8 )$$

$$P = \frac{1}{T_r} \dots\dots\dots( 3.9 )$$

Donde:

- P = Probabilidad de Ocurrencia ó probabilidad que da un valor de caudal sea igualado o superado.
- e = Base de los logaritmos Neperianos
- y = Variable reducida que esta dada por la relación:
- T<sub>r</sub> = Periodo de retorno. Intervalo promedio de presentación de sucesos iguales o mayores al establecido.

La variable reducida esta dada por:

$$y = a ( X - X_f )$$

Donde:

- a = Moda de la distribución.
- X<sub>f</sub> = Parámetro de dispersión.

Para una muestra de tamaño finito, Gumbel encontró que:

$$X_f = X - \sigma_x \cdot Y_n / \sigma_n$$

$$a = \sigma_n / \sigma_x$$

Donde:

- x = Valor medio de los caudales máximos observados.
- σ<sub>x</sub> = Desviación Típica de los caudales máximos observados.

$Y_n$  = Valor medio esperado de la variable reducida.

$\sigma_n$  = Desviación Típica de la variable reducida.

También  $Y_n$  y  $\sigma_n$  son funciones solo del tamaño de la muestra.

En base a los registros de caudales máximos instantáneos observados., se seleccionan un valor por cada año. Luego se determinan sus parámetros estadísticos de media y varianza.

Con estos valores se determinan los parámetros de la distribución de probabilidades de Gumbel  $a$  y  $X_f$  y se puede calcular la probabilidad de ocurrencia y el periodo de retorno asociado para cualquier caudal. Así como el valor del caudal que corresponde a un periodo de retorno dado.

## 3.7 HIDRAULICA

### 3.7.1 Formas de Encauzamiento

El encauzamiento del río tiene por objeto proteger áreas de cultivo, poblaciones, infraestructura, industrias, etc, a fin de evitar el desborde del río y la erosión, ya sea por avenidas normales o extremas.

Generalmente el encauzamiento es en base a material arrimado de río, revestido con roca pesada en su cara húmeda. Existen otros tipos de estructuras cuya, cuya selección es función de la disponibilidad de materiales, recursos económicos y cercanía de canteras. Entre estos tenemos los gaviones, muros de concreto, etc.

### 3.7.2 Longitud y Ubicación de Encauzamiento

La ubicación del encauzamiento y su longitud se determinan considerando la protección directa de la zona crítica, la recuperación de áreas de cultivo que forman parte del cauce y la amplitud de cauce que permita controlar el tirante de la máxima avenida.

Con una sección estable se puede controlar el desplazamiento del lecho del río, para que consecuentemente se tenga el flujo central en una caja inferior y con su misma energía.

### 3.7.3 Sección Estable de Río o Amplitud de Cauce

Existen varios métodos de cálculo de la sección estable del lecho del río. Sin embargo un conocimiento adecuado de las condiciones de los ríos se logra mediante observación directa.

En tal sentido, en base a observaciones en los ríos de la costa se puede establecer una sección representativa para el río. Siendo recomendable en

condiciones de valle, verificar el ancho estable, y en base a esto efectuar los cálculos de los otros parámetros.

Para el cálculo de la sección estable se considera la teoría de del régimen estable de Blench o Altunin, empleando las relaciones:

$$B = 1.81((Q F_b) / F_s)^{1/2} \dots\dots\dots(3.10)$$

$$H = 1.02((Q F_s) / F_b^2)^{1/3} \dots\dots\dots(3.11)$$

$$S = (0.55 F_b^{5/6} F_s^{1/12}) / ((1 + (C / 233)) K D_m^{1/6}) \dots\dots(3.12)$$

$$K = 6.6 g / \gamma^{1/4} \dots\dots\dots(3.13)$$

Donde:

- B = Ancho Medio de la Sección.
- Q = Caudal de Diseño (m3/seg).
- Fb = Factor de Fondo.
  - Fb = 1.2 material grueso.
  - Fb = Dm<sup>1/3</sup> para gravas.
- Fs = Factor de Orilla.
  - Fs = 0.2 para material ligeramente cohesivo.
- H = Profundidad Media (m).
- S = Pendiente Hidráulica (%).
- C = Concentración de Material de fondo en 10<sup>-5</sup>
- Dm = Diámetro Mediano.
- g = Gravedad.
- K = Factor Secundario.
- Γ = Peso específico del lecho del Río.

**Cuadro N° 3.3**  
**Valores Aproximados de Fs (Factor de Orilla)**

Tipo de Orilla	Valor de Fs
Orilla de barro y arena	0.10
Orilla de barro, arcilla fangosa ó material ligeramente cohesivo	0.20
Orilla de material muy cohesivo	0.30

También se puede emplear la fórmula de Simons y Henderson:

$$B = K1(Q)^{1/2} \dots\dots\dots(3.14)$$

Donde K1 son parámetros cuyos valores se muestran en el Cuadro N° 3.4.

También ambas formulas (3.11 y 3.14) son validas por el rango de valores mostrados a continuación:

- S = 0.06 – 10%
- Dm = 0.03 – 80 mm.
- Q = 0.15 – 250 m3/seg.

**Cuadro N° 3.4**  
**Valores de K1 para trabajar con la Fórmula de Simons y Henderson**

Condiciones de Fondo de Río	Valor de K1
Fondo y Orillas de arena	5.7
Fondo de arena y orillas de material cohesivo	4.2
Fondo y orillas de material cohesivo	3.6
Fondo y arcillas de grava	2.9
Fondo de arena y orillas de material no cohesivo	2.8

### 3.7.4 Tirante de Máxima Avenida y Altura de Encauzamiento

Teniendo en consideración la avenida de diseño del proyecto, la pendiente promedio de la zona del proyecto, el coeficiente de rugosidad de Manning y la sección estable de río, se determina el tirante máximo, según la ecuación de Manning, explicada anteriormente.

La altura del Dique de encauzamiento será igual al tirante máximo, más el borde libre, que se aproxima a la altura de la inercia, o energía de velocidad o carga de la misma, multiplicada por un coeficiente que esta en función de la máxima descarga y pendiente del río.

$$H = h + B_L \dots\dots\dots(3.15)$$

Donde:

$$B_L = \Phi e$$

$$e = V^2 / 2g = [ Q^2 / ( 2g A^2 ) ]$$

Donde:

- H = Altura del dique (m)
- h = Tirante de la máxima avenida (m)
- B<sub>L</sub> = Borde libre (m)
- Φ = Coeficiente en función de la máxima descarga y pendiente mostrado en el cuadro N° 5
- e = Energía de la velocidad
  
- V = Velocidad media del agua (m/s)
- g = Gravedad (m/seg<sup>2</sup>)

El borde libre permite controlar la variación instantánea del caudal por disminución de la velocidad y elevación del tirante.

**Cuadro N° 3.5**  
**Coeficiente  $\Phi$  recomendado para calcular el Borde Libre del Muro de**  
**Encauzamiento**

Caudal Máximo (m <sup>3</sup> /seg)	Coeficiente ( $\Phi$ )
3000 – 4000	2.00
2000 – 3000	1.70
1000 – 2000	1.40
500 – 1000	1.20
100 – 500	1.10

También se puede calcular. Teniendo en consideración el perfil normal, el mismo que permita el escurrimiento de las aguas, y el transporte de acarreos. Deberá tomarse en consideración los tramos donde el río haya alcanzado su equilibrio.

### 3.7.5 Profundidad de Socavación

#### a.- Socavación

Una corriente de agua que se desplaza en su cauce ó en una zona de inundación tiene una cierta capacidad de suspender y arrastrar partículas sólidas que constituyen el lecho sobre el que ocurre el flujo.

Este movimiento de material sólido en corrientes aluviales es un fenómeno complejo que depende de diversos factores, tales como la configuración geológica y topográfica del cauce, las características del material de arrastre y las características hidráulicas de la corriente.

Esto produce la llamada socavación normal en el lecho de la corriente. Cuando se coloca un obstáculo dentro del cauce, como una pila de apoyo de un puente, se modifican localmente las condiciones del escurrimiento, cambiando en consecuencia la capacidad de arrastre en la zona vecina a la obstrucción. Si esta capacidad es mayor que la proporción con que la corriente alimenta a la zona con material sólido, se produce una socavación adicional a la normal de la corriente; en caso contrario se producirá un depósito.

Es evidente que el conocimiento de la profundidad a la que puede llegar la socavación total y las características de este fenómeno son de fundamental importancia para el diseño de cimentaciones, en el caso de puentes y aún de otras estructuras como las defensas de ríos en las márgenes de los mismos en zonas inundables.

Innumerables fallas de puentes han ocurrido cuando la profundidad de desplante de las pilas ha quedado arriba del nivel alcanzado por la socavación normal, más la adicional impuesta por los obstáculos que la cimentación representa.

El problema de determinar la socavación normal de una corriente es uno de los problemas más complicados a los que se puede enfrentar el ingeniero, pues la socavación producida durante el incremento creciente de la capacidad de arrastre del río durante una creciente se rellena cuando la corriente vuelve a su estado normal, no quedando huella aparente del fenómeno.

Se ha intentado soluciones teóricas del problema, pero dadas las incertidumbres envueltas, su valor hasta cierto punto es dudoso. La otra fuente de conocimiento disponible es la que emana del análisis de corrientes reales o de experimentos en modelos de laboratorios; estos estudios son los más prometedores y de hecho han rendido ya resultados prácticos muy satisfactorios.

En muchos ríos, la profundidad normal de socavación es del orden de la diferencia de los tirantes en condiciones ordinarias y en creciente máxima sin embargo, este dato no puede considerarse regla confiable, pues se han encontrado corrientes en que la socavación alcanza el triple y aún más de tal valor y otros casos en que, por el contrario, dicho valor es exagerado.

#### b.- Tipos de Socavación

- **Socavación General ó Normal.**- se entiende por socavación normal al descenso del fondo de un río que se produce al presentarse una creciente y es debida al incremento de la capacidad de arrastre de material sólido que en ese momento adquiere la corriente, en virtud de su mayor velocidad.

La erosión del fondo de un cauce definido por el cual discurre una corriente es una cuestión de equilibrio entre el aporte sólido que puede traer el agua a una cierta sección y el material que es removido por el agua de esa sección.

La posibilidad de arrastre de los materiales de fondo en cada punto se considera, dependiente de la relación que existe entre la velocidad media del agua y la velocidad media requerida para arrastrar las partículas que constituyen el fondo en cuestión.

Para suelos sueltos, esta última no es la velocidad que indica el movimiento de algunas partículas de fondo, sino la velocidad, mayor, que mantiene un movimiento generalizado; mientras que en suelos cohesivos, será aquella velocidad capaz de ponerlos en suspensión.

La velocidad media del río depende de las características hidráulicas del río: pendiente, rugosidad y tirante, y la otra velocidad depende de

las características del material del fondo y del tirante. Como características del material se toma el diámetro medio, en el caso de suelos no cohesivos y el peso específico seco, en el caso de suelos cohesivos (en suelos friccionantes se suele considerar en la literatura del tema el mismo peso específico a todas las arenas y gravas, por lo que esta propiedad no puede usarse para diferenciarlas).

La erosión general puede llegar a producirse inclusive cuando el lecho del río es rocoso, con tal de que la velocidad de la corriente sea superior a la necesaria para producir el desgaste de la roca.

Un hecho curioso observado es que la socavación general disminuye para una misma velocidad media de la corriente, en fondos no cohesivos, cuando el agua arrastra en suspensión gran cantidad de partículas finas, del tamaño de limos y arcillas. Este se atribuye a la disminución en este caso del grado de turbulencia del agua, por aumento de su peso específico y su viscosidad.

- **Socavación en Estrechamientos.**- es la que se produce por el incremento en la capacidad de arrastre de sólidos que adquiere una corriente cuando aumenta su velocidad por efecto de una reducción de área hidráulica en su cauce.

El efecto es muy importante en puentes, donde por lo común y por razones de economía suelen ocurrir las mencionadas reducciones, si bien es cierto pueden presentarse en otros lugares del curso del río, en que un estrechamiento más o menos brusco tenga lugar.

Los cambios que la presencia de un puente impone a la corriente son principalmente los siguientes:

- Cambio de la velocidad del flujo del agua en el cauce principal y en el de las avenidas.
- Cambio en la pendiente de la superficie libre del agua, hacia arriba y hacia abajo del puente.

Cuando ocurre una avenida, aumenta la velocidad y, como consecuencia, la capacidad de transportar sedimentos. Esto origina un mayor arrastre del material del fondo en la sección del puente y, cuando ello es posible, un ensanchamiento del cauce, hasta que este aumento en el área hidráulica asemeje otra vez la sección original y se restablezca el equilibrio de la corriente.

Por la presencia de los terraplenes de acceso, a veces protegidos, no suele ser posible que la sección del puente gane área hidráulica por ensanchamiento, por lo que del puente es de por sí un incentivo a la socavación de fondo, hasta que la corriente restablezca el equilibrio de áreas hidráulicas entre la sección del cruce y las demás del río.

- **Socavación en Curvas.**- cuando un río describe una curva existe una tendencia en los filetes líquidos situados más lejos del centro de

curvatura a caminar más aprisa que los situados más hacia el interior; como consecuencia, la capacidad de arrastre de sólidos de los primeros es mayor que la de los segundos y la profundidad de erosión es mayor en la parte del cauce exterior a la curva que en la interior.

El efecto es importante y ha de ser tenido en cuenta en la construcción de puentes en curvas de río o en el diseño de enrocamientos de protección en los mismos lugares y tiene gran influencia en la divagación de corrientes, pues al disminuir la velocidad en el intrados de la curva aumenta el depósito en esta zona y, por ello, disminuye la zona útil para el flujo del agua, en tanto que en el extrados, al aumentar la profundidad y el área hidráulica, aumenta el gasto.

- **Socavación en Márgenes.**- es el tipo de erosión que más nos interesa, para el presente informe ya que tiene que ver con las defensas que se construyen en las márgenes o riberas de los ríos, para proteger las mismas y a las familias que viven en zonas aledañas.

Esta erosión es producida por las corrientes de las aguas en materiales térreos deleznable o solubles que formen sus orillas; el efecto es especialmente peligroso en crecientes, por el incremento de poder erosivo de la corriente a causa de su mayor velocidad.

La erosión de márgenes es causa de divagación y si el ataque se produce en estratos susceptibles situados bajo otros que no lo son, producirá embovedamientos causantes de inestabilidades en los taludes de la propia margen. El fenómeno se presenta en ríos encañonados y también en las corrientes marinas que bordean zonas costeras altas.

- **Socavación Local en Pilares.**- cuando se coloca un pilar de un puente en la corriente de un río se produce un cambio en las condiciones hidráulicas de este, y por lo tanto, en su capacidad de arrastre sólido. Si la capacidad de arrastre supera localmente el aporte del gasto sólido del río, ocurrirá en el pilar una socavación local.

Es evidente que el conocimiento de la profundidad a que puede llegar este efecto erosivo es de fundamental importancia en el diseño de cimentaciones poco profunda para puentes, pues una falla producida por una profundidad de cimentación menor conllevaría la destrucción total de la estructura. De otro lado, la adopción de profundidades antieconómicas y excesivas, complica seriamente los procedimientos de construcción.

- c.- **Clasificación de La Socavación General.**- para determinar el valor de la socavación se presenta el criterio de clasificación planteada por Lischtvan – Lebediev, y que se muestra en el siguiente Cuadro N° 6:

**Cuadro N° 3.6**  
**Criterio de Clasificación del Cauce de Lischtvan – Lebediev**

Cauce	Material de Fondo	Distribución de Material en el fondo
Definido	Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo
	No Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo
No Definido	Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo
	No Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo

En el caso de los ríos del Norte del Perú, estudiados en el presente informe se produce socavación general en cauces definidos, en suelos cohesivos de distribución de material en el fondo homogéneo.

- d.- **Análisis de la Socavación General para Suelos Cohesivos en Cauces Definidos y con Rugosidad Uniforme u Homogénea**

El problema consiste en calcular la erosión máxima general que se puede presentar en una sección al pasar una avenida con un gasto de diseño  $Q_d$ , el cual tendrá un cierto periodo de retorno. Para los cálculos subsecuentes se requiere conocer el gasto  $Q_d$  y la elevación que alcanza la superficie del líquido para ese gasto en la sección en estudio.

En esta teoría, la magnitud de la erosión en suelos limosos plásticos y arcillosos depende principalmente del peso volumétrico del suelo seco.

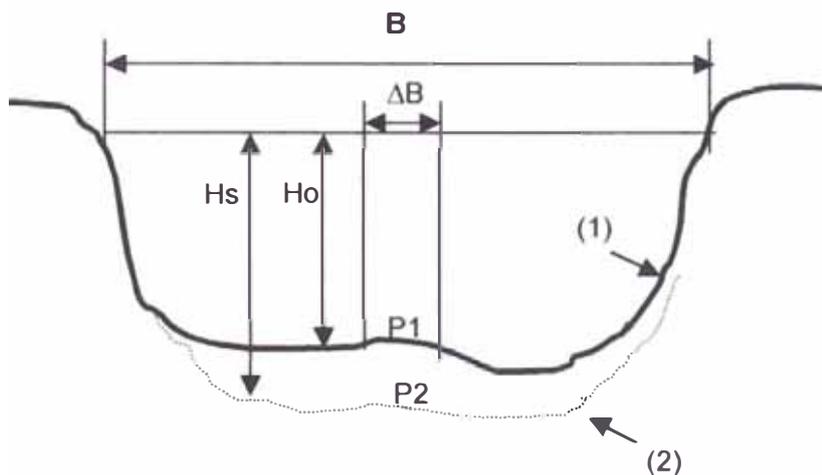
En este caso el valor de la velocidad erosiva,  $V_e$ , que es la velocidad media que se requiere para degradar el fondo, esta dado por la siguiente expresión:

$$V_e = 0.60 \gamma_d^{1.18} \beta H_s^x \dots\dots\dots(3.16)$$

Donde:

- $V_e$  = Velocidad Erosiva en m/seg.
- $\gamma_d$  = Peso Volumétrico del material seco que se encuentra a la profundidad  $H_s$ , en ton / m<sup>2</sup>.
- $\beta$  = Un coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia y cuyo valor esta consignado en el cuadro N° 3.7.
- $H_s$  = Tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer el valor de  $V_e$  requerido para arrastrar y levantar al material, en m.
- $X$  = Es un exponente variable que está en función del peso volumétrico  $\gamma_d$  del material seco en ton/m<sup>3</sup>, el cual se encuentra consignado en el cuadro N° 3.8 para suelos cohesivos. En ese mismo cuadro se indica el valor de la expresión  $1/(1+x)$  que será necesario mas adelante,

La variación de la velocidad media real de la corriente  $V_r$ , en función de la profundidad y para cada punto de la sección puede ser obtenida analizando una franja vertical de la sección transversal, como la mostrada en la figura que se muestra a continuación:



- (1) Perfil antes de la erosión.
- (2) Perfil de equilibrio tras la erosión.

**Figura N° 3.1**  
**Franja Vertical para el estudio de Velocidad Real**

La hipótesis que se formula para realizar el cálculo es que el gasto en cada franja permanece constante mientras dura el proceso erosivo.

Tómese la franja de espesor  $\Delta B$ , y en forma hipotética considérese que el fondo se encuentra en su nivel inicial antes de que se produzca la erosión. El gasto que pasa por esa sección se puede expresar según Manning Considerado que este caso, por ser  $\Delta B$  pequeño, el radio hidráulico es igual al tirante.

$$\Delta Q = V \times \Delta A = \frac{S^{1/2} H_o^{5/3} \Delta B}{n} \dots\dots\dots(3.17)$$

Donde:

- $\Delta B$  = Diferencial de Ancho de cauce.
- $S$  = Pendiente Hidráulica.
- $H_o$  = Profundidad antes de la erosión.
- $n$  = Coeficiente de Rugosidad de Manning.

Ahora bien, en la franja en estudio, al incrementarse  $H_o$  y alcanzar un valor cualquiera  $H_s$ , la velocidad disminuye a un valor  $V_r$ , en función de la velocidad y el tirante.  $\Delta Q$  en la franja  $\Delta V$  está expresado por:

$$\Delta Q = V_r \cdot H_s \cdot \Delta B \dots\dots\dots(3.18)$$

Donde:

- $H_s$  = Es la altura del cauce mas la profundidad de socavación.

Igualando las ecuaciones (3.17) y (3.18) se tiene:

$$Q = \frac{S^{1/2} \times H_o^{5/3}}{n \times H_s} \dots\dots\dots(3.19)$$

La erosión se detendrá cuando a una profundidad cualquiera alcanzada, el valor de  $V_r$  velocidad de la corriente capaz de producir arrastre y  $V_e$

velocidad que se necesita para que el fondo se degrade lleguen a ser iguales.

$V_e = V_r$  es la condición de equilibrio

Entonces igualando ambas expresiones tenemos:

$$0.60 \cdot \gamma d^{1.18} \cdot \beta \cdot H_s^x = S^{1/2} \cdot H_o^{5/3} / n$$

Despejando  $H_s$ , se tiene:

$$H_s = \left[ \frac{S^{1/2} \times H_o^{5/3}}{0.60 \gamma d^{1.18} \times B \times n} \right]^{1/(1+x)} \dots\dots\dots(3.19)$$

**Cuadro N° 3.7**  
**Valores de Coeficiente  $\beta$  para el calculo de la Velocidad Erosiva**

Probabilidad anual (en %) de que se presente el gasto de diseño	Coeficiente $\beta$
100	0.77
50	0.82
20	0.86
10	0.90
5	0.94
2	0.97
1	1.00
0.3	1.03
0.2	1.05
0.1	1.07

**Cuadro N° 3.8**  
**Valores del Exponente X para el Cálculo de la Velocidad Erosiva**

SUELOS COHESIVOS					
$\gamma d$ ( mm)	X	1/(1+X)	$\gamma d$ ( mm)	X	1/(1+X)
0.80	0.52	0.66	1.20	0.39	0.72
0.83	0.51	0.66	1.20	0.38	0.72
0.86	0.50	0.67	1.28	0.37	0.73
0.88	0.49	0.67	1.34	0.36	0.74
0.90	0.48	0.67	1.40	0.35	0.74
0.93	0.47	0.68	1.46	0.34	0.75
0.96	0.46	0.68	1.52	0.33	0.75
0.98	0.45	0.69	1.58	0.32	0.76
1.00	0.44	0.69	1.64	0.31	0.76
1.04	0.43	0.70	1.71	0.30	0.77
1.08	0.42	0.70	1.80	0.29	0.78
1.12	0.41	0.71	1.89	0.28	0.78
1.16	0.40	0.71	2.00	0.27	0.79

#### e.- Evaluación de Áreas Susceptibles a Erosión

Esta evaluación se efectúa en las áreas que se encuentran en estado evidente de erosión, para lo cual se requiere una evaluación de los daños existentes y daños potenciales, a fin de tomar medidas de prevención y/o control en forma oportuna.

Estas evaluaciones se hacen considerando los siguientes aspectos:

##### Agrícola

Se evalúan las áreas erosionadas o con riesgo de ser afectadas por la erosión, la rentabilidad de la tierra y los productos que se extraen. La unidad de medida es la hectárea (Ha), se considera el valor del terreno dañado como perjuicio. Se tipifica el grado de pérdida del terreno o cultivo.

##### Urbano

Se consideran los diferentes centros urbanos y anexos existentes, susceptibles a la inundación y erosión, que pone en riesgo a la población y que requieren protección; para ello es necesario un

inventario pormenorizado de centros poblados, número de viviendas, servicios, población, etc.

#### Infraestructural

Se evaluará la infraestructura de riego y drenaje del área agrícola, la infraestructura vial, como es el caso de puentes y caminos, el abastecimiento de agua para la población, las plantas hidroeléctricas, etc.; es decir todas las estructuras sujetas a erosión en función a máximas avenidas.

#### Industrial

Se deberá evaluar las probables pérdidas económicas referidas al aspecto agroindustrial del valle y otras industrias existentes en la zona.

### **3.8 ASPECTOS ECONOMICOS**

#### **3.8.1 VALOR ECONOMICO DE LAS PERDIDAS POR INUNDACUIÓN**

Se determina el valor económico de los daños existentes ó futuros por inundación. Para ello se considera los efectos que ocasionaría una avenida superior a la del promedio de las avenidas anuales registradas.

Se considera los daños que se podrían producirse en épocas de avenidas; es decir, tanto los cultivos en producción, como los terrenos, viviendas, infraestructura, industria, etc.

La predicción de los daños es relativa y está en función del comportamiento erosivo del río, a fin de establecer las medidas relativa necesarias de defensa. Se pretende cubrir todos los sectores que requieren de ejecución de obras, con el fin de evitar mayores daños, y planteando una política de recuperación y ampliación de terrenos agrícolas.

#### **3.8.2 BENEFICIO DE OBRAS DE ENCAUZAMIENTO**

El encauzamiento de un río, implica beneficios bien definidos como son:

- o Protección de áreas de cultivo.
- o Recuperación de áreas perdidas por el efecto erosivo.
- o Incorporación de nuevas áreas al cultivo.
- o Protección de viviendas y centros de poblados, y
- o Protección de obras de infraestructura de servicios.

La protección de sectores urbanos repercute en el equilibrio socioeconómico con los sectores de producción agrícola.

Dentro de los lineamientos de la política de encauzamiento, se incrementan áreas de producción, con inversiones de bajo costo con beneficios inmediatos, incidiendo en el incremento de la economía familiar y nacional.

## ***CAPITULO 04***

## CAPITULO 4

### CRITERIOS UTILIZADOS PARA EL DISEÑO

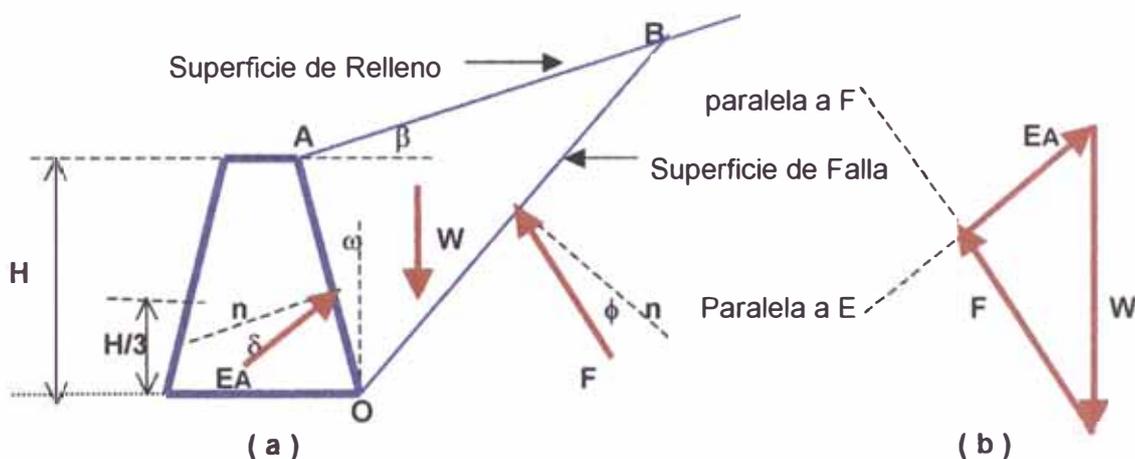
En este capítulo haremos mención, de los criterios que se utilizan para el diseño de las estructuras de Defensa Ribereñas construidas con Gaviones.

La estructura se analiza como un muro de contención ya sea de concreto ciclópeo ó armado, teniendo en cuenta que el mismo estará sometido a los distintos efectos del terreno como por ejemplo: el agua, sobrecarga del relleno, etc.

Para determinar el empuje activo del terreno ó relleno que actúa sobre la estructura, se utilizará la conocida Ley de Coulomb, cuyo contenido se explica a continuación:

#### 4.1 LEY DE COULOMB

La teoría de Coulomb considera que el empuje sobre un muro se debe a una cuña de suelo limitada por el paramento ó cara del muro, la superficie de relleno y una superficie de falla desarrollada dentro del terreno, a la que se supone plana, como se muestra en la figura N° 4.1.



Fuerzas Actuantes sobre la Cuña Teórica Analizada  
Figura N° 4.1

La cuña **AOB** tiende a deslizarse bajo el efecto de su peso y por esta razón se producen esfuerzos de fricción tanto en el respaldo del muro como a lo largo del plano **OB**. Dado que las fuerzas friccionantes se desarrollan por completo, las fuerzas del empuje activo **E<sub>A</sub>** y la fuerza resultante del resto del terreno **F** resultan inclinadas respecto a las normales correspondientes.

Los ángulos de fricción son  $\delta$ , entre el muro y el relleno y  $\phi$ , entre suelo y suelo respectivamente. El valor del ángulo esta dado de modo que varíe de:

$$0 \leq \delta \leq \phi$$

En efecto si  $\delta = 0$  corresponde al muro liso y es inconcebible un valor menor para un ángulo de fricción. Por otra parte, si  $\delta > \phi$  lo cual en principio es posible, la falla se presentaría en la inmediata vecindad del respaldo del muro, pero entre suelo y suelo.

Este caso es prácticamente igual a que el deslizamiento ocurriese entre muro y suelo, por lo que puede tomarse en cuenta para  $\delta$  el valor límite  $\phi$ . Siguiendo indicaciones de Terzaghi, el valor de  $\delta$  puede tomarse en la practica como:  $\phi / 2 \leq \delta \leq 2\phi / 3$ .

Considerando el equilibrio de la cuña se ve en la figura N° 4.1.b que el polígono dinámico constituido por **W**, **F** y **E** debe cerrarse. Como **W** es conocida en dirección y magnitud y se conocen previamente las direcciones de **E** y **F**, dicho polígono dinámico puede construirse para una cuña dada. Así puede conocerse la magnitud del empuje sobre el muro.

No hay razón alguna para que la cuña escogida sea la que produzca el empuje máximo, por lo que el método de trabajo que se propone consiste en un procedimiento de tanteos. Se consideran diferentes cuñas, y se calcula el empuje correspondiente a cada una, llegando así a una aproximación razonable para el valor máximo, producido por la cuña crítica.

Debe notarse que si el plano de falla escogido coincide con el respaldo del muro, el empuje correspondiente a esa cuña será, evidentemente nulo. Además, si el plano de falla se escoge formando un ángulo  $\phi$  con la horizontal el empuje también es nulo; en efecto, en este caso, ver la figura N° 4.1.b, la fuerza **F** resulta vertical hacia arriba; siendo **W** vertical hacia abajo, y la única posibilidad de equilibrio será **W = F** y **E = 0**.

Para las cuñas con plano de falla situado entre esas dos posiciones extremas, el empuje sobre el muro no es cero, luego debe existir un máximo, que resulta así geométricamente acotado. Ese máximo es el que ha de aproximarse por el método de tanteos arriba descrito.

Existen algunos métodos como Culmann, Círculo de Fricción y La Espiral Logarítmica, que permiten llegar a un valor del empuje máximo adecuado para los proyectos prácticos gráficamente, obviando los tanteos.

Para el caso de un relleno “ friccionante “ limitado por un plano, aunque sea inclinado y de un muro de respaldo plano puede darse un tratamiento matemático a las hipótesis de Coulomb y llegar a una fórmula concreta para el empuje máximo. Esta fórmula se da a continuación:

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2 \frac{\cos^2 (\varphi - \delta)}{\cos^2(\omega) \cos(\delta + \varphi) \times \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \text{sen}(\varphi - \beta)}{\cos(\delta + \omega) \cos(\omega - \beta)}} \right]^2} \dots\dots(4.1)$$

Donde:

- E = Empuje activo máximo, según la Teoría de Coulomb.
- H = Altura del relleno en el espaldón del muro.
- $\gamma$  = Peso específico del relleno.
- $\phi$  = Angulo de fricción interna del suelo.
- $\omega$  = Angulo formado entre el respaldo del muro y la vertical.
- $\beta$  = Angulo formado entre la superficie plana del relleno y la horizontal.
- $\delta$  = Angulo de fricción entre el muro y el relleno.

Cuando el Muro tiene  $\omega = 0$ , debido a que la espalda es recta y el  $\beta = 0$  porque el relleno es horizontal, la expresión del coeficiente activo se reduce a:

$$E = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A \dots\dots\dots(4.2)$$

Donde:

$K_A$  = Coeficiente de Empuje Activo del Suelo.

$$K_A = \frac{\cos^2 (\varphi)}{\cos (\delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \text{sen}(\varphi)}{\cos(\delta)}} \right]^2} \dots\dots\dots(4.3)$$

Para un suelo cohesivo la fórmula siempre va acompañada de la cohesión, parámetro que influye sensiblemente en la determinación del empuje activo.

Suele despreciarse el valor de la cohesión en el cálculo del empuje ya que esta con el tiempo suele modificarse y tiene gran influencia sobre el valor final del empuje.

La formula esta dada por:

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A - 2cH (K_A)^{1/2} \dots\dots\dots(4.4)$$

Donde:

- H = Altura del relleno en el espaldón del muro.
- K<sub>A</sub> = Empuje activo del relleno.
- γ = Peso específico del relleno.
- c = cohesión del relleno.

Cuando la estructura posee una sobrecarga sobre el relleno la formula queda expresada:

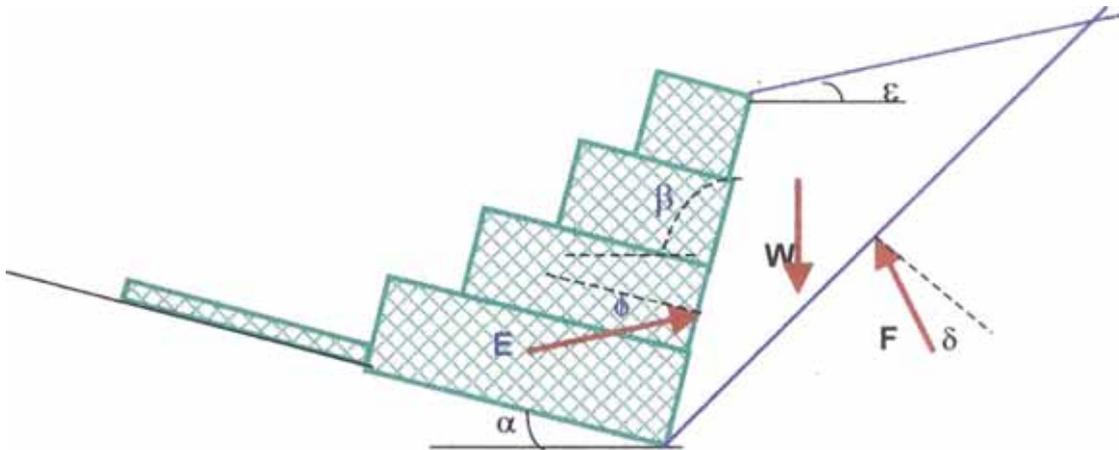
$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_A \left(1 + \frac{2hs}{H}\right) - 2cH (K_A)^{1/2} \dots\dots\dots(4.5)$$

Donde:

- q = Valor de la sobrecarga.
- hs = q / γ = Altura de la sobrecarga.

#### 4.2 OTRA EXPRESIÓN DE LA LEY DE COULOMB

Otra Expresión comúnmente usada de la ley de Coulomb considera que el parámetro del muro tiene una normal que forma un ángulo α con la horizontal, como se muestra en la figura N° 4.2



**Fuerzas Actuantes sobre la Cuña Analizada**  
**Figura N° 4.2**

Se demuestra caso que la constante del empuje activo de acuerdo a la ley de Coulomb queda expresada de la siguiente forma:

$$K_A = \frac{\text{sen}^2(\beta + \varphi)}{\text{sen}^2(\beta) \text{sen}(\beta - \delta) \times \left[ 1 + \sqrt{\frac{\text{sen}(\delta + \varphi) \text{sen}(\varphi - \epsilon)}{\cos(\beta - \delta) \text{sen}(\beta + \epsilon)}} \right]^2} \dots\dots (4.6)$$

Donde:

- $\beta$  = Angulo que forma el paramento del muro con la vertical.
- $\varphi$  = Angulo de fricción interna del suelo.
- $\delta$  = Angulo entre el relleno y el suelo.
- $\epsilon$  = Angulo del talud del relleno.

En el caso de una estructura con paramento vertical y un talud de relleno horizontal se tiene:

- $\beta = 90^\circ$ , ya que la estructura es recta con la vertical.
- $\epsilon = 0^\circ$ , ya que el relleno del espaldón no tiene talud.

Reemplazando estos datos en la fórmula del  $K_A$  y teniendo en cuenta que:

sen (90 + θ) = cos ( θ ), sen (90 + (-θ )) = cos (-θ) y cos (-θ) = cos (θ), la expresión del KA queda reducida a:

$$K_A = \frac{\cos^2 (\varphi)}{\cos (\delta) \left[ 1 + \sqrt{\frac{\sin (\delta + \varphi) \sin (\varphi)}{\cos (\delta)}} \right]^2} \dots\dots\dots (4.7)$$

Entonces como se puede apreciar las ecuaciones (4.3) y (4.7) son iguales, por lo tanto ambas se pueden usar en el calculo del empuje activo KA.

### 4.3 CRITERIOS DE ESTABILIDAD

Luego de realizar el diseño hidráulico del muro se procede a verificar la estabilidad del mismo, para estar seguro que las fuerzas externas que actúan sobre el, no lo lleven al colapso. Se deben considerar las siguientes verificaciones:

- Verificación del Volteo.
- Verificación del Deslizamiento.
- Verificación del Núcleo Central.
- Verificación de las Presiones Trasmitidas al Terreno.
- Verificación de la Sección Intermedia.

**4.3.1 Verificación al Volteo.-** Se considera como fuerza estabilizadora, el peso propio de la estructura u otra que actúe en contra del momento de volteo. Como fuerzas desestabilizadoras el empuje activo del relleno y el empuje de la sobrecarga que actúa sobre el relleno.

Se debe cumplir que:

$$\frac{M_r}{M_v} \geq FSV$$

Donde:

- Mr = Momento Resistente.
- Mv = Momento Volteo.
- FSV = Factor de Seguridad al volteo = 1,5

**4.3.2 Verificación al Deslizamiento.-** Para la verificación del deslizamiento se calcula la fuerza de fricción que evita el deslizamiento de la estructura, que es horizontal, multiplicando la fuerza vertical del peso propio de la estructura por

un coeficiente de fricción entre el suelo y gavión, que normalmente es  $\mu = \tan \phi$ , donde  $\phi$  es el ángulo de fricción del cauce.

La fuerza de fricción se compara con las fuerzas que actúan en contra de la estructura, en nuestro caso el empuje del relleno y la sobrecarga, fuerzas que por ser horizontales pero de sentido contrario, originan el deslizamiento en la base de la estructura.

Se debe cumplir que:

$$\frac{F_f}{F_H} \geq \text{FSD}$$

Donde:

$F_f$  = Fuerza de Fricción =  $\mu \times W = \tan \phi$ .

$F_H$  = Fuerza Horizontal Actuante.

FSD = Factor de Seguridad al Deslizamiento = 1,5

**4.3.3 Verificación del Núcleo Central.**- Las fuerzas que actúan sobre la estructura, como el empuje y el peso se resumen en una resultante, la cual es transmitida hacia el terreno, debiendo actuar y caer dentro del núcleo central, definido por la tercera parte de la base de la estructura.

Esta verificación es importante para evitar la inclinación del muro debido a asentamientos diferenciales de la base.

Se debe cumplir que:

$$e = \frac{B}{2} - X_o < \frac{B}{6}$$

Y siendo:

$$X_o = \frac{M_r - M_v}{W}$$

Donde:

B = Ancho de la base.

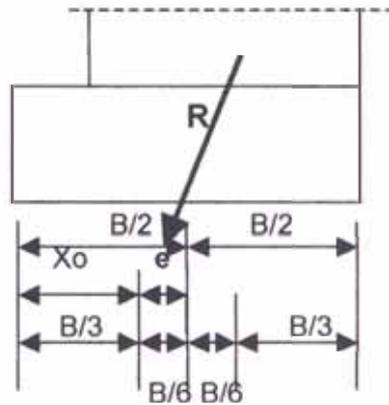
e = Excentricidad de la Resultante

$X_o$  = Lugar donde actúa la resultante

$M_r$  = Momento Resistente.

$M_v$  = momento de Volteo.

W = Peso de la Estructura.



**Fuerzas Resultante sobre el Núcleo Central**  
**Figura N° 4.3**

**4.3.4 Verificación de las Presiones transmitidas al Terreno.-** La fuerza resultante que actúa sobre la estructura, que pasa por el tercio del central y es transmitida hacia el terreno, produce una distribución de esfuerzos lineal sobre el terreno. El valor de la resultante debe mantenerse por debajo de la capacidad admisible del terreno ó suelo.

Se debe cumplir que:

$$\sigma_1, \sigma_2 < q. \text{ adm.} \quad \text{donde} \quad \sigma_1, \sigma_2 = \frac{W}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right)$$

Donde:

- $\sigma_1, \sigma_2$  = Esfuerzos producidos por el terreno
- q. adm. = Capacidad admisible del suelo.
- W = Peso de la estructura.
- B = Ancho de la base.
- e = Excentricidad de la resultante.

**4.3.5 Verificación de la Sección Intermedia.-** Esta prueba se realiza normalmente cuando el muro esta en su posición más desfavorable, la cual se produce, cuando el mismo tiene los escalones internos y el paramento externo plano, vale decir los escalones están enterrados con el relleno.

Esta verificación no es tan necesario realizarla, debido a que las demás han pasado satisfactoriamente los factores de seguridad de la estructura. Para nuestro caso la posición de la estructura es completamente distinta, pero a manera de ilustración daremos a conocer la verificación correspondiente.

La verificación se realiza siempre despreciando un piso del muro, y generalmente este es la base del muro. Las fuerzas que actúan son:

El Momento Actuante =  $M = Mr - Mv$ .

El Esfuerzo de Corte ó Tensión =  $T$ .

El Esfuerzo Normal ó Peso =  $W$ .

Dada a la gran resistencia a la tracción que presentan las estructuras hechas con gaviones, se presenta la máxima tensión cuando existe una excentricidad, expresada de la siguiente manera:

$$e = \frac{B}{2} - \frac{M}{W}$$

Para esta excentricidad se produce:

$$\sigma_{\max} = \frac{W}{0.8x}$$

En la cual:

$$x = \frac{\left(\frac{B}{2} - e\right)}{0.4}$$

Este valor de  $x$  representa la parte de la sección que está trabajando a compresión. Los valores de  $M$ ,  $W$  y  $T$ , deben ser estudiados como se indico en las verificaciones anteriores, teniendo en cuenta la estructura completa.

Se debe cumplir que:

$$\sigma_{\max} < \sigma_{\text{adm.}} \quad \text{y} \quad \tau < \tau_{\text{adm.}}$$

Donde:

$$\sigma_{\text{adm}} = 50 \gamma g - 30 \quad \tau_{\text{adm}} = \frac{W \operatorname{tg} \varphi^*}{B} + Cg \quad \tau = \frac{T}{B}$$

y:

$\sigma_{\max}$  = Esfuerzo. Máximo de Tensión (Ton/m<sup>2</sup>).

$\tau$  = Esfuerzo Tangencial (Ton/m<sup>2</sup>).

$\sigma_{adm}$  = Esfuerzo Admisible de Tensión (Ton/m<sup>2</sup>).

$\tau_{adm}$  = Esfuerzo Tangencial Admisible (Ton/m<sup>2</sup>).

También:

$$\phi^* = 25 \gamma g - 10 \text{ (Ton/m}^3\text{)}.$$

$$Cg = (0.03Pu - 0,05) 0,10 \text{ (Ton/m}^2\text{)}$$

$P_u$  = Peso Especifico de la red metálica en (kg/m<sup>3</sup>).

para gaviones de altura 1,00 m el  $P_u = 8,60$  (kg/m<sup>3</sup>).

para gaviones de altura 0,50 m el  $P_u = 12,00$  (kg/m<sup>3</sup>).

**Nota:** Es conveniente colocar gaviones de 0,5 m en el tercio inferior de los muros de gran altura debido a la alta resistencia de la malla en la sección intermedia, casi siempre dan valores mucho más favorables que con respecto a la sección completa.

## ***CAPITULO 05***

## CAPITULO 5

### ESTUDIO DE LOS GAVIONES

#### 5.1 INTRODUCCIÓN

El propósito de este capítulo es dar a conocer la versatilidad y la implicancia que actualmente tienen las estructuras hechas a base de Gaviones y colchones Reno, en los trabajos de Ingeniería a nivel mundial, en las distintas áreas que se ejecutan como: obras de contención, viales, fluviales, arquitectónicas, etc., etc. Pero cabe recalcar que nuestro tema esta enfocado en las obras hidráulicas de defensas ribereñas.

Por otro lado sabemos que actualmente los seres vivos, vivimos en una constante lucha por obtener un territorio para poder sobrevivir, el mismo que debe ser usado sin alterar el equilibrio necesario para garantizar la existencia de aquellos mismos seres vivientes. En este aspecto los gaviones juegan un papel importante, brindando ayuda al medio ambiente por reducir el daño causado por el hombre.

Los materiales sobre los cuales trataremos son los gaviones, los colchones reno y las redes de alambre tejido a doble torsión, que han sido utilizados por el hombre por más de un siglo para la construcción de obras hidráulicas y viales.

Por su propia naturaleza, estos materiales tienen la capacidad de integrarse con el terreno circundante, asegurando así el éxito y la durabilidad de la obra llevada a cabo.

Cabe señalar que su extrema simplicidad, a veces no pareciera estar acorde con la era de innovaciones tecnológicas que vivimos. Sin embargo, la realidad indica que su capacidad para drenar libremente y tolerar asentamientos, así como también para promover el desarrollo de la vegetación; todo este conjunto a su gran resistencia, nos permite documentar su gran confiabilidad y su armonía con el ambiente.

#### 5.2 DEFINICION

Los Gaviones Caja y los Colchones Reno son estructuras que son tejidas por alambres que pueden ser Galmac (Zinc+Aluminio), y también alambres recubiertos por PVC (polivinil de cloruro) para lugares donde exista la presencia de un alto grado de corrosión para las mallas de las estructuras a construir, como la brisa marina, aguas servidas, etc, etc.

Las estructuras a base de Gaviones permiten una adecuada respuesta a múltiples necesidades en el campo de la ingeniería civil. Las obras que permiten realizar son de fácil construcción, no necesitan cimentaciones profundas, no requieren de mano de obra calificada, lo cual resulta más económico que las que emplean las

soluciones rígidas o semi-rígidas. Al ser llenados con piedras se forman estructuras flexibles, monolíticas, permeables y armadas, que encuentran una adecuada aplicación en distintas áreas. En este tema se estudiará el caso de las defensas ribereñas construidas con gaviones.

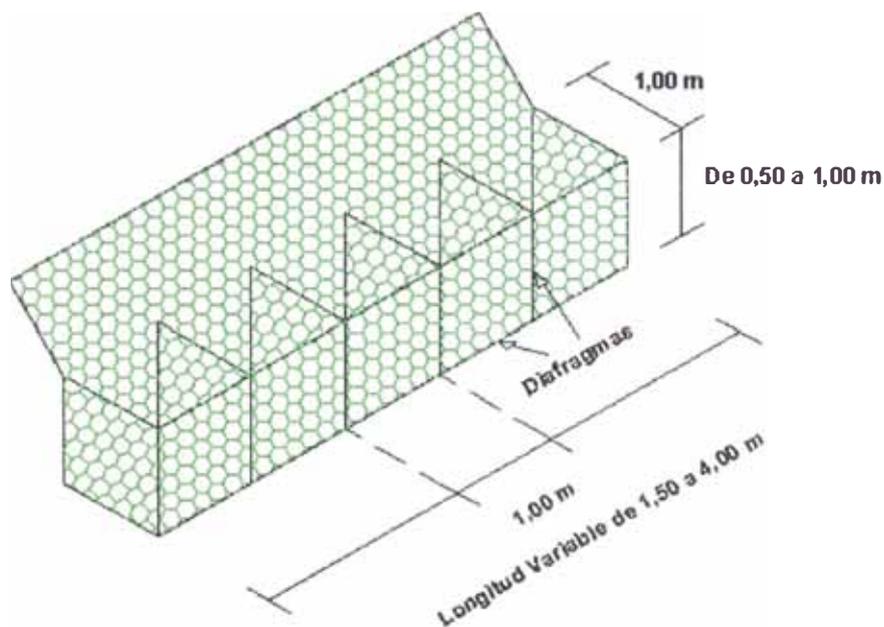
La fabricación de los Gaviones y Colchones Reno, en conjunto con las piedras que componen la obra terminada, aseguran robustez y duración comprobada. La monoliticidad del conjunto permite mantener la integridad de la estructura, aún en el caso de solicitaciones mayores que las previstas. Los alambres que constituyen la malla de los gaviones transmiten y distribuyen las tensiones en toda la estructura.

### 5.2.1 Gaviones Caja

Pueden ser galvanizados o de PVC, son elementos con forma de prisma rectangular, constituidos por una red metálica en malla hexagonal a doble torsión. El alambre utilizado es de tipo dulce, recocido, a fuerte galvanización. Las características de la calidad del alambre satisfacen las más variadas especificaciones internacionales.

Todas las extremidades de la red son reforzadas con alambres que tienen el diámetro mayor del que ha sido empleado en la fabricación de la red para robustecer la armadura metálica y facilitar la colocación en obra.

Los gaviones pueden ser divididos en celdas mediante la inserción de los diafragmas que tienen la función de robustecer la estructura y de facilitar las operaciones de colocación en obra. Tales diafragmas tienen las mismas características de la red que constituye el gavión y son unidos directamente al paño de base durante la fabricación.



**Gavión Caja de 1x1x5 m**  
**Figura N° 5.1**

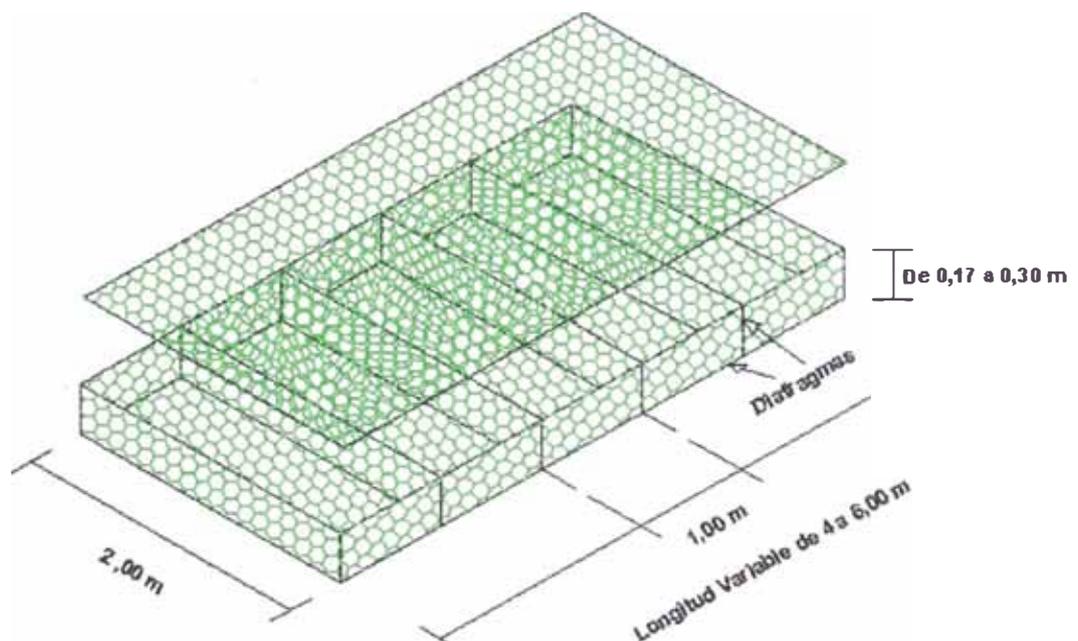
### 5.2.2 Colchones Reno

Pueden ser galvanizados o de PVC, están constituidos por una estructura metálica en forma de paralelepípedo de notable superficie y pequeño grosor están formados con tela metálica a malla hexagonal a doble torsión que, en general, tiene dimensiones más pequeñas de la usada para la fabricación de los gaviones. Las características del alambre son las mismas empleadas para los gaviones.

Sobre un paño continuo de red, que forma tanto la base como las paredes laterales del elemento, están montados los diafragmas a una distancia de un 1,00 m de manera que resulte una estructura celular.

Los diafragmas presentan características iguales a las de la red de la que esta constituido el paño de la base.

El paño de base, la tapa y los diafragmas están delimitados a lo largo de los bordes con alambre de diámetro mayor al utilizado para la red, de manera que se esfuerce la estructura y se facilite la colocación en obra.



**Colchon Reno de 2x10x0,30 m  
Figura N° 5.2**

### 5.3 CARACTERISTICAS DE LAS ESTRUCTURAS CON GAVIONES

Las estructuras a base de Gaviones y Colchones Reno se han introducido y afirmado desde hace ya 100 años en el campo de la construcción gracias a una serie de factores que las hacen ser preferidas por el proyectista con respecto a los otros materiales de construcción.

Las obras en gaviones son efectivamente estructuras:

**ARMADAS.-** Resistentes a cualquier tipo de sollicitación estando en condición de trabajar, en particular, incluso a tracción.

No deben ser consideradas como un conjunto de elementos aislados acomodados uno junto al otro, sino como estructuras homogéneas y monolíticas que pueden ser dimensionadas valorando todas las fuerzas en juego.

**FLEXIBLES.-** Las estructuras se encuentran en la capacidad de absorber incluso sollicitaciones imprevistas y localizadas de carácter extraordinario. Es ésta una de las cualidades más relevantes e importantes de las estructuras con gaviones, ya que si la misma se expone a enormes cargas de compresión, la estructura llega a deformarse, pero sin llegar a perder su resistencia sino que hacen trabajar a toda la estructura, debido a su gran capacidad de flexibilidad y a su vez se adapta a los movimientos del terreno.

**DRENANTES.-** Son capaces de evacuar las aguas de filtración en los terrenos, eliminando uno de los factores principales de inestabilidad de los mismos.

Se obtiene de esta manera, una perfecta bonificación de los terrenos mejorando sus características físicas y mecánicas.

En obras con carácter de protección de orillas, las estructuras de gaviones y colchones Reno alcanzan una integración global con la orilla del río que protegen, desde que permiten al agua drenar a través de ellos mismos. Por lo tanto, ellos proveen una filtración adecuada y una conexión con la napa freática que resulta esencial para la vida en los terrenos circundantes y para mantener la purificación biológica natural del agua, sin la cual el curso de agua podría correr el riesgo de transportar poluentes.

La permeabilidad de los gaviones y colchones reno también favorece al crecimiento de arbustos y árboles. Esto no solo restablece la apariencia del paisaje, sino que también le permite al ecosistema del río restaurar su propio equilibrio, eliminando aquellos factores que de otra forma limitarían todo crecimiento biológico.

**ECONOMICAS, FACILES DE COLOCAR EN OBRA E INMEDIATAMENTE FUNCIONALES.-** Los gaviones no requieren de mano de obra especializada y vienen preparados con el auxilio de los medios normales de obra. El costo de la estructura esta siempre en función de la distancia de la cantera de piedras o rocas, material que es usado para el llenado de los gaviones y colchones.

Mayor detalle de los costos y el análisis a precios unitarios se observará posteriormente.

No existen problemas de clima o estación y pueden ser colocados tanto en terreno seco como en agua.

La estructura entra inmediatamente en funcionamiento en el momento en que las cajas se rellenan y se unen sólidamente las unas y las otras.

Los trabajos de mantenimiento son irrisorios; incluso cuando por causas accidentales se verifica la ruptura de algún alambre, la superposición de un paño de red puede ser efectuada cómodamente sin comprometer la resistencia de la estructura.

Las obras en gaviones pueden, además ser modificadas y agrandadas con el tiempo, en función de las diferentes condiciones ambientales, la estructura se conserva inalteradas las características de homogeneidad y resistencia.

**DE MUY LARGA DURACIÓN.-** El eventual deterioro de la red galvanizada por oxidación es muy lento y con efectos no más graves que el envejecimiento en otras estructuras.

En condiciones particularmente agresivas o en ambiente marino donde se produce un proceso rápido de corrosión, es posible prever el revestimiento del alambre de fuerte galvanización con una capa de PVC que aumenta significativamente la durabilidad del mismo.

Hay que recordar que las características de las obras con gaviones favorecen con el tiempo el establecimiento de un estado de equilibrio natural. Por ello las obras tienen que soportar solicitaciones reducidas en comparación a la situación originaria por la cual habían sido dimensionadas. Todo esto permite afirmar con absoluta seguridad que las obras hechas con gaviones y colchones reno, excepto casos particulares, pueden ser consideradas de tipo definitivo y no temporal.

Con este propósito, se debe resaltar que la doble torsión de la red, en caso de ruptura accidental del alambre, impide el desarmado de la malla y la salida de las piedras de relleno.

**ECOLÓGICAS.-** Las estructuras hechas con gaviones y colchones reno, juegan un papel importante en el medio ambiente natural, ya que las mismas se consolidan con el tiempo, debido al llenado de material fino entre los espacios vacíos de las mallas y a la progresiva colmatación de las estructuras por el terreno. Es debido a estos factores que les crece vegetación en las estructuras, dándole un acabado mucho más estético que el de una estructura a base de concreto, y que definitivamente va más de acorde con el medio ambiente.

Esta característica es determinante por las exigencias de protección del paisaje que hay que tener en muy cuenta en la fase de diseño. La capa de vegetación que recubre las estructuras, además de garantizar y de ir acorde con el entorno natural, significa también el éxito técnico de la obra.

## 5.4 USOS PRINCIPALES DE LAS ESTRUCTURAS CON GAVIONES

Existe una gran cantidad de obras que se ejecutan con gaviones y colchones reno, dentro de las cuales se tiene obras hidráulicas, obras para suelos, para drenaje, filtraciones, contención, etc.

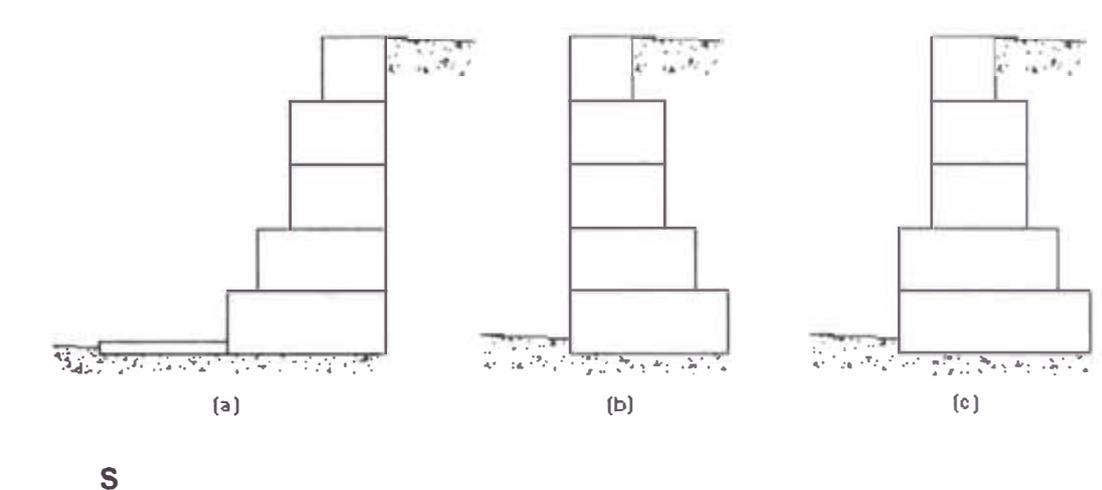
A continuación haremos mención de las estructuras más comunes construidas con gaviones y colchones reno:

- Defensas Ribereñas.
- Obras de Conservación de Suelos.
- Obras de control de erosión.
- Muros de Encauzamiento.
- Diques Longitudinales, Regulación, Transversales.
- Espigones.
- Barrajes.
- Muros de Contención.
- Revestimiento de Canales, Taludes y orillas.
- Bocatomas y tomas de Canal.
- Protección de Estribos de Puentes, de cabezales de Alcantarillas.
- Badenes.

Sin embargo este informe está enfocado netamente a la construcción de estructuras de Defensa de Riberas de ríos, canales, playas, etc.

## 5.5 SECCIONES TIPO MÁS USADAS

A continuación mostraremos las estructuras más usadas en las defensas de ríos. Hay que tener en cuenta que todas estas han sido verificadas al deslizamiento, volteo, núcleo central, etc.



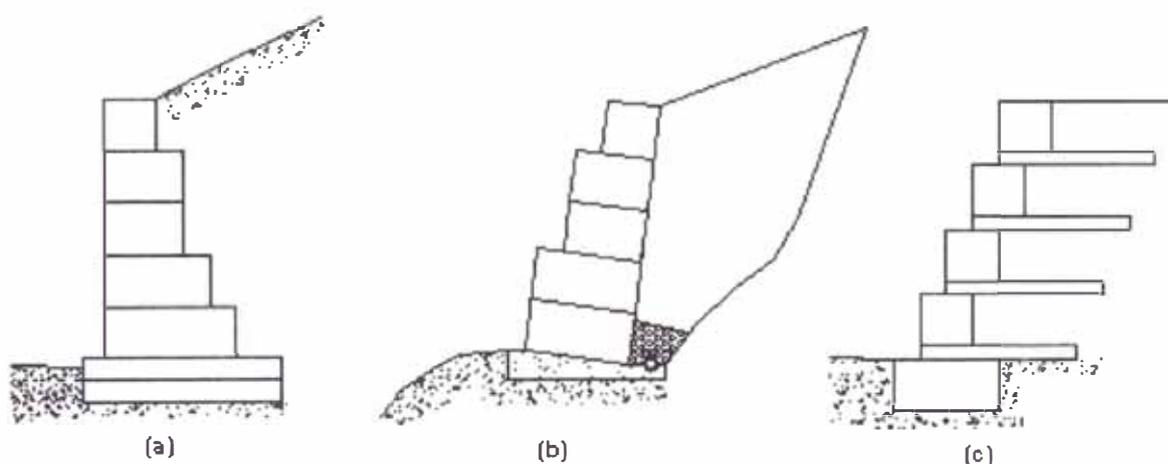
**Secciones Tipo más Usadas**  
**Figura N° 5.3**

La figura (5.3.a) muestra la sección típica de muros en la mayoría de obras usadas en la defensa de riberas de ríos. La sección muestra un muro con escalones externos, con un colchon reno en la base para evitar la socavación y el volteo del muro. Este tipo de muro resulta desde el punto de vista de estabilidad más favorable que los otros dos que también se muestran.

La figura (5.3.b) muestra un muro de gravedad con escalones internos y paramento externo plano, estos son preferidos algunas veces por razones de estética y por limitación de espacio, pero en caso de grandes alturas se necesita de algunos escalones externos. Este tipo de muro se usa básicamente para la contención de terreno, taludes, etc.

La figura (5.3.c) muestra un muro con escalones externos e internos, básicamente es el muro típico que se muestra en la figura (5.3.b) pero debido a su gran altura se necesita de algunos escalones externos para asegurar una mayor estabilidad a la estructura.

Hay que tener en cuenta que también hay estructuras más particulares en su diseño, dimensionamiento y metodología de calculo que los muros ya mostrados tanto como para muros de gravedad o defensas ribereñas. Aunque son poco utilizados en la práctica no consideramos oportuno detallarlos pero si mostrarlos en las siguientes figuras.



**Secciones Tipos de menos Uso  
Figura Nº 5.4**

La figura (5.4.a) muestra un muro de paramento interno escalonado siendo anclado en su base con una solera hecha de colchones reno, cabe recalcar que el mismo muro se puede ejecutar con los escalones externos y con las mismas características.

Para muros inclinados y apoyados sobre una base de concreto es oportuno colocar tubos drenantes recubiertos por grava, dispuestos atrás de la obra y en la base. A lo

largo del mismo se deben colocar dispositivos para conducir el agua por fuera de la obra, ver figura (4.5.b).

Asimismo la figura (5.4.c) muestra un muro de paramento externo escalonado anclado en el terreno con colchones reno entre nivel y nivel, también se puede usar para el anclaje paneles de malla. Este tipo de estructura se usa para el control de erosión y sostenimiento de taludes.

Por otro lado si comparamos con otras obras de contención, los muros hechos a gaviones debido a que poseen alta permeabilidad tienen una seguridad adicional en el caso de que se presente un empuje mayor al del proyecto.

## 5.6 IMPORTANCIA DE LAS ESTRUCTURAS CON GAVIONES EN OBRAS FLUVIALES

La relación entre el hombre y los cursos de agua es, a veces descrita como conflictiva, siendo los seres humanos acusados de querer aprovechar ríos y arroyos sólo en su propio beneficio.

Esto sucede cuando se olvida que un río tiene una tendencia a evolucionar continuamente, junto con la flora y la fauna de las tierras adyacentes. La mayoría de pueblos y ciudades que conocemos hoy, se han desarrollado en áreas que han sido habitadas desde tiempos muy antiguos; siendo los meandros de los ríos y las islas lugares favoritos para asentamientos humanos, debido a la disponibilidad de agua y a la fertilidad de la tierra para la agricultura.

Comenzó entonces una relación entre el hombre y el río que se ha ido desarrollando con el incremento poblacional y el desarrollo de la industria y de las rutas de la comunicación, requeridas para el intercambio económico y social.

Resulta difícil hoy ignorar los problemas de inundaciones que constantemente agobian a nuestro país en las épocas de lluvias, más aún cuando se presenta el llamado y conocido fenómeno "El Niño" que ataca a las poblaciones ubicadas en las zonas bajas aledañas a las márgenes de los ríos. También es necesario la protección de las áreas de cultivo así como también, no carreteras, vías férreas y construcciones industriales.

Sin embargo, no debemos olvidar que un curso de agua natural es una entidad viviente en continuo desarrollo que debemos proteger todo lo posible. Es preciso entonces establecer una lógica correcta de intervención y utilizar los materiales más idóneos.

Un diseño cuidadoso, un completo análisis del río y de su cuenca de aporte deben ser llevados a cabo, para identificar las razones de los problemas que se presenten y determinar las áreas aunque la intervención sea requerida. No debemos desechar intervenciones en áreas extensas si el problema a corregir es serio.

Las obras de encauzamiento y áreas de expansión pueden ser usadas con este propósito, pero la protección y regularización del lecho de un río por si misma debe ser aceptada, si es necesario.

La elección de materiales idóneos es fundamental para el éxito del proyecto.

A menudo escuchamos que los ríos no viven más en simbiosis con su cuenca de aporte y con la napa freática alrededor de ellos, esto es verdad si:

- El uso de obras de concreto separa casi por completo a los ríos de los terrenos circundantes.
- La remoción de una desmesurada cantidad de arena y grava del lecho del río reduce, si no es que elimina por completo, la capacidad de auto depuración biológica del río.
- El revestimiento muy extenso con concreto destruye el hábitat natural a lo largo de las orillas.
- El uso de protecciones consistentes en grandes bloques de piedra o de concreto, dificulta el acceso a las orillas tornando imposible el mantenimiento apropiado que debiera darse a la obra.

El uso de colchones Reno en revestimientos puede entonces ofrecer un trabajo de canalización aceptable, cuando el mismo es requerido por razones ingenieriles, dado que va armonizar con el ambiente circundante.

Por el hecho de que los gaviones y colchones son llenados con pequeñas piedras, estos presentan un coeficiente de rugosidad similar al de las orillas originales del río y por lo tanto las condiciones de flujo no son modificadas significativamente. El proyectista puede entonces evitar incluir tramos donde se alcancen altas velocidades, lo cual no solo causa erosión (implicando además la necesidad de trabajo adicional) sino que también evitaría la conexión hidráulica con la napa freática.

Esto último es importante porque la napa contribuye en la atenuación parcial de crecidas y también reduce los períodos de estiaje.

Las características de los gaviones caja y colchones Reno y la protección que los mismos proveen también permite la selección del sistema óptimo.

Es posible seleccionar la mejor estructura para cada protección de orilla en particular, usando ya sea estructuras masivas en gaviones caja o revestimientos delgados en colchones Reno.

Las estructuras con gaviones caja son útiles para orillas erosionadas de altura elevada, donde algunos árboles en las orillas pueden ser protegidos. Por otro lado, revestimientos con colchones Reno mas delgados, son especialmente indicados para proteger orillas mas bajas y menos inclinadas o escarpadas, donde la vegetación típica consiste en cáñamos y tipos de plantas ribereñas.

A pesar de que el alambre utilizado para tejer las mallas a doble torsión de los gaviones caja y colchones Reno, tienen galvanización pesada y que cuando así se requiera los mismos pueden ser cubiertos con PVC, el proceso de integración al ambiente es también un factor en la longevidad de las estructuras en gaviones caja y colchones Reno. De hecho que la vida útil de estas estructuras es mucho mayor que aquellas que podamos determinar si consideramos la excelente capacidad de preservación de la malla de alambre en forma solitaria.

Una estructura con gaviones caja y colchones Reno es inicialmente extraña al curso del agua, siendo su resistencia la que ofrece la protección y estabilidad requerida.

El proceso de filtración sedimentación y el gradual crecimiento de vegetación mencionado anteriormente integra a la estructura a la orilla circundante, de manera tal que al cabo de un tiempo, ya no tenemos simplemente una estructura de gaviones o colchones Reno sino una sección mucho mayor de orilla la cual, gracias a estos materiales, ha adquirido su propio equilibrio y una estabilidad global, la cual ya no dependerá de la resistencia de la malla de alambre.

Un testimonio palpable de esta transformación lo ofrecen las fotografías de obras, tomadas inmediatamente después de concluida la construcción de las mismas y compararlas con otras meses o años más tarde. Esta es la mejor demostración de la confiabilidad y éxito desde el punto de vista técnico, del trabajo llevado a cabo.

## **5.7 ENSAYOS MECANICOS DE LOS GAVIONES**

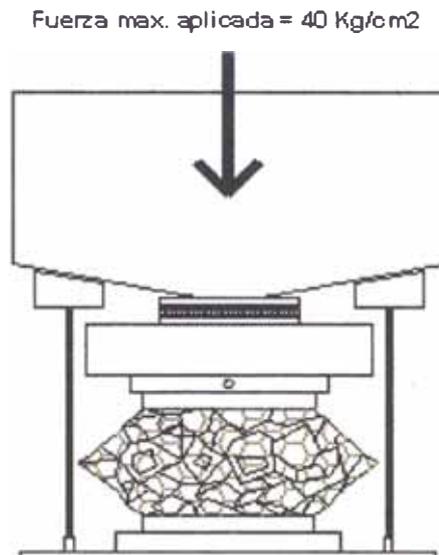
Maccaferri Empresa italiana que fue la que dio origen al invento de este producto, en los últimos años ha realizado con la colaboración de diferentes institutos universitarios, una serie de diversos ensayos tanto en modelos físicos como matemáticos, para conocer el comportamiento de la estructura con gaviones y así determinar la resistencia real de la obra.

Con la colaboración del Laboratorio de Ciencias de la Construcción de la Universidad de Bologna se ejecutaron una serie de pruebas a estructuras hechas con gaviones, como compresión simple, corte, corrosión, tracción, desgaste ó durabilidad.

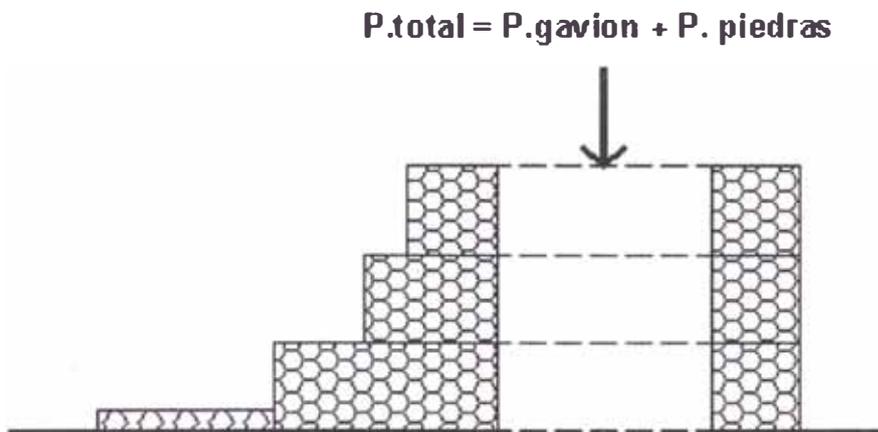
### **5.7.1 Prueba de Compresión**

En esta prueba se confirmó la gran flexibilidad de los gaviones conjugada con su elevada resistencia a la compresión, lo cual hace que experimenten grandes deformaciones con elevados valores de cargas antes de llegar a la rotura. En la prueba se llegó a valores de 20 a 40 kg/cm<sup>2</sup>, con deformaciones del de orden 10% para tensiones de 20 kg/cm<sup>2</sup>. Estas pruebas se realizaron sin confinamiento lateral, lo cual nos pone del lado de la seguridad, ya que en la obra los gaviones están confinados entre si por los distintos módulos que forman la estructura. En pruebas con confinamiento lateral se aplicaron cargas hasta el orden de 30 kg/cm<sup>2</sup>, y no se advirtió inconveniente en la estructura.

Los valores de tensión registrados son muy importantes y casi nunca se darán en las aplicaciones prácticas ya que las estructuras que estamos analizando en el presente informe son defensas ribereñas, las cuales solo soportan el peso propio de las mallas rellenas con piedras; siendo la hilera más desfavorable la primera ya que esta soportara todo el peso de las que estarán encima. Por lo tanto nos damos cuenta que los valores resultan una garantía adicional para la seguridad de la obra.



Prueba de Compresión Simple  
Figura N° 5.5



Peso Actuante sobre la Estructura  
Figura N° 5.6

La figura (5.6) muestra el peso que actúa en la estructura de la sección típica del muro, así mismo se aprecia que el primer nivel es el más crítico, ya que soportará el peso de los niveles superiores.

En la figura (5.5) se muestra la fuerza máxima aplicada en la prueba de compresión simple, este valor sobrepasa el valor del peso de las piedras mas gaviones que actúa en el primer nivel.

El peso total de cada nivel de un metro de altura es igual al peso de las piedras que están dentro de las mallas, entonces el valor numérico del peso total será:

$$\begin{aligned} P.\text{total} &= P.\text{gavion} + P.\text{piedras} \\ P.\text{gavion} &= \text{Se desprecia el peso de las mallas} \\ P.\text{total} &= P.\text{piedras} \end{aligned}$$

Entonces:

$$\begin{aligned} P.\text{piedras} &= P.\text{especifico de las piedras} \times \text{Volumen de las piedras} \\ P.\text{especifico de la Piedra} &= 2430 \text{ kg/m}^3 \\ \text{Volumen de las piedras} &= 1 \text{ m}^3 \\ P.\text{piedras} &= 2430 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 = 2430 \text{ kg} \end{aligned}$$

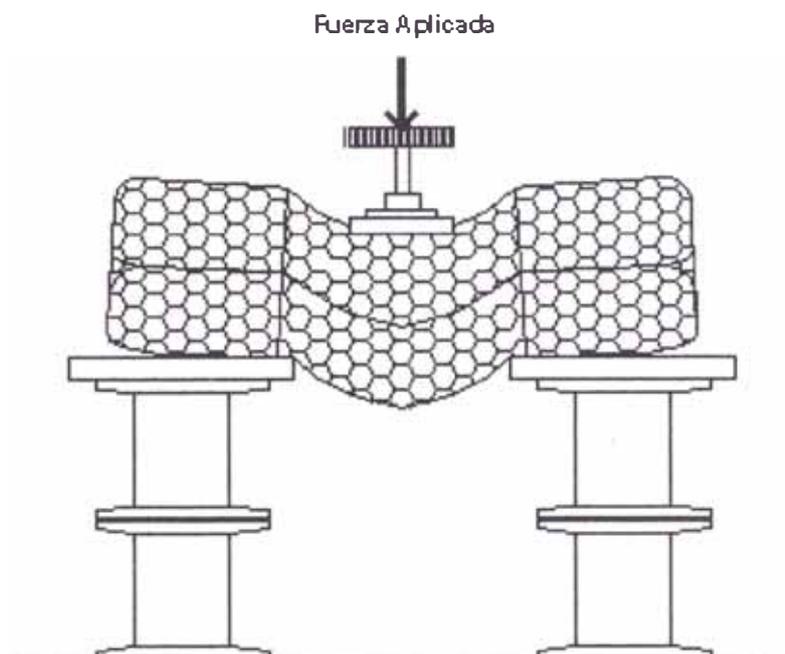
Se tiene:

$$P.\text{total} = 2430 \text{ kg} = 2,430 \text{ ton} \times 3 \text{ pisos} = 7,30 \text{ ton}$$

Por consiguiente el valor obtenido de 7.30 ton es la fuerza que ejerce el peso propio de las piedras sobre la malla (base), si lo comparamos con la fuerza de 400 ton aplicada en la prueba de compresión simple, podemos afirmar que no hay problema de rotura en las mallas por el peso de las piedras en la zona critica del muro.

### 5.7.2 Prueba de Corte

Se advirtió que las mallas ó gaviones poseen una elevada resistencia al corte, determinándose el modulo de elasticidad transversal  $G = 2,5$  a  $4,5 \text{ kg/cm}^2$ . Desde el punto de vista de la mecánica de suelos podemos decir que esta resistencia al corte equivale a la cohesión en el suelo, siendo en gran parte debida a la presencia de la malla.



**Prueba de Corte**  
**Figura N° 5.7**

### 5.7.3 Prueba de Corrosión

El aumento de la degradación del medio ambiente ha provocado una intensificación de los agentes corrosivos en el aire y en las aguas, que son expuestas las estructuras hechas de gaviones y colchones reno. Este fenómeno llevó a maccaferri a tratar de hallar un alambre de acero, cuyo revestimiento fuese más resistente a la corrosión que la actual galvanización pesada.

Gracias a la investigación científica maccaferri descubre una solución capaz de garantizar mayor durabilidad reduciendo los costos de mantenimiento, este es el recubrimiento compuesto por Zinc más Aluminio denominado Galmac.

Una aleación eutéctica es aquella que realiza una composición entre los dos metales, con una máxima mezcla de los microcristales, con una disminución de los intersticios y un consecuente aumento de las características mecánicas.

Así mismo el recubrimiento Galmac presenta una microestructura eutéctica muy fina, al contrario de aquella que presenta la galvanización pesada que tiene una disposición laminar en direcciones casuales, por esta razón el Galmac presenta una menor porosidad y una mayor uniformidad en la oxidación, con la consiguiente mayor resistencia a la corrosión.

El aluminio es un elemento más electropositivo que el zinc y por lo tanto presenta un tiempo de corrosión más largo. El zinc, siendo un metal menos noble, tiene la propiedad de ofrecer una propiedad galvánica al acero, es decir que en caso de fisuras ó daño al revestimiento de protección, los óxidos de zinc tienden a recubrir la parte del acero descubierta.

La unión de estos dos elementos permite la suma de sus efectos positivos, o sea, la mejor resistencia a la corrosión del aluminio y la mayor protección galvánica del zinc.

Durante la reacción de oxidación se forman cristales de zinc y aluminio. Los cristales resultantes de la formación de óxidos de zinc constituyen una masa bastante porosa, que puede ser removida por la acción del agua.

Por el contrario los cristales producidos por la oxidación del aluminio son más compactos y por lo tanto más estables.

Como consecuencia, la acción de protección ofrecida por los óxidos de aleación zinc / aluminio presentes en el Galmac es más eficaz.

Durante las pruebas de envejecimiento, se constató que el porcentual en peso del aluminio sobre la superficie externa del revestimiento aumenta con el tiempo. Por lo tanto la resistencia del Galmac a la corrosión tiende a aumentar durante la vida útil de la obra.

El revestimiento Galmac es extremadamente dúctil. En las torsiones del alambre, se constató un incremento de la resistencia a la formación de fisuras y al desprendimiento del revestimiento de protección.

La mayor resistencia a la corrosión de las mallas Galmac comparada con las de galvanización pesada y su consiguiente mayor durabilidad, fueron verificada cuantitativa y cualitativamente a través de pruebas en ambientes corrosivos.

Los resultados obtenidos y las relativas interpolaciones hechas, ofrecen las mayores garantías sobre la gran durabilidad del revestimiento Galmac.

A continuación se muestra una serie de diagramas comparativas de durabilidad, de las distintas pruebas corrosivas a las cuales fueron sometidas las mallas **GAlMac** y las de galvanización pesada **Zinc**, ya sea en ambientes salinos, industrial, marítimo y rural

### DIAGRAMAS DE PRUEBAS DE DURABILIDAD ANTE LA CORROSION DE LAS MALLAS ZINC y GALMAC

Diagrama N° 5.1



Diagrama N° 5.2



Diagrama N° 5.3

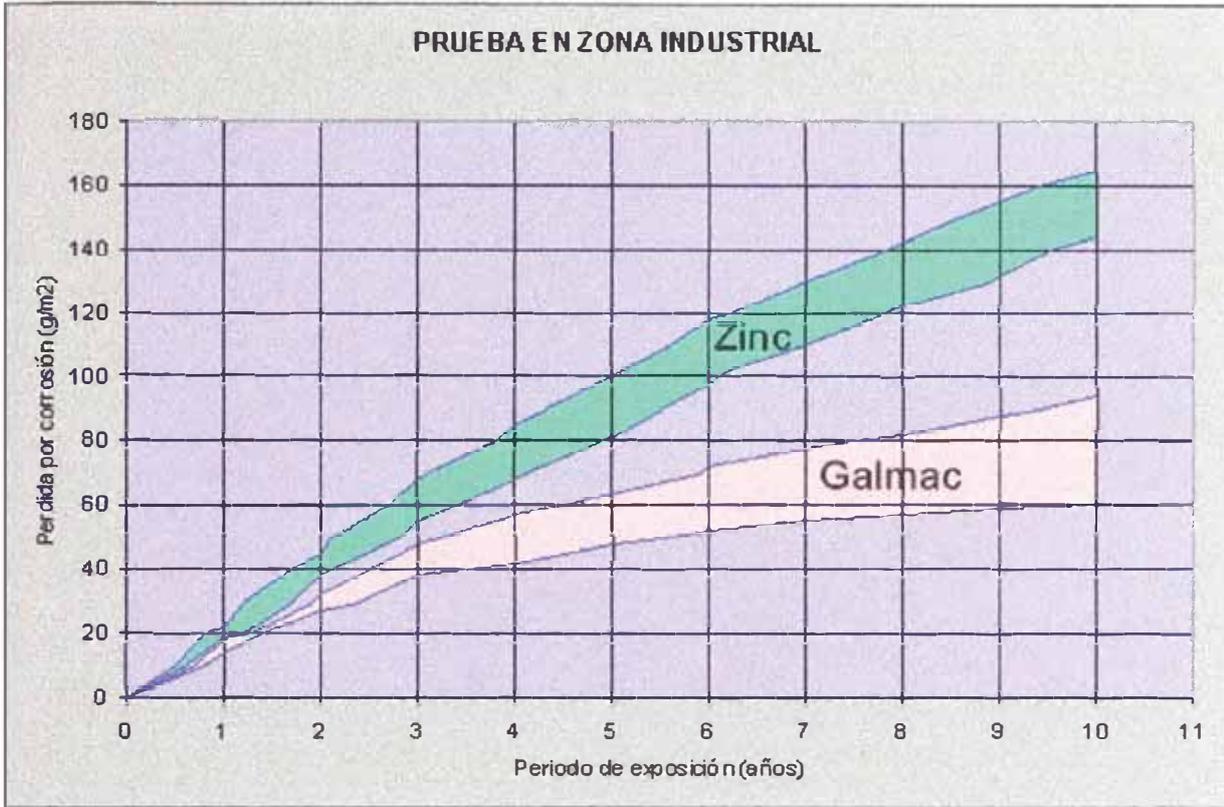


Diagrama N° 5.4

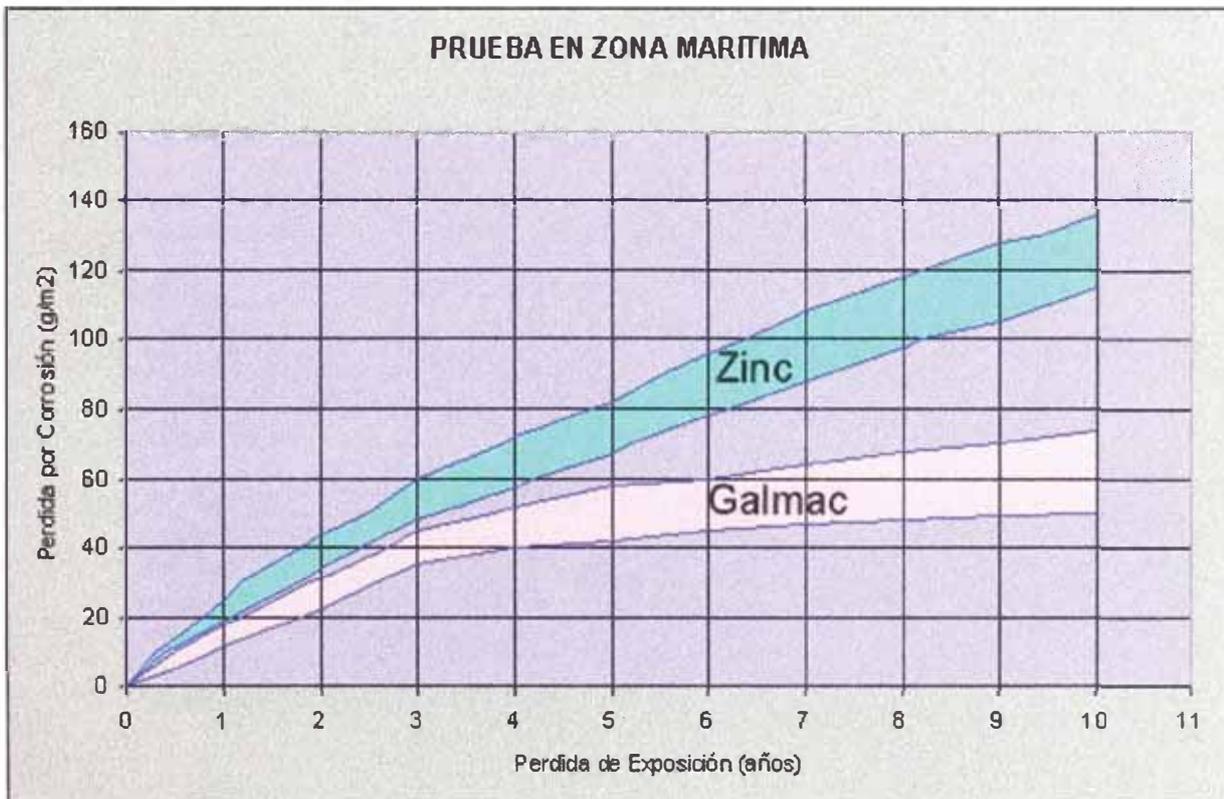
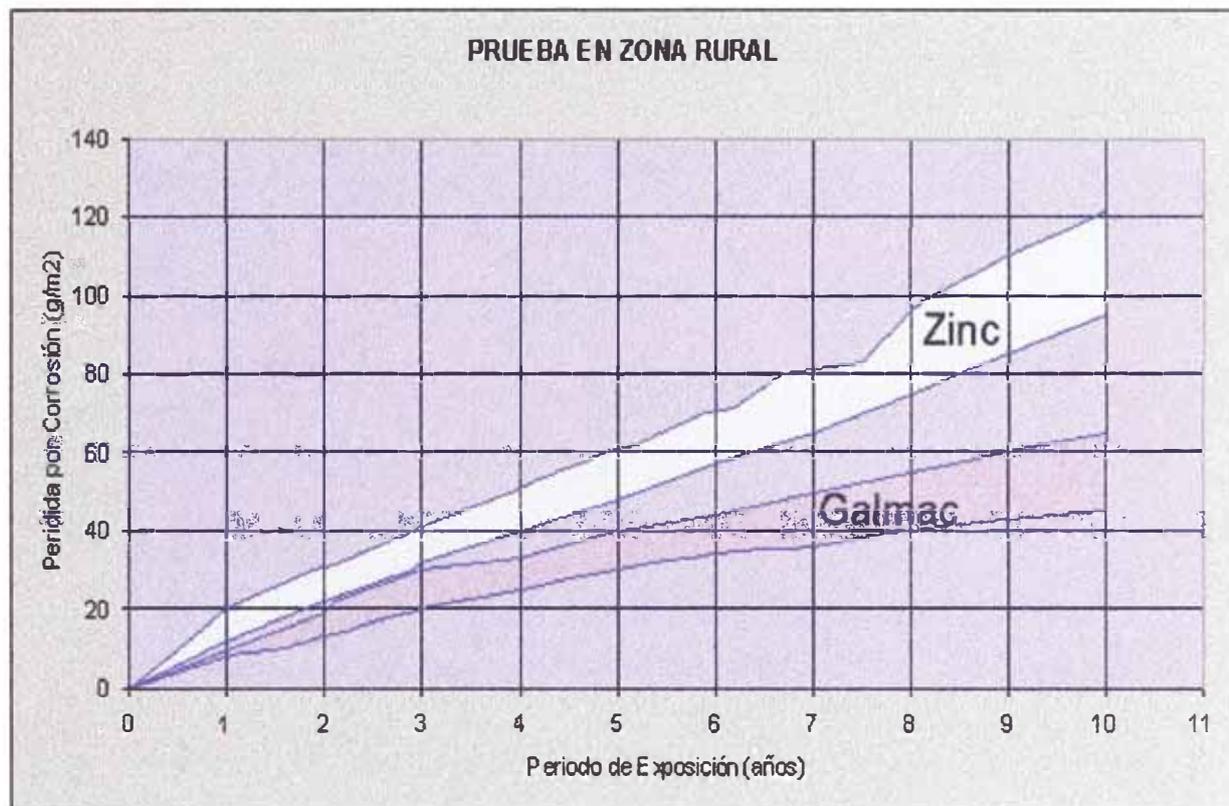


Diagrama N° 5.5



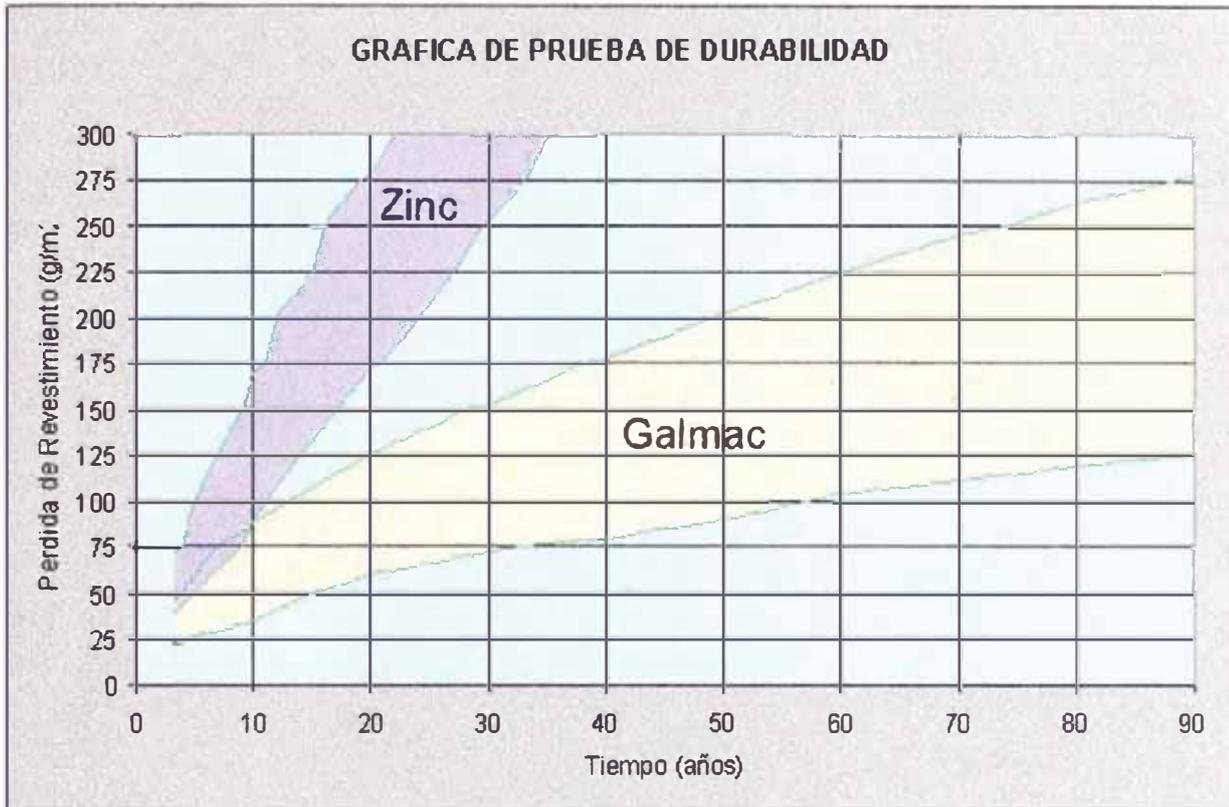
#### 5.7.4 Prueba de Durabilidad

Las pruebas efectuadas sobre las mallas Galmac confirmaron la hipótesis de una progresiva mejora a lo largo del tiempo, de la resistencia a la corrosión.

En general podemos afirmar que en las obras de muro de contención o en una defensa de márgenes, construidas con mallas hexagonal de doble torsión, tendrán una vida útil ilimitada si los alambres tuvieran una duración mayor que el tiempo de consolidación e integración natural de la obra con el terreno circundante.

El siguiente gráfico muestra que la corrosión del alambre Galmac se reduce progresivamente a lo largo de los años hasta casi su estabilización. Este fenómeno es explicado, en parte, por el hecho que la capa oxidada, formada sobre la superficie del alambre después de los primeros años, actúa como elemento de protección, que posteriormente reduce el proceso de oxidación del alambre. Cabe destacar que en los alambres enterrados, el proceso de oxidación tiende a reducirse aún más a lo largo del tiempo.

Diagrama N° 5.6



## ***CAPITULO 06***

## CAPITULO 6

### DISEÑO DE LA ESTRUCTURA

#### 6.1 DISEÑO DE LA DEFENSA CON GAVIONES

Con la Aspectos de la Geodinamica Externa (definidos en el capitulo anterior) y la Recopilación de Información de los datos de Campo, se procede al diseño de cualquier Estructura de Defensa Ribereña.

Para nuestro caso las Estructuras de Defensas son a base de Gaviones y para el diseño se tomaran las siguientes consideraciones.

**6.1.1 Caudal de Diseño.-** Este dato se calcula para un periodo de retorno de 200 años y la manera de efectuar los cálculos con la información obtenida de campo se presenta en el capitulo anterior.

**6.1.2 Sección Estable.-** Este dato se calcula para un periodo de retorno de 200 años.

**6.1.3 Altura de Muro.-** En base a la relación de manning, se obtiene una altura determinada de tirante de agua para el muro, la misma que debe tener en cuenta, considerar un borde libre que es igual  $e = V^2/2g$ .

$$H_{\text{muro}} = H_{\text{manning}} + \frac{V^2}{2 \times g}$$

**6.1.4 Socavación.-** En las estructuras a gaviones la socavación se evita con los colchones reno y la longitud de los estos esta en función a la altura de socavación:

$$L_{\text{colchon}} = 1.5 \times H_{\text{socavacion}}$$

#### 6.2 CALCULO DE LA ESTABILIDAD DE LA ESTRUCTURA

##### 6.2.1 Fuerzas que Intervienen en la Estructura

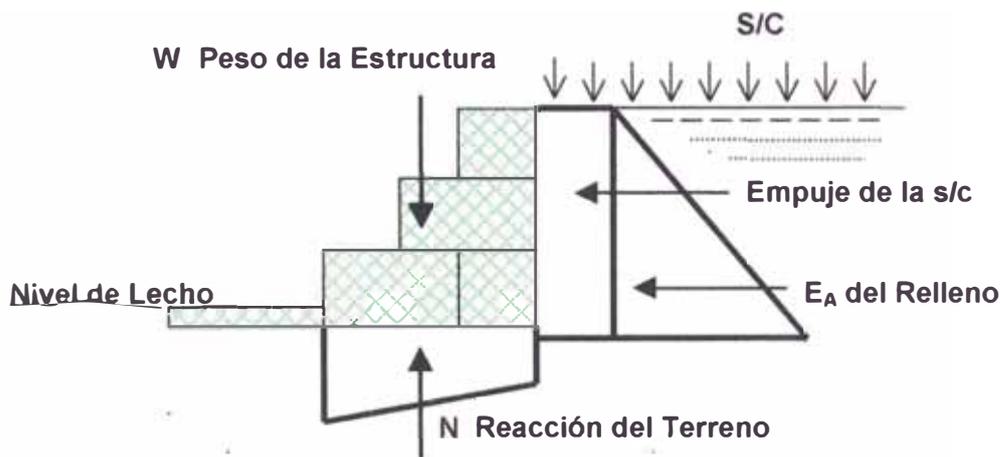
En general, las fuerzas actuantes contra un muro de contención en el cual la sección estructural se mantenga constante a lo largo de un trecho considerable, pueden calcularse para un trecho unitario de muro en la

dirección normal al plano del papel, generalmente de un metro. De hecho, cuando en lo que sigue no se mencione la longitud de muro sujeta a análisis, se entenderá que se trata de 1 m.

A continuación se analizan las diferentes fuerzas que deben tomarse en cuenta en el cálculo de la siguiente sección que se muestra en la figura N° 7.1.

Las fuerzas actuantes son:

1. **Peso Propio del Muro (  $W$  )**.- esta fuerza, actúa en el centro de gravedad de la sección de la estructura, puede calcularse cómodamente subdividiendo dicha sección en áreas parciales de cálculo sencillo.
2. **Empuje Activo del relleno (  $E_A$  )**.- esta fuerza actúa debido al relleno que se le coloca a los espaldones del muro, lo cual se aplica para darle estabilidad al mismo. El empuje del terreno se calculará mediante la Ley de Coulomb.
3. **La Componente Normal del Lecho del río (  $N$  )**.- es la presión que ejerce el suelo del río sobre la base de la estructura. Usualmente se considera a la presión linealmente distribuida a lo largo de la base, dando lugar a un diagrama trapezoidal. La resultante vertical de estas presiones actúa en el centro de gravedad del diagrama.
4. **La Sobrecarga (  $S/C$  )**.- es la fuerza producida por las cargas que se colocan sobre el relleno del muro, usualmente son distribuidas uniformemente o lineales.



Sección Típica del Muro de Gaviones  
Figura N° 6.1

### 6.2.2 Consideraciones para el Calculo de las Fuerzas Actuantes

Para determinar el valor del empuje activo del relleno usaremos la ya mencionada ley de Coulomb, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La superficie de rotura es plana.
- La fuerza de rozamiento interno se distribuye en forma uniforme a lo largo de la superficie de rotura.
- La cuña del terreno, parte del terreno entre la superficie de rotura y el muro se considera indeformable.
- Se desarrolla un esfuerzo de rozamiento entre el muro y el suelo en contacto, lo cual hace que la recta de acción del empuje activo sea perpendicular al paramento ó cara del muro.
- La rotura se analiza como bidimensional tomando una franja unitaria del muro considerando la estructura como continua e infinita.
- El talud del relleno es horizontal de acuerdo a la figura N° 6.1 de la sección típica del muro.
- Debido a que la estructura esta hecha con gaviones, tiene la característica de que es permeable con el agua de tal manera que puede filtrarse por el relleno, por lo tanto se puede omitir el empuje hidrostático, así mismo se evita también el sobredimensionamiento de la misma.
- Se considera el valor de la sobrecarga para vehículos encima del relleno que va de 1,5 a 2 Ton/m<sup>2</sup>. Para nuestro diseño de la estructura consideraremos una sobrecarga de 1 Ton/m<sup>2</sup>.
- El muro será de escalones externos, debido a su gran estabilidad de acuerdo a la figura N° 6.1 de la sección típica del muro.
- Es conveniente inclinar la estructura un ángulo de 6° a 10°, para disminuir el valor del coeficiente del empuje activo. Pero para nuestro caso tomaremos la estructura vertical, tal cual como se muestra en la figura N° 6.1 de la sección típica del muro.
- Para nuestro caso es conveniente asumir  $\delta = \phi$ , dado que la estructura no lleva geotextil en el espaldón y debido a que es de gaviones, de tal manera que aumenta sensiblemente el valor de la fricción.
- La Estructura tendrá que ser verificada al volteo, deslizamiento, núcleo central, presiones del terreno y a las secciones intermedias.
- Se tomará dos tipos de valores de Pesos Específicos del Suelo, Suelto y Compactado. El suelo suelto corresponde al de la base del muro y el compactado al relleno del espaldón.
- El material de relleno es propio, vale decir, es el material proveniente de la limpieza del cauce del río. El relleno se realiza en capas compactadas de 20 cm, este procedimiento mejora las características del terreno, minimizando el valor del empuje activo. Se tiene en cuenta que si hubiera alguna fuga de material, éste se depositará entre el material de relleno de las mallas (piedras), disminuyendo el porcentaje de vacíos y en alcanzando en poco tiempo, la estabilización ó consolidación natural del sistema.
- Las piedras deben ser por lo general de río (canto rodado), pero en la zona donde se ejecutó la obra la Costa Norte del Perú, los ríos solo transportan material arenoso con gran cantidad de limo, se tuvo que utilizar piedras de

- una cantera ubicada a 14 km de la obra, para el llenado de las mallas de los Gaviones Caja y Reno. El tipo de roca es Granodiorita,
- En la zona, la Costa Norte del Perú, el suelo es areno-limoso.
- Se utilizarán mallas cubiertas con PVC, debido a la presencia de brisa y agua marina.
- Hay que tener en cuenta que el peso específico de los gaviones es igual, al de las piedras multiplicado por el porcentaje de vacíos de las piedras ( $n = 30\%$ ).

### 6.2.3 Datos para el Calculo de las Fuerzas Actuantes

- Los Gaviones y Colchones Reno a usar son Galmac (Zinc + Aluminio), con un adicional de PVC.
- Las aberturas de las mallas de los Gaviones Caja son de 10 x 12 cm.
- Las aberturas de las mallas de los Colchones Reno son de 6 x 8 cm.
- El diámetro del alambre es de 3,4 mm para Gaviones Caja y de 3 mm para los Colchones Reno.
- Las dimensiones de los Gaviones Caja son de 5x1,50x1m. y 5x1x1m.
- Las dimensiones de los Colchones Reno son de 5x2x0,30 m.
- Las piedras a utilizar en los Gaviones Caja son de 8 a 10" y en los Colchones Reno son de 6 a 8".
- Angulo de fricción Interna del Relleno Compactado =  $\phi_1 = 40^\circ$ .
- Angulo de fricción Interna del Suelo ó Cauce sin compactar =  $\phi_2 = 35^\circ$ .
- Angulo del Talud del Relleno =  $\varepsilon = 0^\circ$ .
- Sobrecarga del Relleno S/C = 1 ton/m<sup>2</sup>.
- Peso Especifico de la Piedra = 2430 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Especifico de los Gaviones =  $\gamma_p (1 - n) = 2430 (1 - 0,30) = 1701$  kg/m<sup>3</sup>
- Peso Especifico del Suelo sin compactar = 1450 kg/m<sup>3</sup>
- Peso Especifico del Relleno Compactado = 2250 kg/m<sup>3</sup>
- Capacidad portante del Suelo = 40 ton/m<sup>2</sup>
- Coeficiente de Fricción del Suelo =  $Tg\phi$
- La altura del relleno de la espalda del muro es igual a la altura del muro = 3 m
- Consideramos la cohesión igual a cero.

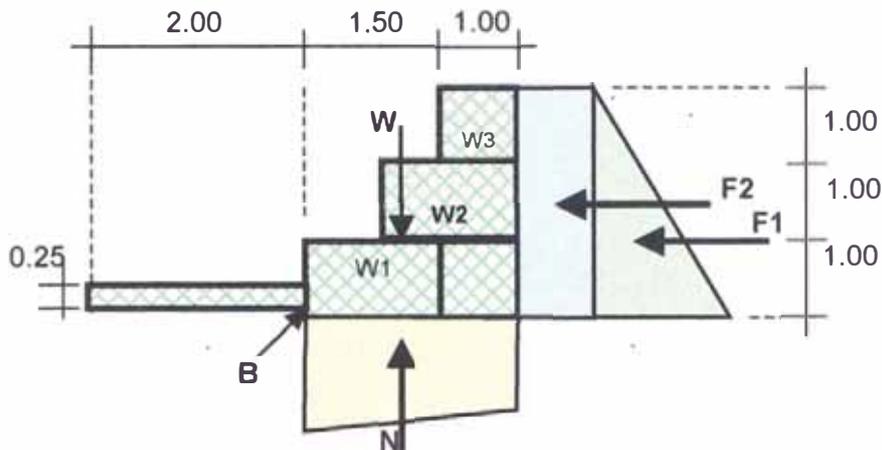


Diagrama de Fuerzas que actúan en el Muro de Contención  
Figura N° 6.2

#### 6.2.4 Calculo de las Fuerzas Actuantes en la Estructura

Para el calculo de F1, F2, previamente calcularemos el valor de  $K_A$ , hay que tener en cuenta que de acuerdo a los datos  $\delta = \phi_1$ , por lo tanto en la expresión ( I ) calculada anteriormente quedará reducida:

$$K_A = \frac{\cos(\phi_1)}{(1 + \sqrt{2} \sin(\phi_1))^2} = \frac{\cos(40)}{(1 + \sqrt{2} \sin(40))^2} = 0.211$$

Sabemos que:

$$F1 = E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 \cdot K_A = (2250) (3^2) (0,211) / 2 / 1000 = 2,13 \text{ ton}$$

$$F2 = q h K_A = (1) (3) (0,211) = 0,63 \text{ ton}$$

Calculo de W: sumamos las áreas de toda la sección de la estructura, luego la multiplicamos por el P.E. de los gaviones:

$$W_T = W1 + W2 + W3 + W4 = (2,5 + 1,5 + 1 + 2 \times 0,23) 1701 / 1000$$

$$W_T = 9,29 \text{ ton}$$

### 6.2.5 Calculo de las Verificaciones de la Estructura

1. **Verificación del Volteo.**- se tomara momentos con respecto al punto B, el más desfavorable para el muro, de acuerdo a la figura del diagrama de fuerzas.

FUERZA		Distancia d	MOMENTO	
Tipo	Valor		Resistente	Volteo
F1	2,13	1,00	-	2,13
F2	0,63	1,50	-	0,95
W1	4,25	2,00	8,50	-
W2	2,55	1,75	4,46	-
W3	1,70	1,25	2,13	-
W4	0,78	1,00	-	0,78
			15,09	3,86

Luego se tiene que cumplir que:  $M_r / M_v \geq F.V.S. = 2,00$

Por lo tanto:  $15,09 / 3,86 = 3,91 > 2,00$  Cumple!!!

2. **Verificación del Deslizamiento.**- hallaremos la fuerza de fricción actuante en la base del muro. Para el calculo del coeficiente de fricción se tomara en cuenta el valor del suelo sin compactar  $\phi 2$ .

Teniendo en cuenta que ya calculamos la normal que es igual al peso de la estructura, la fuerza de fricción es igual a:

$$F_f = \mu W = Tg(\phi 2) W = Tg(35^\circ) 9,29 = 6,50 \text{ ton}$$

$$F_H = F_1 + F_2 = 2,13 + 0,63 = 2,76 \text{ ton}$$

Luego se tiene que cumplir que:  $F_f / F_H \geq F.S.D. = 1,50$

Por lo tanto:  $6,50 / 2,76 = 2,36 > 1,50$  Cumple!!!

3. **Verificación del Núcleo Central.**- Para esta verificación se va a considerar la base de la estructura igual a 3m, se descartará la longitud de la malla antisocavante ó Colchón Reno.

Se sabe que:

$$B = 3 \text{ m}, M_r = 15,09 \text{ ton-m}, M_v = 3,86 \text{ y } W = 9,29 \text{ ton}$$

Por lo tanto:

$$e = B/2 - (M_r - M_v) / W = 2,5/2 - (15,09 - 3,86) / 9,29 = 0,04 \text{ m}$$

Luego se tiene que cumplir que:  $e \leq B/6$

Entonces:  $0,04 \leq 0,41$  Cumple!!!

- 4. Verificación de las Presiones transmitidas al Terreno.-** se tomará en cuenta el valor de la capacidad portante del terreno igual a 40 ton/m<sup>2</sup>.

Calculo de los esfuerzos producidos por la estructura:

$$\sigma_1, \sigma_2 = (W/B) (1 \pm 6e/B)$$

Donde:

$$\sigma_1 = (W/B) (1 + 6e/B) = (9,29/2,5) (1 + 6 \times 0,04/2,5) = 4,07 \text{ ton/m}^2$$

$$\sigma_2 = (W/B) (1 - 6e/B) = (9,29/2,5) (1 - 6 \times 0,04/2,5) = 3,36 \text{ ton/m}^2$$

Luego se tiene que cumplir:  $\sigma_1, \sigma_2 < q \text{ adm} = 40 \text{ ton/m}^2$

Entonces:  $4,07$  y  $3,36 < 40$  Cumple!!!

- 5. Verificación de la Sección Intermedia.-** para hacer el cálculo de esta verificación se debería despreciar la base del muro, pero para realizar la prueba mas critica la dejaremos completa.

Sabemos que:

$$\sigma_{\max} = w / 0,8x,$$

donde:

$$x = (B/2 - e) / 0,4 \text{ y } \sigma_{\text{adm}} = 50\gamma_g - 30$$

$$\text{Entonces: } x = (2,5/2 - 0,04) / 0,4 = 3,025 \text{ m}$$

También:

$$\sigma_{\max} = 9,29/0,8 \times 3,025 = 3,84 \text{ ton/m}^2,$$

$$\sigma_{\text{adm}} = 50 \times 1,701 - 30 = 55,05 \text{ ton/m}^2$$

Luego se tiene que cumplir:  $\sigma_{\max} < \sigma_{\text{adm}}$

Entonces:  $3,84 < 55,05$  Cumple!!!

Por otro lado:  $\tau = T/B, \tau_{\text{adm}} = W \times \text{tg}\phi^* / B + C_g$

Donde:

$$\phi^* = 25\gamma_g - 10 = 25 \times 1,701 - 10 = 32,5^\circ$$

$P_u =$  Para gaviones de altura 1,00 m el  $P_u = 8,6 \text{ kg/m}^3$ .

$$C_g = (0,03P_u - 0,05) (0,10) = (0,03 \times 8,6 - 0,05) (10) = 2,08 \text{ ton/m}^2$$

Luego:

$$\tau = 2,76/2,5 = 1,104, \tau_{adm} = 9,29 \text{ tg}(32,5^\circ)/2,5 + 2,08 = 4,44 \text{ ton/m}^2$$

Luego se tiene que cumplir:  $\tau < \tau_{adm}$

Entonces:  $1,104 < 4,44$  Cumple!!!

## 6. Calculo de la Altura de Socavación

De acuerdo a la clasificación del suelo anterior y a las formulas demostradas, calcularemos la profundidad de socavación del río para dar una longitud apropiada de la estructura antisocavante del Muro de Gaviones, este calculo será en función a las características del río como: la pendiente, el coeficiente de Manning, peso específico del suelo, etc.

Datos:

$$\gamma_d = 2,65 \text{ ton/m}^3$$

$$\beta = 0,88 \text{ (interpolando del Cuadro N}^\circ \text{ 3.7 - Capitulo 03)}$$

$$H_s = ???$$

$$x = 0,205 \text{ (interpolando del Cuadro N}^\circ \text{ 3.8 - Capitulo 03)}$$

$$S = 0,001$$

$$H_o = 2,00$$

$$n = 0,045 \text{ (de tablas)}$$

Entonces en la expresión calculada anteriormente tenemos que  $H_s$ :

$$H_s = \left( \frac{S^{1/2} \times H_o^{5/3}}{0,60 \times \gamma_d^{1,18} \times \beta \times n} \right)^{1/(1+x)} = \left( \frac{(0,001)^{1/2} \times (2)^{5/3}}{0,60 \times (2,65)^{1,18} \times (0,88) \times (0,045)} \right)^{1/(1+0,205)}$$

$$H_s = 1,25 \text{ m} \approx 1,50 \text{ m}$$

Por lo tanto la longitud del colchón Reno antisocavante debe ser de:

$$L_s = 1,5 \times 1,5 = 2,25 \text{ m} \approx 4,00 \text{ m}$$

Como los colchones se fabrican de 2 m de largo se tendrá que colocar 2 de 2 m, para poder satisfacer la medida de la socavación.

### 6.2.6 Otras Fuerzas

A continuación mencionaremos otras fuerzas que no intervienen en el cálculo del diseño, pero se deben tomar en cuenta para otros tipos de muro de contención. Estas fuerzas se toman en cuenta por varias razones, como la sección de la estructura, el material, la zona, el clima donde se ejecutara la obra el tipo de suelo, etc, etc.

Las fuerzas son:

1. **El Empuje Pasivo.-** es la fuerza producida por el terreno que va delante del pie del muro. En nuestro caso la estructura no tiene relleno en el lado del cauce, ya que la misma tiene la malla antisocavante llamada colchón Reno.

Esta fuerza si existiera en nuestro análisis también la calcularíamos por la Ley de Coulomb.

2. **Las Subpresiones.-** cuando la estructura lleva drenaje bajo la cimentación y no es el correcto ó ha sufrido un desperfecto, puede almacenarse aquella zona. Si la cimentación es impermeable, el agua puede fluir a lo largo de ella emergiendo a la superficie del suelo en el frente del muro; en estas condiciones puede haber riesgo de tubificación. En cimentaciones permeables, el agua que sale a la superficie puede ser poca, pero en todo caso se producen presiones de agua contra los materiales constituyentes del muro.
3. **La Vibración.-** Las vibraciones producidas por el paso del tráfico sobre caminos ó ferrocarriles, maquinas u otras causas, pueden incrementar las presiones contra muros cercanos. Ello no obstante no es frecuente introducir estos efectos en los cálculos comunes por lo pequeños. A veces puede convenir tomar en cuenta la vibración haciendo  $\delta = 0$ .
4. **El Impacto de Fuerzas.-** estas son producidas por ciertas causas externas, como movimiento de vehículos y otras pueden producir impacto sobre el relleno de un muro. Estos efectos tienden a ser rápidamente amortiguados por el propio relleno y no suelen tomarse en cuenta.
5. **Los Temblores.-** el efecto de los movimientos sísmicos pueden ser al aumentar momentáneamente la presión lateral contra el muro. El efecto no suele ser de gran consideración, pero en zonas críticas pueden tomarse en cuenta incrementando los empujes calculados en un 10%.
6. **Acción de las Heladas.-** cuando el drenaje de los rellenos no es adecuado, la parte superior del mismo puede saturarse y en condiciones climáticas apropiadas el agua puede helarse. Esto puede producir expansiones de cierta importancia en el relleno sobre el muro y este efecto puede hacerse notable cuando se repite frecuentemente. Estos efectos se evitan con drenaje apropiado.
7. **Fuerzas de Puente.-** cuando la estructura de defensa se ejecuta para la protección del estribo de algún puente atacado por las crecidas de un río,

se incluyen todas las fuerzas actuantes sobre el muro, también se considera las fuerzas de frenaje, centrífugas para puente de curva

8. **Las Fuerzas de Filtración por Agua.**- estas fuerzas son importantes en el cálculo, ya que se sabe, que normalmente ocurren precipitaciones pluviales en la zona donde se ejecutarán las estructuras hechas a gaviones, y si no ocurrieran, el diseño del muro siempre se calculará en la situación más desfavorable para su estabilidad. Por lo tanto siempre consideraremos la existencia del agua en el relleno.

Sabemos que el agua en el terreno ó relleno origina presiones hidrostáticas tras el muro, razón suficiente para que el empuje activo del terreno sobre el muro aumente.

## **CAPITULO 07**

## **CAPITULO 7**

### **ANÁLISIS DE LAS OBRAS PRINCIPALES REALIZADAS EN LA COSTA NORTE DEL PERU**

#### **7.1 LISTADO DE LAS OBRAS**

A continuación damos a conocer las obras las principales obras con gaviones que ejecutó la Institución de Defensa Civil **INDECI**, para la protección de las poblaciones aledañas a las riberas de ríos y quebradas en la Costa Norte del Perú, frente al embate del fenómeno El Niño de 1997-1998 :

##### **ANCASH :**

- Construcción de Muro de Gaviones en la margen derecha del Río Lacramarca, aguas arriba del Puente Culebras  
Provincia: Huarmey.  
Distrito: Culebras

##### **LA LIBERTAD:**

- Construcción de Muro de Gaviones en la margen derecha del Río Santa, aguas abajo del Puente Santa.  
Provincia: Santa  
Distrito: Huarmey
- Construcción de Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Huamanzaña, aguas arriba del Puente Chao.  
Provincia: Viru  
Distrito: Chao

**LAMBAYEQUE :**

- Construcción de Muro de Gaviones en la margen izquierda del Río Chochope, aguas arriba del Puente Motupe.  
Provincia: Ucupe  
Distrito: Chao

**PIURA :**

- Construcción de Muro de Gaviones en ambas márgenes de la Quebrada Carneros, aguas arriba y abajo del Puente Tambogrande.  
Provincia: Sullana  
Distrito: Tambogrande
- Construcción de Muro de Gaviones y 02 Espigones en la margen izquierda de la Quebrada Carneros, aguas arriba del Puente Tambogrande.  
Provincia: Sullana  
Distrito: Tambogrande
- Construcción de Muro de Gaviones en ambas márgenes de la Quebrada Fernández aguas arriba y aguas abajo del Puente Mancora.  
Provincia: Talara  
Distrito: Mancora
- Construcción de Muro de Gaviones en ambas márgenes de la Quebrada Mancora, aguas arriba del Puente Cabo Blanco.  
Provincia: Talara  
Distrito: Mancora

**TUMBES :**

- Construcción de Muro de Gaviones en la margen derecha de la Quebrada Cieneguillo, aguas arriba del Puente Palo Santo.

Provincia: Tumbes.

Distrito: Corrales

- Construcción de Muro de Gaviones en ambas márgenes de la Quebrada Palo Santo, aguas arriba del Puente Palo Santo.

Provincia: Contralmirante Villar

Distrito: Contralmirante Villar

- Construcción de Muro de Gaviones en ambas márgenes de la Quebrada Rubio, aguas arriba del Puente Rubio.

Provincia: Contralmirante Villar

Distrito: Cancas

- Construcción de Muro de Gaviones en la margen derecha de la Quebrada Corrales, aguas arriba del Puente La Cruz.

Provincia: Tumbes

Distrito: Corrales

- Construcción de Muro de Gaviones en la margen derecha de la Quebrada Bolsico, aguas abajo del Puente Bolsico.

Provincia: Tumbes

Distrito: Zarumilla

## **7.2 ANALISIS DE LAS OBRAS**

Las obras fueron construidas por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) durante el año 1997 – 1998, para la protección de las poblaciones aledañas a las riberas de los ríos y quebradas, de los posibles daños del fenómeno El Niño.

A continuación haremos mención de las causas más comunes por las cuales algunas colapsaron:

- Sin duda alguna la causa principal es la falta de información por inexistencia de datos de campo para la elaboración de los Expedientes Técnicos.
- La lucha contra el tiempo de la ejecución y término de las obras por la presencia del fenómeno El Niño, también trajo como consecuencia obviar la información necesaria en la elaboración de los Expedientes técnicos en las distintas zonas del norte del Perú.
- En algunas obras el colapso se produjo porque el agua atacó el relleno de los espaldones, trayendo como consecuencia el desmoronamiento del muro.
- Hay que tener en cuenta que la cantidad de agua que se hizo presente en este último Niño, estuvo por encima de los parámetros usados en los diseños de las obras. Vale decir el tirante de agua fue mucho mayor que la altura de la pantalla de los muros.  
Cabe recalcar que por más que cualquier defensa hubiese estado bien diseñada, esta no hubiese soportado la avenida extraordinaria del presente fenómeno.
- No se realizaron trabajos complementarios de una manera adecuada, como por ejemplo la limpieza de cauces de los ríos y quebradas.
- La longitud de los muros en algunas defensas era insuficiente como para poder evitar que el agua atacara sus espaldones, tampoco se tuvo una orientación adecuada respecto al flujo de la corriente del río.
- En algunas defensas el flujo del agua hacía impacto sobre la pantalla de los muros de una forma perpendicular, produciendo turbulencias entre el lecho del río y la cimentación del muro, dando origen a que se produjera una mayor socavación en la base del mismo, y por consecuencia el volteo del mismo.
- Se debió colocar una capa de geotextil como filtro entre el espaldón del muro y el material del relleno, para evitar que el agua producto de las lluvias

y del flujo de los ríos lavaré el material fino del relleno. Así mismo para disminuir la presión de poros que se produce al humedecerse el relleno

En algunas obras, las piedras que se utilizaron para el llenado de los gaviones caja y colchones reno fueron de pésima calidad. Eran piedras de tipo sedimentaria, que fácilmente se deshacían con el impacto de otra y que también se desintegraban con el flujo del agua.

Esto se produjo debido a que en el norte de nuestro país (Departamento de Tumbes) es difícil encontrar canteras con roca de buena calidad.

Algunos de los contratistas se veían obligados a usar las canteras con piedra sedimentaria debido a que esta se encontraba en un lugar mas cercano, que la de buena calidad.

## ***CAPITULO 08***

## CAPITULO 8

### ASPECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL

#### 8.1 INTRODUCCIÓN

Al final de la década del 60, en los países industrializados, y también en algunos países en desarrollo, el crecimiento de la concientización del público en cuanto a la rápida degradación ambiental y a los problemas sociales consecuentes condujo a los pobladores a demandar una mejor calidad ambiental y a exigir que los factores ambientales fuesen expresamente considerados por los gobiernos en la aprobación de programas de inversión y proyectos de gran envergadura.

Los métodos tradicionales de evaluación de un proyecto, basados solamente en criterios económicos, mostraron ser inadecuados para la toma de decisiones. Casi siempre limitados al análisis de costo y beneficio, sin considerar factores ambientales, los estudios de factibilidad aprobaron proyectos cuya implantación pudo resultar con daños inesperados a la salud, al bienestar social y a los recursos naturales, reduciendo así mismo los beneficios previstos.

En la búsqueda de medios que promoviesen la incorporación de factores ambientales a la toma de decisiones en la formulación de políticas específicas surgió una serie de mecanismos para la ejecución de esas políticas. Es así que se fijaron reestructuraciones administrativas y reformas institucionales, creándose incentivos económicos para el control de la polución; se implantaron sistemas de gestión ambiental, abriéndose los canales para que los ciudadanos pudieran participar en las decisiones.

De los instrumentos generados, el proceso de evaluación de impacto ambiental fue aquel que trajo mayores atenciones, habiendo sido ampliamente discutido y aceptado, por su adaptabilidad a diferentes esquemas institucionales y sus posibilidades de atender al mismo tiempo a requisitos técnicos y políticos.

## 8.2 DEFINICIÓN

Los impactos ambientales son aquellos cambios en los sistemas naturales que repercuten directamente sobre las poblaciones humanas, las mismas que dependen en gran medida de la continuación de las funciones ecológicas de esos sistemas (por ejemplo la provisión de agua pura, la dotación de oxígeno, la estabilidad de tierras altas, etc.), por lo tanto los impactos ambientales se refieren a la interrupción de funciones ecológicas de utilidad directa para la sociedad.

Por otro lado hay que tener muy en cuenta que el medio ambiente, además de su evolución natural, esta sujeto a constantes alteraciones. Una alteración puede ser causada por fenómenos naturales o provocadas por el hombre. Las alteraciones naturales se procesan mas o menos lentamente, en escalas temporales que varían desde centenas de años a pocos días, como es el caso de las catástrofes naturales. Las alteraciones resultantes de la acción del hombre son usualmente denominadas efectos ambientales.

La mayoría de los autores asocia al termino de impacto ambiental a cualquier alteración significativa en el medio ambiente en uno de sus componentes provocados por una acción humana.

Un impacto ambiental es siempre consecuencia de una acción. Sin embargo, no todas las consecuencias de una acción del hombre merecen ser consideradas como impactos ambientales.

## 8.3 LEYES QUE AMPARAN EL ECOSISTEMA EN NUESTRO PAÍS

En nuestro país existe una serie de Decretos Legislativos, Leyes, Reglamentos sobre la protección del mismo, los cuales estipulan que antes de ejecutar cualquier construcción en alguna zona donde el ecosistema se vea afectado ó sufriera un impacto negativo a corto ó mediano plazo, se tendrá que realizar un estudio de Impacto Ambiental el cual contendrá una descripción de la actividad propuesta por

ejecutar, así como también de los efectos directos ó indirectos previsibles de dicha actividad en el medio ambiente físico y social, a corto y largo plazo también la evaluación técnica de los mismos. En dicho estudio también se debe indicar las medidas necesarias para evitar ó reducir el daño a niveles tolerables.

Hay que tener en cuenta que el Estudio de Impacto Ambiental que se realiza es evaluado por el Consejo Nacional del Ambiente CONAM, así mismo es este consejo el que se encarga de dar las sanciones por incumplimiento. Luego de que la CONAM da una opinión favorable sobre el estudio, este se aprobará por el Consejo de Ministros mediante Decreto Supremo.

#### **8.4 IMPACTO DE LAS ESTRUCTURAS CON GAVIONES EN EL MEDIO AMBIENTE**

El impacto que puede ocurrir en el ecosistema debido a la construcción de estructuras con gaviones, ya sea para la defensa de Riberas de Río, Muros de Contención, Canales, Pilares de Puente, etc., no es negativo como la construcción de grandes estructuras como una Central Hidroeléctrica, una Central Nuclear ó en la construcción de Plantas Mineras que son las que mas se llevan a cabo en nuestro país y que también son las que mas daño ocasionan al medio ambiente.

Para ser más puntuales nos centraremos en el tema del presente informe Defensa Ribereñas con Gaviones en el Norte del Perú. Estas estructuras tienen la particularidad de que al presentar espacios vacíos entre las piedras que llenan las cajas (gaviones ó colchones reno), serán cubiertos con material fino (limo o arcillas) que arrastran el flujo de las corrientes de los ríos, y que se obtiene a mediano plazo una gran vegetación crecida en la misma estructura que da una mejor estabilidad debido al afianzamiento de la misma en el terreno y mucho más aún, produce un hermoso paisaje natural que cualquier otra estructura de otro tipo no presenta.

Esto no solo restablece la apariencia del paisaje, sino que también le permite al ecosistema del río restaurar su propio equilibrio, eliminando aquellos factores que de otra forma limitarían todo crecimiento biológico.

Para favorecer un rápido crecimiento de vegetación, en lugares donde el medio ambiente lo necesita, es muy factible y barato colocar en los espacios vacíos de las piedras que van en los colchones Reno, semillas, las mismas que con el regado de agua o las lluvias, cubrirán de vegetación a toda la estructura.

Es muy conocido el hecho de que las orillas erosionadas gravemente producen cantidades reducidas de biomasa, desde el momento en que tienen un pequeño intercambio con el agua del mismo curso.

En contraste con lo anterior, en orillas protegidas donde la vegetación puede crecer naturalmente, se producen grandes cantidades de biomasa.

Esto favorece a la formación de microorganismos que serán elementos particularmente importantes en la cadena alimenticia acuática.

Por otro lado la protección de las orillas con gaviones y/o colchones Reno, en comparación con las protecciones compuestas por grandes bloques de piedras naturales o muros de concreto, permiten a la bio-génesis ser mas o menos mantenida.

Esto ofrece una expresión practica del “respeto” a las orillas del curso del agua, que se encuentra ligado al mantenimiento del equilibrio biológico, una política cuyas implicaciones naturalmente van más allá del área que abarca este capítulo del tema del informe.

Se puede apreciar en el panel fotográfico la gran variedad de fotos en las que se muestran las estructuras antes, durante y después de su ejecución. En ellos se muestran los muros de gaviones cubierto de una extensa vegetación.

## ***CAPITULO 09***

## CAPITULO 9

### ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### 9.1 GAVIONES CAJA (ZINC + ALUMINIO)

##### 9.1.1 Descripción

Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Gaviones Caja con recubrimiento de zinc + aluminio y se realizará de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

##### 9.1.2 Materiales

El Gavión Caja es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido con un recubrimiento de zinc + aluminio.

El Gavión Caja estará dividido en celdas mediante diafragmas intermedios. Todos los bordes libres del gavión, inclusive el lado superior de los diafragmas, deberán estar reforzados con alambre de mayor diámetro al empleado para la red.

#### 1 Red Metálica

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

No ser fácil de destejer o desmallar.

Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.

Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión; las torsiones serán obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La abertura de la malla será de 10 x 12 cm para los Gaviones Caja.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones BS (British Standard)

1052/1980 "Mild Steel Wire", una carga de rotura media superior a 3800 Kg/cm<sup>2</sup> y un estiramiento no inferior al 12%.

El alambre deberá tener un recubrimiento de zinc + aluminio, de acuerdo a la Norma ASTM 856 Mishmetal Alloy Coated Carbon Steel, cuyo espesor y adherencia garantice la durabilidad del revestimiento, y la cantidad de zinc estará de acuerdo a las especificaciones BS (British Standard) 443 /1982 "Zinc Coating on Steel Wire", y ASTM A641 "Zinc-Coated (Galvanized) Carbón Steel Wire" para revestimiento Clase 3.

El diámetro del alambre de la malla será de 2.70 mm para los Gaviones Caja. El diámetro del alambre de amarre y atirantamiento será de 2,20 mm.

La especificación final para los Gaviones Caja será la siguiente:

Abertura de la malla	:	10 x 12 cm
Diámetro del alambre de la malla	:	2,70 mm (G)
Diámetro del alambre de borde	:	3,40 mm (G)
Recubrimiento del alambre	:	Zinc + Aluminio

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los gaviones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre es de 8% para los gaviones de 1,0 m de altura, en relación a su peso, y de 6% para los de 0,5 m de altura.

## 2 Piedra

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del gavión con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 12".

Antes de su colocación en obra, la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

### 9.1.3 Ejecución

Antes de proceder a la ejecución de obras con gaviones el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los gaviones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los gaviones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector antes de proceder a la colocación de los gaviones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el Inspector lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

El armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los gaviones. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes de proceder al relleno deberá amarrarse cada gavión a los adyacentes, a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los gaviones y se realizará de forma continua atravesando todas las mallas cada 10 cm con una y dos vueltas, en forma alternada.

Para obtener un mejor acabado los gaviones podrán ser traccionados antes de ser llenados, según disponga el Ingeniero Inspector. Como alternativa podrá usarse un encofrado de madera.

El relleno de los gaviones será efectuado con piedra seleccionada. El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, dejar el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando así un mayor peso.

Durante la operación de relleno de los gaviones, deberán colocarse dos o más tirantes de alambre a cada tercio de la altura del gavión de 1,00 m. Estos tirantes unirán paredes opuestas con sus extremos atados alrededor de dos nudos de la malla. Para gaviones de 0,50 m de alto bastará colocar los tirantes en el nivel medio de las cajas.

En caso de que los gaviones sean llenados previamente e izados para su colocación, deberán colocarse tirantes verticales.

Después de completar el relleno de los gaviones, se procederá a cerrar el gavión bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno del gavión sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

Los gaviones vacíos, colocados arriba de una camada ya terminada, deberán coserse a lo largo de las aristas en contacto con la camada inferior de gaviones ya llenos, para lograr un contacto continuo entre los mismos que asegure la monoliticidad de la estructura.

#### **9.1.4 Metodo de Medición**

Las obras con Gaviones Caja se medirán por metro cúbico de gavión ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

#### **9.1.5 Bases de Pago**

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado en base al precio unitario del contrato por metro cúbico para los Gaviones Caja. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

### **9.2 COLCHONES RENO (ZINC + ALUMINIO)**

#### **9.2.1 Descripción**

Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Colchones Reno con recubrimiento de zinc + aluminio y se realizará de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

#### **9.2.2 Materiales**

El Colchón Reno es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido por un recubrimiento de zinc + aluminio.

El Colchón Reno estará dividido en celdas mediante diafragmas intermedios. Todos los bordes libres del colchón, deberán estar reforzados con alambre de mayor diámetro al empleado para la red.

##### **1 Red Metálica**

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.  
Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión; las torsiones serán obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. De esta manera se

impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La abertura de la malla será de 6 x 8 cm para los Colchones Reno.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones BS (British Standard) 1052/1980 "Mild Steel Wire", una carga de rotura media superior a 3800 Kg/cm<sup>2</sup> y un estiramiento no inferior al 12%.

El alambre deberá tener un recubrimiento de zinc + aluminio, de acuerdo a la Norma ASTM 856 Mishmetal Alloy Coated Carbon Steel, cuyo espesor y adherencia garantice la durabilidad del revestimiento, y la cantidad de zinc estará de acuerdo a las especificaciones BS (British Standard) 443 /1982 "Zinc Coating on Steel Wire", y ASTM A641 "Zinc-Coated (Galvanized) Carbón Steel Wire" para revestimiento Clase 3.

El diámetro del alambre de la malla será de 2,20 mm para los Colchones Reno. El diámetro del alambre de amarre y atirantamiento será también de 2,20 mm.

La especificación final para los Colchones Reno será la siguiente:

Abertura de la malla	:	6 x 8 cm
Diámetro del alambre de la malla	:	2,20 mm (G)
Diámetro del alambre de borde	:	2,70 mm (G)
Recubrimiento del alambre	:	Zinc + Aluminio

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los colchones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre es de 5% en peso para los Colchones Reno.

## 2 Piedra

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Para el caso de los Colchones Reno, se recomienda adicionalmente que se tenga por lo menos dos capas de piedra en el relleno de los mismos. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del colchón con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 3" y 6".

Antes de su colocación en obra, la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

### 9.2.3 Ejecución

Antes de proceder a la ejecución de obras con los Colchones Reno el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los colchones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los colchones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista.

El armado y colocación de los colchones se realizará respetando las especificaciones del fabricante. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados los paneles de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes de proceder al relleno deberá amarrarse cada colchón a los adyacentes, a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los colchones y se realizará de forma continua atravesando todas las mallas con una y dos vueltas, en forma alternada.

Después de completar el relleno de los colchones, se procederá a cerrarlo colocando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno del colchón sea el suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

### 9.2.4 Metodo de Medición

Las obras con Colchones Reno se medirán por metro cuadrado de colchón ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

### 9.2.5 Bases de Pago

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado en base al precio unitario del contrato por metro cuadrado para los Colchones Reno. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

### 9.3 GAVIONES CAJA (PLASTIFICADOS ó PVC)

#### 9.3.1 Descripción

Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Gaviones Caja Plastificados ó de PVC y se realizará de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

#### 9.3.2 Materiales

El Gavión Caja es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido con un recubrimiento de zinc + aluminio y revestidos adicionalmente de PVC.

El Gavión Caja estará dividido en celdas mediante diafragmas intermedios. Todos los bordes libres del gavión, inclusive el lado superior de los diafragmas, deberán estar reforzados con alambre de mayor diámetro al empleado para la red.

##### 1 Red Metálica

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión; las torsiones serán obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La abertura de la malla será de 10 x 12 cm para los Gaviones Caja.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones BS (British Standard) 1052/1980 "Mild Steel Wire", una carga de rotura media superior a 3800 Kg/cm<sup>2</sup> y un estiramiento no inferior al 12%.

El alambre deberá tener un recubrimiento de zinc + aluminio, de acuerdo a la Norma ASTM 856 Mishmetal Alloy Coated Carbón Steel, cuyo espesor y adherencia garantice la durabilidad del revestimiento, y la cantidad de zinc estará de acuerdo a las especificaciones BS (British Standard) 443 /1982 "Zinc Coating on Steel Wire", y ASTM A641 "Zinc-Coated (Galvanized) Carbón Steel Wire" para revestimiento Clase 3.

Adicionalmente al recubrimiento de zinc + aluminio, el alambre tendrá un revestimiento por extrusión de PVC (polivinil cloruro), de un espesor mayor o igual a 0,50 mm, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Peso específico entre 1300 y 1350 kg/m<sup>3</sup>, de acuerdo con la ASTM D 792-66 (79).

Dureza entre 50 y 60 shore D, de acuerdo con la ASTM D 2240-75 (ISO 868-1978).

Pérdida de peso por volatilidad a 105°C por 24 horas no mayor a 2% y a 105°C por 240 horas no mayor a 6%, de acuerdo con la ASTM D 1203-67 (74) (ISO 176-1976) y la ASTM D 2287-78.

Carga de rotura mayor a 210 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Estiramiento mayor que 200% y menor que 280%, de acuerdo con la ASTM D 412-75.

- Módulo de elasticidad al 100% de estiramiento mayor que 190 Kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Pérdida de peso por abrasión menor que 190 mg según la ASTM D 1242-56 (75).

- Temperatura de fragilidad, Cold Bend Temperature, menor que -30°C, de acuerdo con la BS 2782-104 A (1970), y temperatura de Cold Flex Temperature, menor que +15°C, de acuerdo con la BS 2782-140 B(1976).

- La máxima penetración de la corrosión desde una extremidad del hilo cortado, deberá ser menor de 25 mm cuando la muestra fuera sumergida por 2000 horas en una solución con 50% de HCl (ácido clorhídrico 12 Be).

El diámetro del alambre de la malla será de 3,40 mm para los Gaviones Caja y el diámetro de amarre y atirantamiento será de 3,00 mm.

La especificación final para los Gaviones Caja será la siguiente:

Abertura de la malla	10 x 12 cm
Diámetro del alambre de la malla	3,40 mm (PVC)
Diámetro del alambre de borde	4,00 mm (PVC)
Recubrimiento del alambre	Zinc + Aluminio
Revestimiento adicional	PVC

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los gaviones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre es de 8% para los gaviones de 1,0 m de altura, en relación a su peso, y de 6% para los de 0,5 m de altura.

## 2 Piedra

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la malla y 2 veces dicho valor. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del gavión con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 6" y 12".

Antes de su colocación en obra, la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

### 9.3.3 Ejecución.

Antes de proceder a la ejecución de obras con gaviones el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los gaviones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los gaviones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista. Los niveles de excavación deberán ser verificados por el Ingeniero Inspector antes de proceder a la colocación de los gaviones; se constatará que el material de asiento sea el adecuado para soportar las cargas a que estará sometido y si el Inspector lo cree conveniente, las cotas podrán ser cambiadas hasta encontrar las condiciones adecuadas.

El armado y colocación de los gaviones se realizará respetando las especificaciones del fabricante de los gaviones. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes de proceder al relleno deberá amarrarse cada gavión a los adyacentes, a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los gaviones y se realizará de forma continua atravesando todas las mallas cada 10 cm con una y dos vueltas, en forma alternada.

Para obtener un mejor acabado los gaviones podrán ser traccionados antes de ser llenados, según disponga el Ingeniero Inspector. Como alternativa podrá usarse un encofrado de madera.

El relleno de los gaviones será efectuado con piedra seleccionada. El relleno debe permitir la máxima deformabilidad de la estructura, dejar el mínimo porcentaje de vacíos, asegurando así un mayor peso.

Durante la operación de relleno de los gaviones, deberán colocarse dos o más tirantes de alambre a cada tercio de la altura del gavión de 1,00 m. Estos tirantes unirán paredes opuestas con sus extremos atados alrededor de dos nudos de la malla. Para gaviones de 0,50 m de alto bastará colocar los tirantes en el nivel medio de las cajas.

En caso de que los gaviones sean llenados previamente e izados para su colocación, deberán colocarse tirantes verticales.

Después de completar el relleno de los gaviones, se procederá a cerrar el gavión bajando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno del gavión sea suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

Los gaviones vacíos, colocados arriba de una camada ya terminada, deberán coserse a lo largo de las aristas en contacto con la camada inferior de gaviones ya llenos, para lograr un contacto continuo entre los mismos que asegure la monoliticidad de la estructura.

#### **9.3.4 Metodo de Medición**

Las obras con Gaviones Caja se medirán por metro cúbico de gavión ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

#### **9.3.5 Bases de Pago**

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado en base al precio unitario del contrato por metro cúbico para los Gaviones Caja. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

### **9.4 COLCHONES RENO (PLASTIFICADOS ó PVC)**

#### **9.4.1 Descripción**

Este ítem se refiere a todas las obras ejecutadas con Colchones Reno Plastificados ó PVC y se realizará de acuerdo a las presentes especificaciones con los requisitos indicados en los planos.

## 9.4.2 Materiales

El Colchón Reno es un elemento de forma prismática rectangular, constituido por piedras confinadas exteriormente por una red de alambre de acero protegido por un recubrimiento de zinc + aluminio y revestido adicionalmente con PVC.

El Colchón Reno estará dividido en celdas mediante diafragmas intermedios. Todos los bordes libres del colchón, deberán estar reforzados con alambre de mayor diámetro al empleado para la red.

### 1 Red Metálica

Las características indispensables que deberá tener el tipo de red a utilizar son las siguientes:

- No ser fácil de destejer o desmallar.
- Poseer una elevada resistencia mecánica y contra fenómenos de corrosión.
- Facilidad de colocación.

La red será de malla hexagonal a doble torsión; las torsiones serán obtenidas entrecruzando dos hilos por tres medios giros. De esta manera se impedirá que la malla se desteje por rotura accidental de los alambres que la conforman.

La abertura de la malla será de 6 x 8 cm para los Colchones Reno.

El alambre usado en la fabricación de las mallas y para las operaciones de amarre y atirantamiento durante la colocación en obra, deberá ser de acero dulce recocido de acuerdo con las especificaciones BS (British Standard) 1052/1980 "Mild Steel Wire", una carga de rotura media superior a 3800 Kg/cm<sup>2</sup> y un estiramiento no inferior al 12%.

El alambre deberá tener un recubrimiento de zinc + aluminio, de acuerdo a la Norma ASTM 856 Mishmetal Alloy Coated Carbón Steel, cuyo espesor y adherencia garantice la durabilidad del revestimiento, y la cantidad de zinc estará de acuerdo a las especificaciones BS (British Standard) 443 /1982 "Zinc Coating on Steel Wire", y ASTM A641 "Zinc-Coated (Galvanized) Carbón Steel Wire" para revestimiento Clase 3.

Adicionalmente al recubrimiento de zinc + aluminio, el alambre tendrá un revestimiento por extrusión de PVC (polivinil cloruro), de un espesor mayor o igual a 0,50 mm, de acuerdo a las siguientes especificaciones:

Peso específico entre 1300 y 1350 kg/m<sup>3</sup>, de acuerdo con la ASTM D 792-66 (79).

Dureza entre 50 y 60 shore D, de acuerdo con la ASTM D 2240-75 (ISO 868-1978).

- Pérdida de peso por volatilidad a 105°C por 24 horas no mayor a 2% y a 105°C por 240 horas no mayor a 6%, de acuerdo con la ASTM D 1203-67 (74) (ISO 176-1976) y la ASTM D 2287-78.

- Carga de rotura mayor a 210 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Estiramiento mayor que 200% y menor que 280%, de acuerdo con la ASTM D 412-75.

- Módulo de elasticidad al 100% de estiramiento mayor que 190 Kg/cm<sup>2</sup>, de acuerdo con la ASTM D 412-75.

Pérdida de peso por abrasión menor que 190 mg según la ASTM D 1242-56 (75).

- Temperatura de fragilidad, Cold Bend Temperature, menor que -30°C, de acuerdo con la BS 2782-104 A (1970), y temperatura de Cold Flex Temperature, menor que +15°C, de acuerdo con la BS 2782-140 B(1976).

La máxima penetración de la corrosión desde una extremidad del hilo cortado, deberá ser menor de 25 mm cuando la muestra fuera sumergida por 2000 horas en una solución con 50% de HCl (ácido clorhídrico 12 Be).

El diámetro del alambre de la malla será de 3,40 mm para los Gaviones Caja y el diámetro de amarre y atirantamiento será de 3,00 mm.

La especificación final para los Colchones Reno será la siguiente:

Abertura de la malla	:	6 x 8 cm
Diámetro del alambre de la malla	:	3,00 mm (PVC)
Diámetro del alambre de borde	:	3,40 mm (PVC)
Recubrimiento del alambre	:	Zinc + Aluminio
Revestimiento adicional	:	PVC

El alambre para amarre y atirantamiento se proveerá en cantidad suficiente para asegurar la correcta vinculación entre los colchones, el cierre de las mallas y la colocación del número adecuado de tensores. La cantidad estimada de alambre es de 5% en peso para los Colchones Reno.

## 2 Piedra

La piedra será de buena calidad, densa, tenaz, durable, sana, sin defectos que afecten su estructura, libre de grietas y sustancias extrañas adheridas e incrustaciones cuya posterior alteración pudiera afectar la estabilidad de la obra.

El tamaño de la piedra deberá ser lo más regular posible, y tal que sus medidas estén comprendidas entre la mayor dimensión de la abertura de la

mallas y 2 veces dicho valor. Para el caso de los Colchones Reno, se recomienda adicionalmente que se tenga por lo menos dos capas de piedra en el relleno de los mismos. Podrá aceptarse, como máximo, el 5% del volumen de la celda del colchón con piedras del tamaño menor al indicado. El tamaño de piedra deseable estará entre 3" y 6".

Antes de su colocación en obra, la piedra deberá ser aprobada por el Ingeniero Inspector.

### 9.4.3 Ejecución

Antes de proceder a la ejecución de obras con los Colchones Reno el Contratista deberá obtener la autorización escrita del Ingeniero Inspector, previa aprobación del tipo de red a utilizar. Cualquier modificación en las dimensiones o en la disposición de los colchones a utilizar deberá contar con la aprobación del Ingeniero Inspector. No podrán aprobarse aquellas modificaciones que afecten la forma o la funcionalidad de la estructura.

La base donde los colchones serán colocados deberá ser nivelada hasta obtener un terreno con la pendiente prevista.

El armado y colocación de los colchones se realizará respetando las especificaciones del fabricante. Cada unidad será desdoblada sobre una superficie rígida y plana, levantados los paneles de lado y colocados los diafragmas en su posición vertical. Luego se amarrarán las cuatro aristas en contacto y los diafragmas con las paredes laterales.

Antes de proceder al relleno deberá amarrarse cada colchón a los adyacentes, a lo largo de las aristas en contacto, tanto horizontales como verticales. El amarre se efectuará utilizando el alambre provisto junto con los colchones y se realizará de forma continua atravesando todas las mallas con una y dos vueltas, en forma alternada.

Después de completar el relleno de los colchones, se procederá a cerrarlo colocando la tapa, la que será cosida firmemente a los bordes de las paredes verticales. Se deberá cuidar que el relleno del colchón sea suficiente, de manera tal que la tapa quede tensada confinando la piedra.

### 9.4.4 Metodo de Medición

Las obras con Colchones Reno se medirán por metro cuadrado de colchón ejecutado, de acuerdo a las medidas de los planos y a los requisitos de las presentes especificaciones.

#### **9.4.5 Bases de Pago**

El trabajo realizado de acuerdo a las especificaciones señaladas, medido según el acápite anterior, y debidamente aprobado por el Ingeniero Inspector, será pagado en base al precio unitario del contrato por metro cuadrado para los Colchones Reno. Dicho pago constituirá la completa compensación para la mano de obra, materiales, equipos, herramientas, implementos y todo concepto necesario para la correcta ejecución de la partida.

## ***CAPITULO 10***

## CAPITULO 10

### ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS Y PRESUPUESTO

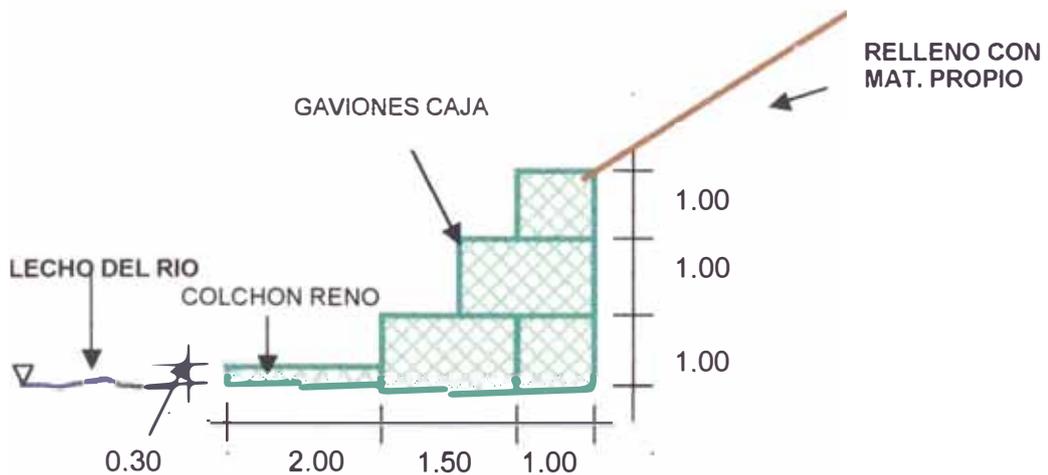
A continuación haremos mención del costo de las estructuras construidas con gaviones. El presente análisis se realizó para las Obras de Defensa Ribereñas que se construyeron en la zona norte del país.

Para desarrollar este capítulo del presente informe, se eligió como ejemplo una obra del Norte, donde la presencia del fenómeno El Niño será mucho mayor, la ubicación exacta es:

#### UBICACION

Departamento PIURA  
 Provincia Talara  
 Distrito Mancora  
 Sector Puente Cabo Blanco – Quebrada Mancora  
 Longitud 55 m en cada margen aguas arriba del Puente Cabo Blanco

Para ser más exactos en la siguiente gráfica se muestra la sección típica de la estructura construida con gaviones y colchones reno, la cual será presupuestada.



Sección Típica de Muro de Gaviones Presupuestada  
 Figura N° 10.1

## 10.1 CARACTERISTICAS DE LA ESTRUCTURA A ANALIZAR

El análisis esta compuesto de cuatro partidas, las cuales definiremos brevemente a continuación:

La estructura de defensa ribereña, la cual se le va hacer el análisis de costos unitarios tiene las siguientes características:

- La altura del Muro es de 3 m.
- Los Gaviones y Colchones reno a usar son Galmac (Zinc + Aluminio), con un recubrimiento de PVC.
- Las aberturas de las mallas de los Gaviones Caja son de 10 x 12 cm.
- Las aberturas de las mallas de los Colchones Reno son de 6 x 8 cm.
- El espesor del alambre es de 3,4 mm.
- Las dimensiones de los Gaviones Caja son de 5x1,5x1 m y 5x1x1 m.
- Las dimensiones de los Colchones Reno son de 5x2x0,3 m.
- Las piedras a utilizar en los Gaviones Caja son de 8 a 10" y en los colchones Reno son de 6 a 8".
- La longitud de muro a ejecutar es de 55 m en cada margen, haciendo un total de 110 m.
- El relleno de los espaldones del muro es de 3 m de alto por 2 m de ancho.
- Las piedras para el llenado de las mallas se extraerá de una cantera que esta ubicada a 14 km.
- La Maquinaria Pesada para los trabajos de Movimiento de Tierra se alquilara en la zona.

## 10.2 PARTIDAS QUE COMPRENDEN EL ANALISIS DE COSTOS

### 10.2.1 TRABAJOS PRELIMINARES

Esta partida consta de una serie de trabajos que se realizan, antes de los trabajos de Movimiento de Tierras. Su monto no es muy considerable con respecto a las demás. Esta a su vez se subdivide en cuatro subpartidas más que las describimos a continuación:

#### 1. CARTEL DE OBRA

Se coloca en toda obra para la identificación de la misma y es por parte del Contratista. En este se indica la Entidad Ejecutora, la descripción de la obra, la ubicación del sector, el nombre de la Empresa Constructora, mes y año de ejecución.

La ubicación del cartel de obra se coordina con la Supervisión. El mismo que esta supeditado al visto bueno del Supervisor de Obra

#### 2. TRANSPORTE DE GAVIONES

Las mallas se transportan en fardos desde el lugar de su fabricación, hasta el lugar donde serán tejidas o armadas para su ejecución. Las

mallas enviadas en rollos permiten reducir el volumen y hacer más económico y simple el transporte hasta el lugar de empleo.

Las mallas de los gaviones y colchones Reno, se trasladan en camiones ó volquetes, los cuales garanticen la seguridad y protección de las mismas.

El costo del flete ó transporte esta en función del peso de la distancia a la cual será llevada y al modelo de los gaviones caja o reno; ya que para cada modelo de ellos varía el peso de los fardos.

### 3. MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE MAQUINARIA

Esta sub-partida comprende la Movilización y Desmovilización del Equipo Pesado y herramientas. El contratista está obligado a proveerse, con la debida anticipación de todo lo necesario, es decir, el equipo y herramienta que se requiere para el cumplimiento del programa de avance. Para ello se deberá preparar la movilización del mismo, a fin de que llegue en la fecha prevista del calendario de utilización del equipo y en buenas condiciones de operatividad.

El traslado por vía terrestre del Equipo pesado, se efectuará mediante camiones trayler; el equipo autotransportado (dumper, volquete, cisterna, etc.), lo hará por sus propios medios. En el equipo autotransportado serán transportadas las herramientas y todo equipo liviano (martillos, picos, lampas, etc.) que no sea autotransportado.

El sistema de movilización no debe causar daños a las propiedades adyacentes u otros. De igual forma, esto se tomará en cuenta en el momento de la desmovilización.

Antes de su transporte a la obra, el equipo mecánico deberá someterse a la inspección del supervisor.

### 4. TRAZO, NIVELES Y REPLANTEO

El trazo consiste en llevar al terreno los ejes y niveles establecidos en los planos de ejecución de obras.

El replanteo consiste en la ubicación e identificación de todos los elementos que se detallan en los planos durante el proceso de la ejecución de la obra.

## 10.2.2 MOVIMIENTO DE TIERRAS

Esta partida comprende los trabajos que se realizan antes del armado de los gaviones caja y colchones Reno, los cuales consisten en limpiar, cortar y explanar el área donde se construirá el muro de defensa de gaviones y colchones Reno. También consiste en limpiar en algunos

casos el cauce del río ó quebrada, colocando el material en las espaldas del muro. Trabajo cuya función sirve para dar estabilidad al mismo.

Esta partida representa el 20 al 25%, del monto total de la obra.

#### 1. CORTE Y NIVELACION DE BASE PARA GAVIONES

El corte y nivelación de material del área donde se construirá el muro de gaviones, se realiza para dar uniformidad al terreno, desechar la base del suelo, de materias orgánicas que pudieran existir.

El trabajo se realiza con un Tractor a Orugas modelo 190-240 HP de manera que obtenga el corte y la nivelación adecuada para la ejecución de la estructura de acuerdo a las Especificaciones Técnicas que exige el Expediente Técnico de la Obra en ejecución. e y necesario para cumplir con los plazos previstos en el proyecto.

#### 2. LIMPIEZA DE CAUCE CON ELIMINACION LATERAL

La limpieza de cauce se realiza para complementar la obra que se viene ejecutando. No se puede culminar la construcción de un Muro de Defensa Ribereña, teniendo un cauce de río ó quebrada completamente colmatado.

El material obtenido de la descolmatación se utiliza par el relleno de los espaldones del Muro de gaviones y colchones Reno que se ejecuta como Defensa.

El trabajo se realiza con un Tractor a oruga para el corte del cauce, la altura depende de lo que exija las Especificaciones Técnicas. También se utilizará un Cargador Frontal para el carguio del material y un par de Volquetes para eliminar el material excedente a algún botadero cerca de la zona.

El modelo del Tractor dependerá de las características del río ó quebrada, el ancho del cauce, el acceso al cauce y de la descolmatación del mismo.

#### 3. RELLENO DEL ESPALDON CON MATERIAL PROPIO

El relleno de las espaldas del Muro se realiza con el objeto de darle estabilidad al mismo, cuando empiece a trabajar debido al empuje del agua. El relleno será con el material que se extrae de la limpieza de cauce.

El relleno se realizará esparciendo el material con una Motoniveladora, compactándolo con un Rodillo Liso Vibratorio y a su vez regándolo con un Camión Cisterna, en capas de 1.00 m como máximo.

#### 4. EXPLOTACIÓN, SELECCIÓN Y TRANSPORTE DE ROCAS

Antes de iniciar con los trabajos de la partida en mención se realiza una selección de las canteras cerca de la zona para evaluar la calidad de las rocas y la distancia a la obra.

**Explotación.**-Una vez elegida la cantera para el relleno de los gaviones caja y colchones reno, se inician los trabajos de explotación mediante calambucos cuya preparación es efectuada con una compresora, es decir con el accionar de los martillos y los barrenos y operados por los perforistas, efectuando los destajes y consiguiendo la roturación de la roca, con dinamita, colocada en orificios pequeños del diámetro del barreno y dispuestos en forma circular.

Efectuado el disparo se procede a limpiar, es decir a retirar el material disgregado, para luego seguir en forma similar hasta llegar a la taza (lugar profundo de la roca madre donde es fácil que esta se rompa).

**Selección.**- Después de la explosión o voladura, se procede mediante un tractor de oruga a acumular la roca seleccionada para facilitar la operación de carguio. Para facilitar la selección se coloca una zaranda cuya abertura esta en función al tamaño máximo de la piedra según las exigencias de las Especificaciones Técnicas.

Posteriormente el material será cargado mediante un Cargador Frontal a las tolvas de los volquetes para su traslado a la obra.

**Transporte.**- es el transporte del material desde la cantera al río lugar donde se ejecuta la obra. Este procedimiento generalmente representa el 40% del costo de la Obra y en muchos hasta mas debido a que en la zona Norte del Perú la ubicación de las canteras son bastantes lejanas. Es por tal razón que la eficiencia con que se efectúe será fundamental para que el costo se mantenga dentro de lo presupuestado.

El material se colocará cada cierta distancia, de acuerdo al sentido del avance y de las ordenes del Ingeniero Residente, para evitar estar regresando por el material.

### 10.2.3 ABASTECIMIENTO Y COLOCACION DE GAVIONES Y COLCHONES RENO

Esta partida comprende la cantidad de gaviones caja, colchones Reno a utilizar, así como también el tipo de los mismos que se van a utilizar en la ejecución de la Defensa Ribereña.

Esta partida es la más representativa, ya que representa mas del 50% del Presupuesto Base de la obra.

La presente partida a su vez se subdivide en tres subpartidas, las cuales hace mención de la conformación de cada tipo de gavión, así como los colchones Reno.

#### 1. CONFORMACION DE GAVION CAJA Y COLCHON RENO

En esta hacemos mención de la cantidad de gaviones caja y colchones Reno se necesita para ejecutar la determinada longitud de la obra.

Lo que se realiza es un metrado del numero exacto de gaviones caja para la conformación del Muro y la cantidad de colchones Reno para la base antisocavante.

La característica de la estructura que se construirá llevará gaviones tipo caja de las siguientes dimensiones 5x1,5x1, también 5x1x1 y colchones Reno de 5x2x0,3. Las mallas serán revestidas adicionalmente con PVC, ya que el lugar donde se llevará a cabo la Defensa Ribereña esta cerca al mar, y la estructura estará en constante contacto con la brisa y agua marina.

### 10.2.4 OBRAS DE ARTE

Esta partida comprende las distintas Obras de Arte que pueden realizarse en las obras de Defensa Ribereña. Puntualmente para este presupuesto, las obras de este tipo se basan en la construcción de una Placa Recordatoria que se coloca al finalizar la obra. Su monto no es muy representativo en el Presupuesto Base.

#### 1. PLACA DE CONCRETO

La placa de concreto se construirá al término de la obra, para lo cual se buscará un lugar adecuado para dicha construcción que será aprobado por la Supervisión, este lugar no debe estar en contacto con el agua y deberá ser visible.

La dosificación del concreto es 1:2:4 (cemento-arena fina-arena gruesa) proporción en volumen, tendrá un acabado pulido de cemento, luego del fraguado el concreto será pintado con pintura esmalte sintético de color claro como fondo y los rótulos del color que indique la Supervisión.

Las dimensiones de esta placa son: 1,80 m de largo x 1,20 m de ancho y 0,20 m de espesor. Estas dimensiones están sujetas al modelo que presenta el Expediente Técnico y a la Entidad Contratante.

### 10.3 CALCULO DE LAS PARTIDAS DEL ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

A continuación mostraremos las distintas partidas que comprenden el Presupuesto Base de una estructura construida con gaviones y colchones reno teniendo como características principales las descritas anteriormente.

Se mostrara el listado de las partidas necesarias para la obra, construida para prevenir los embates del fenómeno El Niño.

Cabe recalcar que precios no incluyen I.G.V. y están cotizados con fecha de Agosto de 1997.

**LISTA DE PRECIOS DE MATERIALES, MANO DE OBRA Y MAQUINARIA**  
Cuadro N° 10.1

Nro.	DESCRIPCION	Unid.	P.Unit.
MATERIALES			S/.
1,0	Madera Tomillo Aserrada	p2	2,50
2,0	Triplay Lupuna de 4" x 8" x 4 mm	Plan	15,50
3,0	Clavos de 2 1/2"	Kg	2,20
4,0	Pintura esmalte sintetico	Gln	35,42
5,0	Yeso	Bls	9,00
6,0	Cordel	Kg	5,00
7,0	Dinamita	Kg	5,58
8,0	Fulminante	Und	0,25
9,0	Mecha Lenta	ml	0,25
10,0	Barrenos 5'x 18'	Und	252,00
11,0	Piedra seleccionada de 6 a 8"	m3	40,16
12,0	Piedra seleccionada de 3 a 6"	m3	40,16
13,0	Gavion caja 5.00x1.50x1.00	Unid	291,85
14,0	Gavion caja 5.00x1.00x1.00	Unid	213,00
15,0	Colchon reno 5.0x2.x0.30m.	Unid	289,724
16,0	Cemento Portland tipo I	Bls	11,44
17,0	Arena Gruesa	m3	16,10
18,0	Arena Fina	m3	16,10
19,0	Agua	m3	0,45
20,0	Madera Tomillo	p2	2,38
21,0	Pintura Esmalte	Gln	35,42
22,0	Capataz	hh	10,38
23,0	Operario	hh	8,65
24,0	Oficial	hh	7,77
25,0	Peon	hh	6,95
26,0	Topografo	hh	7,77
27,0	Teodolito.	hm	6,00
28,0	Mira	hm	1,04
29,0	Wincha	hm	0,63
30,0	Jalones	hm	0,73
31,0	Tractor sobre oruga 190-240 HP	hm	170,00
32,0	Motoniveladora 125 HP	hm	85,00
33,0	Rodillo liso vib.70-100HP	hm	42,00
34,0	Compresora 600-690pcm	hm	110,17
35,0	Martillo neumatico 25-29 Kg	hm	9,12
36,0	Cargador Frontal 200-250 HP	hm	145,00
37,0	Volquete de 10 m3	hm	100

**Nota: Los precios no Incluyen I.G.V. y corresponden al mes de Agosto de 1997.**

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.2**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Rio Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	1.1 Cartel de Obra			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	1 Cartel / dia			
<b>UNIDAD</b>	:	Und			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,2	hh	1,60	10,38	16,61
Operario	1,0	hh	8,00	8,65	69,20
Peon	1,0	hh	8,00	6,95	55,60
Pintor ( Operario )	4,0	hh	32,00	8,65	276,80
					418,21
<b>MATERIALES</b>					
Madera Tomillo Aserrada	P2		82,00	2,50	205,00
Triplay Lupuna de 4" x 8" x 4 mm	Plan		3,50	15,50	54,25
Clavos de 2 1/2"	Kg		0,50	2,20	1,10
Pintura esmalte sintetico	Gln		0,70	35,42	24,79
					285,14
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
Desgaste Herramienta ( 5% M.O. Peon )	%		0,05	55,60	2,78
<b>COSTO UNITARIO</b>					706,13

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.3**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	1.2 Movilizacion y Transporte (desde Chiclayo)			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	25 km			
<b>UNIDAD</b>	:	viaje			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<u>EQUIPO</u>					
Tractor Oruga 190-240 HP	2	viaje	20,51	0,30	307,65
Motoniveladora 125HP	2	viaje	11,52	0,30	172,80
Rodillo liso vibratorio 70-110HP	2	viaje	7,30	0,30	109,50
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>589,95</b>

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.4**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	1.3 Transporte de Gaviones			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	1185 km			
<b>UNIDAD</b>	:	viaje			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<u>EQUIPO</u>					
Gavion caja 5x1,5x1	47 kg	viaje	1,03	0,40	488,22
Gavion caja 5x1x0,5	35 kg	viaje	0,77	0,40	364,98
Gavion caja 5x1x1	38 kg	viaje	0,88	0,40	417,12
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>1270,32</b>

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.5**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>1 TRABAJOS PRELIMINARES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	1.4 Trazo, Niveles y Replanteo.			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	850 ml /día.			
<b>UNIDAD</b>	:	ml			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MATERIALES :</b>					
Yeso	Bls	0,001	9,00	0,01	
Cordel	Kg	0,015	5,00	0,08	0,08
<b>MANO DE OBRA :</b>					
Topógrafo	1,0	hh	0,009	7,77	0,07
Oficial	1,0	hh	0,009	7,77	0,07
Peon	2,0	hh	0,019	6,95	0,13
					0,27
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>					
Teodolito.	1,0	hm	0,009	6,00	0,05
Mira	2,0	hm	0,019	1,04	0,02
Wincha	1,0	hm	0,009	0,63	0,01
Jalones	2,0	hm	0,019	0,73	0,01
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)		%	0,050	0,13	0,01
					0,10
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>0,46</b>

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.6**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>2 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	2.1 Corte y nivelacion de base para gaviones con eliminación lateral			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	550 m3 /dia			
<b>UNIDAD</b>	:	m3			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz 0,2	hh	0,003	10,38	0,030	
Peon 2	hh	0,029	6,95	0,202	
					0,232
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>					
Tractor sobre oruga 190-240 HP 1	hm	0,015	170,00	2,473	
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)	%	0,050	0,20	0,010	
					2,483
<b>COSTO UNITARIO</b>					2,72

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.7**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>2 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	2.2 Limpieza en el cauce con eliminación lateral			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	500 m3 /dia			
<b>UNIDAD</b>	:	m3			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz 0,2	hh	0,003	10,38	0,033	
Peon 2,0	hh	0,032	6,95	0,222	0,256
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>					
Tractor sobre oruga 190-240 HP 1	hm	0,016	170,00	2,720	
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)	%	0,050	0,22	0,011	2,731
<b>COSTO UNITARIO</b>					2,99

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.8**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora				
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997				
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura				
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI				
<b>PARTIDA</b>	:	<b>2 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
<b>ESPECIFICACION</b>	:	2.3 Relleno del espaldon con material Propio				
<b>RENDIMIENTO</b>	:	1050 m3 /dia				
<b>UNIDAD</b>	:	m3				
DESCRIPCION DE PARTIDAS		Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MANO DE OBRA</b>						
Capataz	0,2	hh	0,002	10,38	0,016	
Peon	2,0	hh	0,015	6,95	0,106	
						0,122
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>						
Tractor sobre oruga 190-240 HP	0,5	hm	0,004	170,00	0,648	
Motoniveladora 125 HP	1,0	hm	0,008	85,00	0,648	
Rodillo liso vibratorio 70-100HP	1,0	hm	0,008	42,00	0,320	
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)		%	0,050	0,11	0,005	
						1,621
<b>COSTO UNITARIO</b>						1,74

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.9**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora				
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997				
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura				
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI				
<b>PARTIDA</b>	:	<b>2 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				
<b>ESPECIFICACIONES</b>	:	Explotación, Selección y Transporte de Rocas				
<b>RENDIMIENTO</b>	:					
Perforación y Disparo	:	320	m3 /día			
Selección y acarreo manual	:	634	m3 /día			
<b>UNIDAD</b>	:	m3				
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Costo Unit.	Costo Parcial	Sub Total	
<b>A. PERFORACION Y DISPARO</b>						
<b>1. MATERIALES</b>						
Dinamita	Kg	0,250	5,58	1,40		
Fulminante	Und	1,000	0,25	0,25		
Mecha Lenta	ml	1,000	0,25	0,25		
Barrenos 5'x 18'	Und	0,017	252,00	4,28		
					6,18	
<b>2 . MANO DE OBRA</b>						
Capataz	0,2	hh	0,005	10,38	0,05	
Perforista (operario)	4,0	hh	0,100	8,65	0,87	
Peon	2,0	hh	0,050	6,95	0,35	
					1,26	
<b>3. EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS</b>						
Compresora 600-690pcm	1,0	hm	0,025	110,17	2,75	
Martillo Neumatico 25-29 Kg	4,0	hm	0,100	9,12	0,91	
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)		%	0,050	0,35	0,02	
					3,68	
<b>B. SELECCIÓN Y CARGUIO</b>						
<b>1 . MANO DE OBRA</b>						
Capataz	0,2	hh	0,003	10,38	0,03	
Peon	4,0	hh	0,050	6,95	0,35	
					0,38	
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>						
Cargador Frontal 200-250 HP	1,0	hm	0,013	145,00	1,83	
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)		%	0,050	0,35	0,02	
					1,85	
<b>C. TRANSPORTE</b>						
					26,81	
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>40,16</b>	

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS (Sub-Partida)**  
**Cuadro N° 10.10**

<b>TRANSPORTE</b>					
DISTANCIA MEDIA	:			D = 14	Km
VELOCIDAD CON CARGA	:			15 Km /h	
VELOCIDAD SIN CARGA	:			25 Km /h	
TIEMPO DE IDA	:			4D	
TIEMPO DE RETORNO	:			2,4D	
TIEMPO DE CARGA Y DESCARGA	:			15 min	
CICLO	:			(15+6,4D)	
TIEMPO UTIL POR DIA	:			432 mi n	
NUMERO DE VIAJES	:			432/(15+6,4D)	
VOLUMEN TRANSPORTADO	:			5184/(15+6,4D)	
RENDIMIENTO EN m3/Dia	:			38.12	
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Unid	Coef	Costo Unit	Costo Parcial	Sub Total
<b>MANO DE OBRA</b>					
Controlador (Oficial)	1.0	hh	0.21	7.77	1.63
<b>EQUIPO Y HERRAMIENTA</b>					
Dumper de 12 m3	1.0	hm	0.21	120.00	25.18
					26.81
<b>COSTO UNITARIO</b>					26.81

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.11**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>3 OBRAS DE SUMINISTRO Y COLOCACION DE GAVIONES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	3.1 Conformación de Gavion Caja 5x1,5x1m Malla 10x12 cm PVC			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	3 Und /dia			
<b>UNIDAD</b>	:	Und			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MATERIALES</b>					
Gavion caja 5x1,5x1 de 3,4 mm PVC	Ud	1,000	344,39	344,39	
Piedra seleccionada	m3	8,025	40,16	322,28	666,67
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,1	hh	0,267	10,38	2,77
Operario	1,0	hh	2,667	8,65	23,07
Peon	6,0	hh	16,000	6,95	111,20
					137,03
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>					
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)	%	0,050	111,20	5,560	5,560
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>809,27</b>

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.12**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>3 OBRAS DE SUMINISTRO Y COLOCACION DE GAVIONES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	3.2 Conformación de Gavion Caja 5x1x1m Malla 10x12 cm PVC			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	3,6 Und /dia			
<b>UNIDAD</b>	:	Und			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MATERIALES</b>					
Gavion caja 5x1x1 de 3,4 mm PVC	Ud	1,000	251,34	251,34	
Piedra seleccionada	m3	5,350	40,16	214,86	466,20
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,1	hh	0,222	10,38	2,31
Operario	1,0	hh	2,222	8,65	19,22
Peon	6,0	hh	13,333	6,95	92,67
					114,20
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>					
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)	%	0,050	92,67	4,633	4,633
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>585,02</b>

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
Cuadro N° 10.13

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>3 OBRAS DE SUMINISTRO Y COLOCACION DE GAVIONES</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	3.3 Conformación de Colchon Reno 5x2x0,3m Malla 6x8 cm 3 mmPVC			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	6 Und /dia			
<b>UNIDAD</b>	:	Und			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
<b>MATERIALES</b>					
Colchon Reno de 5x2x0,3 de 3 mm PVC	Ud	1,000	341,87	341,87	
Piedra seleccionada	m3	3,210	40,16	128,91	470,78
<b>MANO DE OBRA</b>					
Capataz	0,1	hh	0,133	10,38	1,38
Operario	1,0	hh	1,333	8,65	11,53
Peon	6,0	hh	8,000	6,95	55,60
					68,52
<b>EQUIPO Y/O HERRAMIENTAS :</b>					
Desgaste Herramientas (5%M.O. Peones)	%	0,050	55,60	2,780	2,780
<b>COSTO UNITARIO</b>					542,08

**ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**  
**Cuadro N° 10.14**

<b>PROYECTO</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
<b>PARTIDA</b>	:	<b>4 OBRAS DE ARTE</b>			
<b>ESPECIFICACION</b>	:	4.1 Placa de concreto ; 1 : 2 : 4 C : AF : AG			
<b>RENDIMIENTO</b>	:	2 M2 /dia			
<b>UNIDAD</b>	:	M2			
DESCRIPCION DE PARTIDAS	Und.	Coef.	Coef. Unit.	Costo Parcial	Sub Total
MANO DE OBRA					
Operario	1,000	hh	4,00	8,65	34,60
					34,60
EQUIPO Y HERRAMIENTA					
Cemento Portland tipo I		Bls	1,26	11,44	14,41
Arena Gruesa		m3	0,14	16,10	2,25
Arena Fina		m3	0,07	16,10	1,13
Agua		m3	0,03	0,45	0,01
Madera Tornillo		P2	1,31	2,38	3,12
Pintura Esmalte		Gln	0,25	35,42	8,86
					29,79
<b>COSTO UNITARIO</b>					<b>64,39</b>

## 10.4 METRADO BASE

Se presenta a continuación el metrado de las partidas ejecutadas en la obra de defensa ribereña con gaviones, en ambos márgenes del río máncora aguas arriba del puente cabo blanco y en una longitud de 110 m.

**METRADO BASE**  
**Cuadro N° 10.15**

<b>OBRA</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
Nro.	DESCRIPCION	LARGO ( ml. )	ANCHO ( ml. )	ALTURA ( ml. )	TOTAL
1,00	<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>				
1,01	Cartel de Obra	-	-	-	1,00
1,02	Movilización y Desmovilización	-	-	-	1,00
1,03	Transporte de Gaviones	-	-	-	1,00
1,04	Trazo, niveles y Replanteo	110,00	-	-	110,00
2,00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>				
2,01	Corte y Nivelacion de Base para Gaviones	110,00	3,50	1,00	385,00
2,02	Limpieza de Cauce con Eliminacion Lateral	110,00	25,00	1,66	4.565,00
2,03	Relleno del Espaldon con Material Propio	110,00	2,00	3,00	660,00
3,00	<u>OBRA DE SUMIN. Y COLOC. DE GAVION</u>				
3,01	Conformación de gavion 5x1,5x1m 3,4mm	110,00	-	-	22,00
3,02	Conformación de gavion 5x1x1m 3,4mm	110,00	-	-	22,00
3,03	Colchon Reno 5x2x0,30m 3mm PVC	110,00	-	-	22,00
4,00	<u>OBRAS DE ARTE</u>				
4,01	Placa de concreto ( C:AF:AG = 1:2:4 )	1,20	1,80	-	2,16

## 10.5 PRESUPUESTO BASE

Se presenta a continuación el presupuesto base de la obra de defensa ribereña con gaviones, en ambas márgenes del río máncora aguas arriba del puente cabo blanco.

**PRESUPUESTO BASE**  
**Cuadro N° 10.16**

<b>OBRA</b>	:	Muro de Gaviones en ambas márgenes del Río Máncora			
<b>FECHA</b>	:	Junio de 1997			
<b>LUGAR</b>	:	Puente Cabo Blanco - Talara - Piura			
<b>EJECUTOR</b>	:	INDECI			
Nro.	DESCRIPCION	UND.	METRADO	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1,00	<u>TRABAJOS PRELIMINARES</u>				
1,01	Cartel de Obra	Unid.	1,00	706,13	706,13
1,02	Movilización y Desmovilización	Glb	1,00	2000,00	2.000,00
1,03	Transporte de Gaviones	Glb	1,00	1270,32	1.270,32
1,04	Trazo, niveles y Replanteo	ml	110,00	0,46	50,60
2,00	<u>MOVIMIENTO DE TIERRAS</u>				
2,01	Corte y Nivelacion de Base para Gaviones	m3	3852,00	2,72	10.477,44
2,02	Limpieza de Cauce con Eliminacion Lateral	m3	4565,00	2,99	13.649,35
2,03	Relleno de Espaldon con Material Propio	m3	660,00	1,74	1.148,40
3,00	<u>OBRA DE SUMIN. Y COLOC. DE GAVION</u>				
3,01	Conformación de gavion 5x1,5x1m 3,4mm	m3	22,00	809,27	17.803,94
3,02	Conformación de gavion 5x1x1m 3,4mm	m3	22,00	585,02	12.870,44
3,03	Colchon Reno 5x2x0,30m 3mm PVC	m3	22,00	547,08	12.035,76
4,00	<u>OBRAS DE ARTE</u>				
4,01	Placa de concreto ( C:AF:AG = 1:2:4 )	m2	1,00	64,39	64,39
<b>SUB TOTAL</b>					72.076,77
<b>GASTOS GENERALES, DIRECCION TECNICA Y UTILIDAD (10%)</b>					7.207,68
<b>SUB TOTAL GENERAL</b>					SI. 79.284,45
<b>I.G.V. (18%)</b>					14.271,20
<b>TOTAL PRESUPUESTADO</b>					<b>SI. 93.555,65</b>

## 10.6 APRECIACIONES DEL ANALISIS

- Del análisis se deduce que el costo por metro lineal de la estructura hecha con gaviones es de S/. 850,51. Hay que tener en cuenta que el costo de esta estructura esta en función a la distancia de la cantera, siendo directamente proporcional a la misma. Por lo tanto si la distancia de la cantera hubiera sido menor en 14km el costo disminuiría, como suele suceder en otras zonas de nuestro país.
- Si analizamos la partida de Movilización y Desmovilización de Maquinaria Pesada se puede apreciar que es global, esto se debe a que en mucha de las obras que se ejecutaron los contratistas alquilaban los equipos en la zona, como lo es en este caso. Si la Maquinaria se trasladara desde Lima el análisis sería otro.

Se sabe que en los ríos y quebradas del norte del Perú, las aguas no transportan material granular de tamaño requerido por las obras de defensa como en los ríos de la sierra y sur del país. Si esto se diera en el Norte los costos serían más bajos aún, ya que el m<sup>3</sup> de acopio de piedra en pleno cauce de río ó quebrada, es mucho más barato que la explotación de la roca en canteras.

- Haciendo la comparación del costo de la estructura con gaviones y colchones reno, con el de una estructura hecha de concreto ciclópeo de las mismas características como altura, relleno, limpieza, etc, se aprecia la diferencia notoria en soles por metro lineal de muro, resultando menor el costo de la estructura con gaviones.
- La Obra analizada se ejecutó en el mes de Agosto de 1997 conjuntamente con una gran cantidad de obras que ejecutaba el Gobierno Central por medio de instituciones como: Ministerio de Transportes, Ministerio de Agricultura, Región Grau, ONG, Municipalidades, etc, por ello los precios de la maquinaria y materiales, se elevaron considerablemente.

Por lo tanto, si la estructura se ejecuta sin que en el mercado se tuviera esta mayor demanda de los productos que intervienen en la construcción de la Obra, el costo de la estructura bajaría aún más.

Cabe mencionar que el tiempo de ejecución es importante, ya que la estructura con gaviones no necesita de mano de obra calificada para el armado y es más rápida en construirla, a diferencia de una de concreto ciclópeo que necesita maestros para encofrar, preparar la mezcla, etc.

- Estas diferencias representan una disminución de los costos para el contratista que ejecuta la obra. Lo que redundaría en un menor Presupuesto de la obra por parte de la Entidad Contratante.

## ***CAPITULO 11***

## CAPITULO 11

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 11.1 CONCLUSIONES

##### 11.1.1 SOBRE EL FENOMENO DEL NIÑO

Como primera conclusión podemos afirmar y corroborar que no hay estructura creada por el hombre para su defensa, capaz de resistir los embates excepcionales de la naturaleza contra las estructuras.

- Se ha podido comprobar que la ultima venida del fenómeno El Niño, ha causado muchos desastres en gran parte del país tanto en el norte como en el sur. Se han apreciado alcantarillas colmatadas; destrucción parcial y total del pavimento (carreteras en el tramo de la Panamericana Norte); deslizamientos de taludes de los cerros, alcantarillas, badenes y pontones colapsados, fallas en las protecciones de los taludes de terraplenes y muchas de las defensas ribereñas que se ejecutaron para la protección de puentes y viviendas aledañas a las mismas.
- Las causas son múltiples como el aumento del caudal, con flujo torrencioso en las quebradas de régimen permanente y quebradas de régimen temporal, ensanchamiento y profundización de quebradas con flujo de material de arrastre y empalizadas, erosión por escorrentía de los taludes debido a que habían muchas precipitaciones en el mismo lugar afectado, la falta de protección de taludes en terraplenes, erosiones laterales y regresivas, enlagueamientos y filtraciones de agua en los pavimentos, deficiencia de la sección hidráulica en las alcantarillas, entre otros.
- Las pérdidas económicas en producción e infraestructura producidas en los diversos sectores del norte para ser más preciso en la sub-región de

Tumbes son cuantiosas. Se tiene un mayor porcentaje de pérdidas en los sectores de Agricultura, Transporte y Vivienda, lo cual indica que estos valores pudieron haber sido menores, si se hubiera realizado un mejor estudio de las obras de defensas ribereñas para puentes, carreteras, campos de cultivo, viviendas y otras obras de infraestructura vinculadas a estos sectores. He ahí la importancia de dar mayor seguridad a estos sectores con la ejecución de obras de defensa para futuros fenómenos que se presenten.

- Las obras de Prevención que se ejecutaron para la defensa de riberas de los ríos y protección de las moradores aledañas a las mismas, ejecutadas por el INDECI durante del último fenómeno de “ El Niño” registrado en el año 1997 al 1998, colapsaron debido a que no se realizó un estudio completo y adecuado en cada uno de los ríos y quebradas.
  
- Otra causa del colapso de las obras fue la carencia de tomar en cuenta algunos puntos muy importantes en la conformación de los expedientes para la ejecución de las obras, debido a que estos requerían mucho tiempo para la recopilación de datos, y el tiempo que se tenía para la ejecución de las obras era muy corto, ya que el fenómeno estaba muy pronto en manifestarse.
  
- También se puede añadir que los grandes volúmenes de lluvia que se presentaron en las zonas afectadas fueron mayores que los que se esperaban. En la región del norte enfocándonos en la ciudad de Tumbes entre Enero y Abril de 1998 se registraron la mayor precipitación y caudal, siendo estas de 230 mm diarios y 2569,9 m<sup>3</sup>/seg (FEB), asimismo se produjeron 6 desbordes del río Tumbes. Cabe destacar que estos datos de lluvias y caudales que se presentaron fueron mayores que los registrados en el anterior fenómeno de 1983, razón suficiente también para que las obras colapsaran, debido a que los diseños de las mismas se realizaron con los registros del fenómeno de 1983.

- Si bien es cierto muchas de las obras colapsaron y no cumplieron con la función de evitar los desbordes, erosiones, destrucciones, etc, al menos fueron de vital importancia en los inicios de las crecidas de los ríos, para dar tiempo de alertar a las personas que vivían en las riberas y a fin de evacuar sus casas y ponerse a salvo de los desbordes y crecidas de los ríos, asimismo sirvieron para que no ocurrieran mayores desgracias como las pérdidas de vidas humanas.
- Se puede decir que el objetivo del INDECI se cumplía ya que la finalidad principal de la institución es proteger a la población, propiedad y medio ambiente, también es prevenir daños, evitándolos o disminuyendo su magnitud.

#### 11.1.2 SOBRE LAS DEFENSAS CON GAVIONES

- Las Obras de Defensa Ribereñas con Gaviones trabajan perfectamente en los ríos y quebradas de la costa norte del Perú, siempre y cuando se lleve a cabo un estudio completo de la zona a defender.

Se ha llegado a la conclusión que las estructuras a gaviones presentan una serie de ventajas debido a sus características con respecto a las demás, como por ejemplo: son flexibles pese a que pueden soportar grandes cargas de compresión llegan a deformarse pero sin llegar a perder su resistencia, son drenantes y debido a esto son capaces de evacuar las aguas de filtración en los terrenos, eliminando uno de los factores principales de inestabilidad de los mismos, son económicas y fáciles de armar en obra e inmediatamente funcionantes no requieren de mano de obra especializada y vienen preparados con el auxilio de los medios normales de obra. El costo de la estructura esta siempre en función de la distancia de la cantera de piedras o rocas, material que es usado para el llenado de los gaviones y colchones, asimismo las estructuras entran inmediatamente en funcionamiento en el momento en que las cajas se rellenan y se unen sólidamente las unas y las otras, son de muy larga duración en condiciones particularmente agresivas o en

ambiente marino donde se produce un proceso rápido de corrosión, el alambre de las mallas vienen revestidas con una capa de PVC que aumenta significativamente la duración del mismo.

- De igual forma es importante resaltar las pruebas o ensayos mecánicos por las que pasan las mallas de gaviones como corte, compresión simple, corrosión, durabilidad, resistencia, lo que asegura su comportamiento adecuado.
- Es importante poner en conocimiento del público y entidades privadas y estatales de la cantidad de obras que se pueden ejecutar con los gaviones y colchones reno, no solo en la rama de obras hidráulicas, sino como también en obras de suelos y carreteras. Es de vital importancia hacer llegar a estos campos y enfocar las mallas de gaviones y reno, como una alternativa más genérica para la solución de problemas en el campo de la Ingeniería Civil.

### **11.1.3 SOBRE EL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS GAVIONES**

- Una conclusión muy importante que aporta las estructuras hechas con gaviones y colchones reno, esta referida al Impacto Ambiental que se desarrolla con estas estructuras, tema que es de suma importancia actualmente en la construcción de cualquier tipo de obras en lugares donde se puede romper el sistema ecológico.
- El ambiente ó ecosistema que rodea a las obras que se ejecutan en las riberas de los ríos y quebradas no se altera, por el contrario es muy positivo ya que se obtiene a mediano plazo una gran vegetación que crece de los espacios de las cajas de los gaviones y que produce un hermoso paisaje natural que cualquier otra estructura de otro tipo no lo presenta. También con la vegetación crecida en la misma estructura ayuda a una mayor estabilidad de las riberas debido al afianzamiento de la misma en el terreno.

- El aporte que brinda las estructuras de defensas ejecutadas con los materiales convencionales al ecosistema de los ríos, es nulo y estéril con respecto al crecimiento de vegetación, comprándolo con las mallas de gaviones y colchones reno.

## 11.2 RECOMENDACIONES

- Antes de ejecutar las Obras de defensa se debe realizar un estudio completo de la zona teniendo en cuenta los aspectos de la Geodinamica Externa, puntos que son importantes en la elaboración del Expediente Técnico que a continuación mencionamos:
  1. Topografía.
  2. Geología.
  3. Geomorfología.
  4. Estratigrafía
  5. Meteorología.
  6. Hidrológica.
  7. Hidráulica.
  8. Aspectos Económicos.
- Se deben realizar trabajos de limpieza de cauce antes de iniciarse la ejecución de las defensas, con la finalidad de usar parte del material de lecho en el relleno del espaldón del muro, también para tener un área más amplia y apropiada en los trabajos de trazo y replanteo.
- Se recomienda que antes de que se ejecuten los trabajos de Limpieza de cauce se debe efectuar un levantamiento topográfico del cauce de margen a margen, con los detalles necesarios sobre todo como discurre, las profundidades del lecho principal y sus ramales, etc. También para evitar variar la pendiente del cauce en el exceso de corte del material colmatado, de tal manera que más adelante no produzca variaciones en la velocidad del flujo y por consecuencia una mayor

socavación. Complementariamente se debe observar el río desde una parte alta, a fin de objetivizar la tendencia de este.

- Cuando se tienen tramos cortos de defensas, se deben continuar estos, conformando diques con el material del propio lecho de los ríos a lo largo de toda la ribera, que se obtiene de la limpieza del cauce. Esto se realiza con la finalidad de que el agua no ataque el relleno de las espaldas del muro de defensa.
- Se debe colocar un filtro de agua (capa de geotextil) entre la espalda del muro y el relleno, con la finalidad de evitar que el flujo de agua lave los finos del material del relleno y evitar de esta manera que la estructura colapse por volteo.
- Se debe colocar gaviones cubiertos con PVC en zonas donde haya presencia de sulfatos, sales ó alguna presencia de sustancia, ya sea en el agua ó en el medio ambiente que acelere el deterioro de las mallas.
- Los gaviones no son recomendables usarlos en lugares donde la pendiente de los ríos sea muy fuerte, tampoco donde el flujo de agua arrastre material granular de gran tamaño (ríos de la sierra). Esto es para evitar que las mallas se rompan con las grandes rocas que arrastra el flujo debido a la gran velocidad del flujo producto de la fuerte pendiente de los ríos.
- Es importante tener en cuenta el tamaño de las piedras en el llenado de las cajas y los colchones reno. Debiendo ser estas lo más regulares posible, y sus medidas deben estar comprendidas de 2 a 2,5 veces la mayor dimensión de la abertura de la malla. Esto evitará colocar piedras demasiado grandes y que la estructura se vuelva rígida.
- En cuanto a la calidad de la piedra se recomienda que sea de buena calidad, densa tenaz, durable, libre de grietas y sustancias extrañas, de preferencia que sea graniodorita ó canto rodado (material granular que arrastran los ríos) es la mas apropiada debido a que estas no presentan aristas ni angulosidades en su cuerpo. Evitando de esta manera que la malla pueda quebrarse si se apoya en

una piedra de esta característica y a su vez es golpeada por otra que arrastra el flujo del río.

- Si no se tuviera piedras del tipo canto rodado se tendrá que utilizar rocas de alguna cantera cercana teniendo, en cuenta que cumplan con la calidad del material que exigen las especificaciones técnicas.
- Reconocer el fenómeno El Niño como un factor de riesgo, de manera que se pueda incluir en el diseño estrategias para el desarrollo de nuestro país. Por consiguiente nos lleva a dar prioridad a la prevención e incorporarla dentro de todas las estrategias.
- Incentivar la promoción y difusión de la Investigación científica orientada a la Prevención y Mitigación. Así como el diseño de políticas educativas que favorezcan el desarrollo, la cultura de prevención y que promueva la especialización en defensas contra los desastres en los diferentes niveles académicos.
- Priorizar los aspectos de Hidráulica Fluvial Geomorfología Aplicada en el diseño de puentes por parte de diseñadores y autoridades para considerar adecuadamente las precipitaciones recurrentes al Fenómeno de " El Niño". Adecuar la longitud de las estructuras reconstruidas para acomodar los caudales extraordinarios y errantes de ríos costeros. Siendo las instituciones competentes encargadas de la ejecución de estas obras las que se encarguen de estudiar la influencia al mayor costo que estas soluciones demanden comparando con los costos que acarrearán las interrupciones de las vías de comunicación.